

T  
620.0046  
ZUR

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

MODELO DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACION COMPUTATIZADO EN  
GRUPOS ELECTROGENOS

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

PRESENTADA POR:

JORGE ZURITA R.

GUAYAQUIL, ECUADOR

1984

## AGRADECIMIENTO

A la memoria de mi padre, quien  
con sus enseñanzas me encaminó  
hacia el camino del bien, con  
su apoyo y ejemplo me inspira  
gratitud y admiración.

A mi padre como válido reflejo  
de mi amor.

AL ING. GUIDO FRANCO

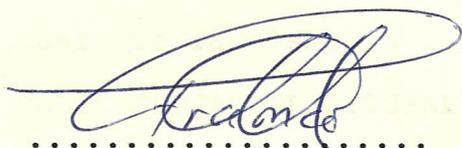
Director de Tesis, por su  
valioso y desinteresado  
apoyo que me ha brindado  
durante todo el proceso,  
para la culminación del  
presente trabajo.

## DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, quien con sabias enseñanzas me encaminó por el sendero del bien, como imperecedera muestra de mi gratitud y admiración.

A mi madre como pálido reflejo de mi amor y gratitud.

A mi esposa y a mis hijos como perenne testimonio de mi fe y amor.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Guido Franco', with a large, sweeping flourish above the name.

.....  
ING. GUIDO FRANCO  
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

  
.....  
Jorge E. Zurita R.

## R E S U M E N

El presente trabajo tiene el objeto de darle la importancia que merece una de las áreas más descuidadas dentro de mantenimiento, La Lubricación.

Para su mejor comprensión, tenemos que conocer algunas bases que sustenten una decisión el momento de su aplicación y que además dan a esta actividad una importancia mayor - en la conservación de los equipos en los cuales prestará su concurso. Solamente establecidas estas bases podemos decir que tenemos el conocimiento suficiente para una buena aplicación. Es una recopilación de todo aquello que nos ayudará en esta disciplina.

Es el objetivo central de este trabajo el llegar a un adecuado mantenimiento de equipos industriales para lo que nos valemos de todas las teorías existentes, que apoyadas con la experiencia nos permiten establecer modelos tanto para la obtención de un programa de mantenimiento, el cual es una de las mayores preocupaciones en plantas industria-

les, como un modelo de control de este programa.

Empleamos una de las disciplinas más idóneas para este caso, la investigación operativa en el primer modelo, que empleando simulación estocástica cumplimos un doble cometido: Estableciendo el programa de mantenimiento por un lado y por otro la optimización de las horas de operación de las máquinas de producción; para lograr solucionar el problema presentado, usamos un generador de números aleatorios, como parámetros de medición y de esta manera establecer las horas que podría operar una máquina, esta simulación se la hace con el apoyo de un computador que nos da la ventaja de realizar esta operación tantas veces -- sean necesarias hasta llegar a cumplir las reglas que establecen esta técnica de optimización.

Para el control del programa de mantenimiento y operación se ha visto que se puede realizar con el empleo de un computador utilizando procesamiento automático de datos, lo cual debe seguir cierto ordenamiento lógico para llegar a establecer un verdadero sistema que apoye la gestión del Jefe de Mantenimiento; para lo cual se ha diseñado un modelo de control que con la ayuda y conocimientos de análisis de sistemas se llega a implementarlo, pudiendo éste -- servir como base a nuevas aplicaciones y ampliaciones del mismo en el que verdaderamente se llegue automáticamente a un control y preste ayuda a otras unidades de la empresa con lo que estamos utilizando una nueva técnica que nos a

poye en la gestión de mantenimiento.

## INDICE GENERAL

	PAG.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	IX
INTRODUCCION	13
I OBJETIVO	14
II LA LUBRICACION FUNDAMENTOS E IMPORTANCIA	21
2.1. Tipos de Deslizamiento	22
2.2. Función de los Lubricantes	28
2.3. Tipos de Lubricantes	29
2.3.1. Características de los Aceites Lubricantes	30
2.3.2. Características de las Grasas Lubricantes	45
2.4. Selección de Lubricantes	53
2.5. Naturaleza	54
2.6. Aditivos Comunmente Utilizados	60
2.7. La Lubricación ;	64
2.7.1. Aceites para Carter	71

	PAG.
2.7.1.1. Clasificación SAE por Viscosidad	71
2.7.1.2. Rendimientos de los Aceites y Clasificación por tipo de Servicio API	74
2.7.2. Lubricantes de Ejes y Transmisiones	76
2.7.2.1. Clasificación SAE por Viscosidad	76
2.7.2.2. Clasificación API por Servicio	76
2.8. Sistemas de Viscosidad	78
2.9. Clasificación de las Grasas Lubricantes	78
2.10. Análisis de Aceites Usados	79
2.10.1. Análisis General	81
2.10.2. Análisis Espectrográfico	82
2.10.3. Ventajas del Análisis de Aceites Usados	82
2.11. Condiciones que Limitan la Vida de los Lubricantes	83
2.12. Conclusiones	86
III MANTENIMIENTO	87
3.1. Mantenimiento Preventivo	90
3.1.1. Mantenimiento Preventivo Menor	92
3.1.2. Mantenimiento Preventivo Mayor	92
3.2. Mantenimiento Correctivo	93

	PAG.
IV ESTUDIO DE LUBRICACION Y METODOS DE PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO	121
4.1. Estudio de Lubricación	121
4.2. Métodos de Programación de Mantenimiento	128
4.3. Método de Gantt	130
4.3.1 Método de PERT-CPM	133
4.3.2 Conceptos Básicos del Método	134
4.3.3 Representación de una Red en Matriz de Duraciones	137
4.3.4 Aplicación	138
V MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL	147
5.1. Formulación del Modelo	149
5.2. Definición de Variables	151
5.3. Función Objetivo	152
5.4. Procedimiento	153
5.5. Interpretación de Resultados y Variables que Intervienen.	156
5.6. Establecimiento de un Programa de Mantenimiento Preventivo y Operación	157
5.7. Conclusiones del Modelo	157
VI DISEÑO DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO GENERAL PARA CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	168
6.1. Definición de Parámetros	169
6.2. Especificaciones de Entradas y Salidas	174

	PAG.
6.2.1. Datos de Entrada	175
6.2.2. Información de Salida	178
VII IMPLEMENTACION DEL SISTEMA	181
7.1. Diseño Definitivo del Sistema	181
7.2. Definición de Archivos	187
7.3. Definición de Programas	189
7.4. Codificación de Programas	189
7.5. Pruebas	189
CONCLUSIONES	196
RECOMENDACIONES	198
APENDICE	200
BIBLIOGRAFIA	239

### INTRODUCCION

El presente trabajo trata de hacer una aplicación práctica de los distintas disciplinas o técnicas que han tenido auge en los últimos tiempos como la Investigación Operativa y la más reciente Sistemas de Información, en los cuales con la utilización de una herramienta de gran velocidad - de cálculo y manipulación de datos nos entrega resultados exactos que utilizados con proligidad presentan un gran apoyo a la labor de mantenimiento preventivo el mismo que es el tema central.

Estas disciplinas por sus características prestan mucha ayuda en todas las áreas técnicas y científicas, haciendo en muchos casos una labor sencilla y corta aquella que antes de su aplicación requeriría de grandes esfuerzos y largo tiempo en la solución de la misma.

El conocimiento de esta parte de la industria de aceites y grasas  
tribológicas no debe limitarse a la simple utilización, sino también  
que precise inversiones de capital especialmente a la in-  
dustria, para proporcionar a los usuarios una correcta  
conservación, control de la contaminación de las partes y piezas  
que se encuentran en operación, dentro de las condiciones de  
trabajo que a la industria se le exigen, para que se pueda lograr  
a tiempo y a menor costo.

CAPITULO I

OBJETIVO

En la práctica cotidiana de la ingeniería mecánica en una  
planta industrial, es sin lugar a dudas la mayor preocupa-  
ción, del Ingeniero Mecánico el mantenimiento de los equi-  
pos a él encomendados para conservarlos en condiciones ta-  
les que las fallas imprevistas sean mínimas a cambio de e-  
conomía, seguridad y eficiencia máxima. Estos objetivos -  
que apuntan directamente en el sentido de los objetivos de  
la industria por cuanto se dirigen hacia una mayor produc-  
tividad y a un menor costo.

Dentro del campo que el mantenimiento de equipos y herramien-  
tas se desenvuelve, este trabajo trata de darle la impor-  
tancia y utilidad que nos presta el mantenimiento preventi-  
vo, entrando por uno de los renglones que más ha sido des-  
cuidado hasta hace unos años pero que es de suma importan-  
cia para alcanzar los fines que el mantenimiento persigue,  
siendo ésta aplicación, la lubricación.

El conocimiento de esta rama de la técnica en países industrializados ha dado origen a la especialización, la misma que presta invalorable beneficios especialmente a la industria. Esta especialización se encamina a una correcta conservación, evitando el desgaste de las partes y piezas que se encuentran en movimiento dentro de las máquinas lo mismo que a la detección de fallas futuras que de corregirse a tiempo nos dará las siguientes ventajas:

- Minimizar los tiempos muertos por reparaciones.
- Minimizar costo de partes y piezas.
- Minimizar pérdidas de materia prima.
- Minimizar tiempos muertos de mano de obra especializada
- Minimizar costo de mantenimiento general.
- Maximizar producción y beneficios.

La correcta aplicación de lubricación solamente se la puede realizar si tenemos un conocimiento vasto de los lubricantes que son el elemento primordial para conseguir los beneficios anteriormente enumerados, por lo que considero de mucha importancia el capítulo que se desarrolla de lubricación, el mismo que nos dará un enfoque total para lograr este conocimiento y que con ayuda de tablas creadas por institutos especializados podamos darles a estos elementos una aplicación que sea la más acertada. Además en este capítulo realizamos un análisis completo de aceites usados para establecer la utilidad que estos nos prestan pa

ra la detección del problema mecánico en ambiente de operación y tener la información necesaria para tomar medidas de corrección de los equipos. La inclusión de un capítulo de mantenimiento industrial se dirige hacia una generalización de esta actividad estableciendo tipos, costos, supervisión y control y problemas básicos que se hallan en aplicación de esta actividad y finalmente establecer una evaluación de la eficiencia de mantenimiento; lo cual es producto de la experiencia en muchas áreas de la industria para establecer una organización para el servicio de mantenimiento.

Estos tópicos considerados darán un lineamiento para su aplicación que apoyado por casos prácticos como la conservación y mantenimiento de una planta de generación de energía eléctrica completa este estudio y su aplicación.

Para realizar el estudio de lubricación de la planta de generación de energía eléctrica teniendo conocimientos de lubricantes, especificaciones de fabricante de los equipos y la práctica realizada en la planta se dará las recomendaciones específicas y lineamientos generales para el perfecto funcionamiento de los mismos, trabajo que será de mucha ayuda para esta planta.

Existen plantas industriales en los que la demanda siempre estará superando a la producción por el costo de los equipos necesarios, es decir que aún cuando las unidades de produc

ción estén funcionando a máxima capacidad no podrán satisfacer esta demanda, pero como las unidades deberán ser sometidas al mantenimiento preventivo de sus varias máquinas es de vital importancia para una mayor productividad el establecer un programa de mantenimiento con el cual se logre este objetivo.

Para el establecimiento de este programa de mantenimiento preventivo es necesario considerar que:

- La mano de obra especializada es limitada.
- Las horas de funcionamiento diario de las máquinas.
- Espaciado lógico de los mantenimientos.
- Gran número de unidades de producción.

Las mismas que serán las limitantes para el establecimiento del programa, la cual nos han llevado a considerar que la investigación operativa es una herramienta para estos casos que nos permita maximizar la producción para lo cual aplicamos simulación estocástica de operación y mantenimiento, la misma que si la realizamos manualmente estaríamos desperdiciando tiempo en cálculos repetitivos y que con la utilización del computador se transforma en pocos minutos, lógicamente considerando casos de ajustes por paros necesarios de una o varias máquinas de producción, lo cual hará un proceso fácil y rápido para el establecimiento de un programa a ser aplicado y los ajustes necesarios de acuerdo a sus necesidades.

Lógicamente que estas aplicaciones no se las puede generalizar para todas las industrias, pero siendo la rama de generación de energía eléctrica por medio de generadores electrogénos de mucha importancia dentro del país, creo que es una buena demostración de la utilidad que pueden dar -- las computadoras dentro de la práctica de la ingeniería mecánica. Este capítulo reservado dentro del trabajo, es de mucha importancia por la utilidad que prestará a las -- grandes industrias que estén dentro de los parámetros especificados.

Otra de las aplicaciones que puede dársele al computador dentro de la ingeniería mecánica es la del control de mantenimiento preventivo general, el mismo que servirá para -- el cabal cumplimiento de los programas de mantenimiento -- preventivo establecidos sea este por computador o manuales, el mismo que será de mucha importancia y ayuda para -- que los objetivos de este trabajo lleguen a un verdadero -- cumplimiento.

Este sistema de control llevará además un registro de todas y cada una de las máquinas guardando en un dispositivo magnético la bitácora de la máquina y que luego de establecida la frecuencia de corrida del sistema de manera simple y rápida se logre obtener que clase de inspección se -- debe realizar o que tipo de aceite y que frecuen-

cia de cambio se necesita realizar con una máquina específica.

Este tipo de aplicaciones se las tiene en países industrializados y por la proliferación dentro del nuestro de las computadoras en las industrias, creo que es el momento que le demos una nueva aplicación a esta herramienta que tiene muchas ventajas.

## CAPITULO II

### LA LUBRICACION FUNDAMENTOS E IMPORTANCIA

La lubricación es tan importante para la industria como -- cualquier otra fase de la ingeniería, aunque ha sido menos apreciada y muy descuidada hasta hace pocos años.

Se le considera a la lubricación como una parte tan vital de la máquina como cualquiera de sus órganos activos y la persona designada a esta actividad puede lubricar sus máquinas de manera conveniente, sólo si el ingeniero ha diseñado correctamente la máquina y ha especificado el lubricante adecuado para ella.

Lubricación puede definirse de varias maneras. Tal vez la definición más simple es la que lubricación significa "suavizar o hacer resbaladizo".

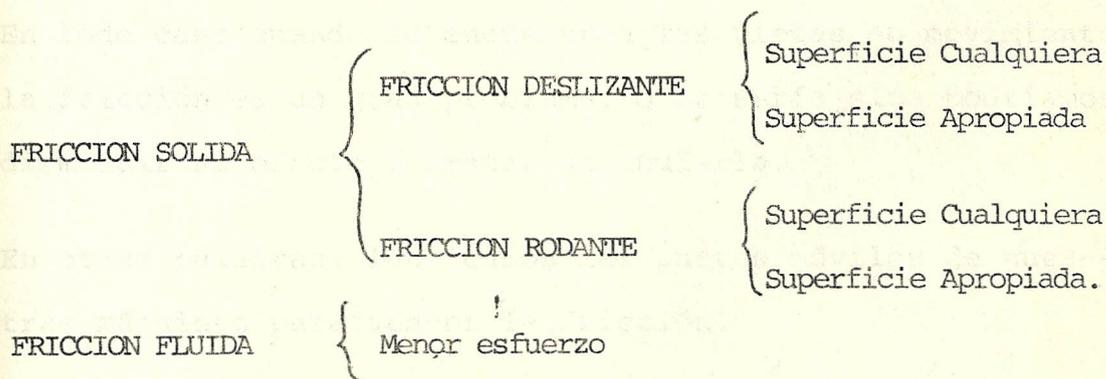
Ampliando este concepto un poco más, podríamos decir que - lubricación significa "proporcionar una película suave o resbaladiza que separa dos piezas en movimiento para permi

tirles que se muevan suavemente una contra otra". O más técnicamente, lubricación se define como "el principio de soportar una carga deslizante sobre una película que reduce la fricción". Piense en las ventajas de una máquina de movimiento continuo ... Si usted podría inventar una que realmente funcionara. Por desgracia, muchos de los inventores esperanzados que trataron, nunca pudieron resolver un problema de "FRICCION".

Se podría además decir que la lubricación reduce la fricción a un grado mínimo, sustituyendo la fricción sólida -- por la fricción fluída. (Fricción sólida es el rozamiento entre partes sólidas, mientras que la fricción fluída es el interponer entre las superficies sólidas en movimiento una capa fluída de lubricante).

## 2.1. TIPOS DE DESLIZAMIENTO (FRICCION)

Al hablar de fricción se la podría definir como "Resistencia al movimiento entre dos superficies cualesquiera que están en contacto una con otra".



La fricción es "simplemente la fuerza que retarda las cosas en movimiento". Esto es evidente, pero al tratar de --

hacer algo para anularlo se llega a la conclusión de que no es una tarea tan sencilla y esta fuerza no tan simple como parece.

Superficies que para el ojo humano parecen ser completamente lisas y suaves, realmente están compuestas por incontables picos y valles. A medida que se aplica presión o carga las superficies en movimiento se ponen en contacto y ocurre la fricción.

Las partes altas o picos de ambas superficies se entrelazan y se quiebran, que es lo que denominamos desgaste. La cantidad de desgaste que puede ocurrir dependen de la cantidad de carga o peso que se aplique.

Pero cuando una capa de lubricante se agrega, todos los puntos altos se mantienen separados, de esta manera se impide que se hallen las piezas en movimiento en contacto entre si, y tenemos entonces la fricción fluida que hace más suave este contacto en lugar de la muy fuerte fricción sólida.

En todo caso cuando se encuentran las piezas en movimiento la fricción es un gran problema, o lo sería sino podríamos disminuir su efecto o tratar de anularla.

En otras palabras, lubricamos las partes móviles de nuestras máquinas para vencer la fricción.

Una de las causas de la fricción es la pérdida de la potencia

cia, el desgaste de las partes en contacto y el incremento de la temperatura que se observan en el funcionamiento de las máquinas.

### DESLIZAMIENTO

En la fricción fluída, el lubricante actúa como si fuera compuesto de muchas capas delgadas. A medida que una de las superficies se mueven, la capa de lubricante más cercana a esta se mueve más o menos a la misma velocidad de la superficie que esta adherida y en movimiento, mientras que la siguiente capa se mueve a una velocidad un tanto menor, esto sucede en todas las capas de lubricante. Este fenómeno se conoce como deslizamiento.

Podríamos ejemplarizar a este fenómeno como cuando con una baraja de naipes, usted presiona y desliza las cartas hacia un lado.

### FRICCIÓN DESLIZANTE Y RODANTE

Además de la fricción deslizante en la cual una pieza se mueve sobre la superficie de otra existe otro tipo de fricción que se la denomina fricción rodante, donde una pieza rueda sobre la cara de la otra. Su efecto retardante es bastante menor que el de la otra fricción deslizante, y por esta razón los cojinetes de rodillo son ampliamente usados en máquinas industriales.

En el caso de los engranajes hallamos una combinación de

fricción deslizando y fricción rodante. A medida que los dientes entran en contacto, ellos se deslizan y a medida que continúan girando se presenta una acción rodante. Las dos fricciones deslizando y rodante están presentes en los distintos tipos de equipos y maquinarias con los cuales usualmente que en el ejercicio de nuestra preparación trabajamos. Ambas clases de fricción tienen una característica común muy importante: ambas pueden reducirse por medio de lubricación.

Al diseñar la máquina, se cuida siempre de dejar espacios entre las partes móviles, las mismas que se las denomina HUELGO O JUEGO (el mismo que dependerá de la constante de fricción del material utilizado, la viscosidad del lubricante especificado y un factor de seguridad se determina haciendo consideraciones de velocidad y carga, que con ayuda de tablas y gráficos especializados). Para lubricar el aceite deberá entrar en estos espacios, lo que significa que la película de lubricante no puede ser mayor que el juego entre piezas. Entonces debemos seleccionar un aceite con una viscosidad correspondiente que nos de y sea compatible con el juego de la máquina y esta película.

#### SUPERFICIES DE ROZAMIENTO

En la fricción sólida, dos superficies de metal, aunque se encuentren sumamente pulidas, se verán al microscopio que están formadas por salientes y hendiduras interminables; si estas se deslizan una sobre otra en estado seco sin lubricación, estas hendiduras y salientes tenderán a entrela

zarse y agarrarse, esto causa lo que denominamos anterior-  
mente el desgaste el cual engendra calentamiento hasta --  
llegar a la "soldadura" y finalmente el agarrotamiento.

El resultado es la avería por completo de los cojinetes o  
cualquiera otra pieza de la máquina sometida al movimiento  
Esta fricción sólida ocurre lógicamente cuando no existe lubricación.

Figura II-1.- DESLIZAMIENTO ENTRE 2 PIEZAS

A y D Fricción fluida

B Desgaste

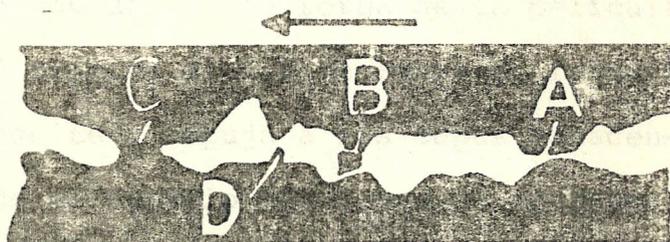


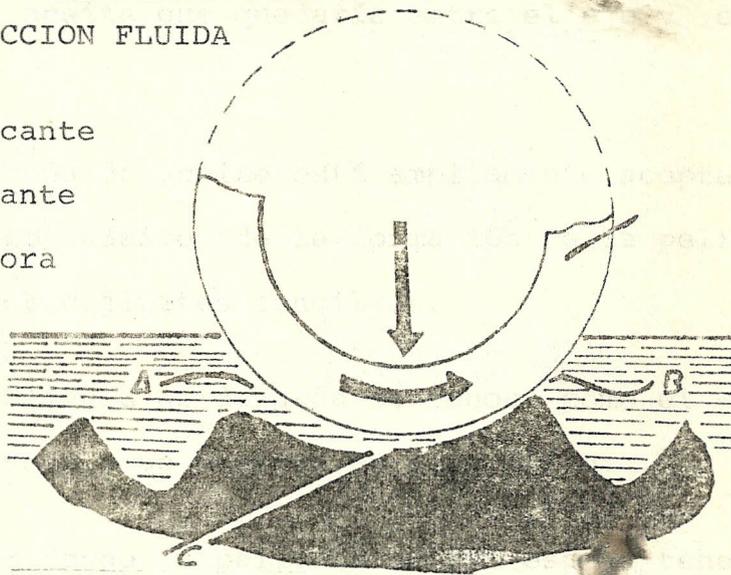
Figura II-2.- FRICCION FLUIDA

A entrada de lubricante

B salida de lubricante

C película protectora

rodante.



### FRICCION FLUIDA

Si se introduce a presión una película de aceite entre las  
dos mismas superficies sometidas al ensayo anterior, -  
las hendiduras y salientes se llenan de películas lubri--

cante, y si estos son numerosos, como para formar una película, las dos superficies se deslizan entre ellas sin que se produzca el entrelazamiento. Cuando dichas superficies sean estas planas, curvas o esféricas se mantienen separadas por una película fluida se denomina fricción fluida y lógicamente estas superficies estarán lubricadas.

#### FORMACIÓN DE LA PELÍCULA DE ACEITE

Para la formación de la lubricación por cuña de aceite, empleándose este término debido a la forma de la película de lubricante que está próximo al eje en rotación forma la punta de la cuña de aceite y empuja a las capas adyacentes de aceite dentro de el espacio del juego de la pieza - en forma de cuña de aceite que quedaría entre el eje y el cojinete.

Esta teoría de la cuña de aceite está ampliamente aceptada hoy como principio básico de la formación de la película de aceite en los cojinetes sencillos.

El punto donde la película es delgada se conoce como el -- área de presión elevada y se muestra en el gráfico.

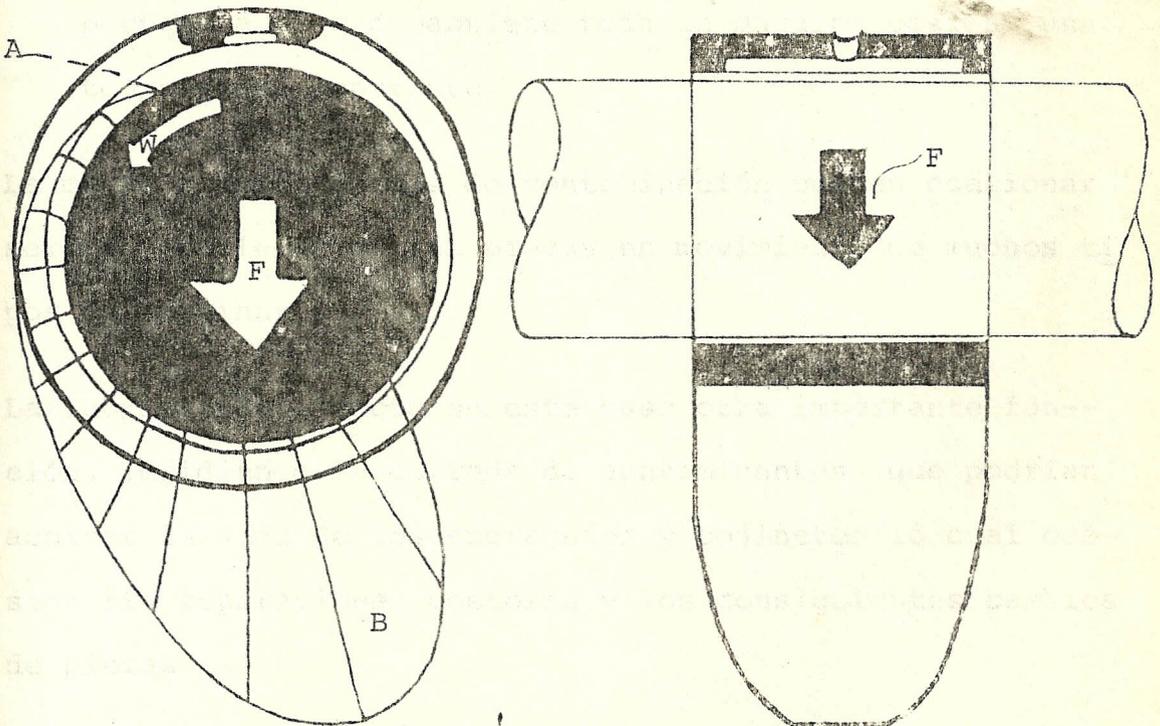
En la parte superior donde la película es más espesa tenemos el área de presión baja y será por donde se introduce el aceite, el mismo que será arrastrado por el movimiento de giro con el eje forzado de esta manera a entrar en una película delgada en el área de presión elevada y la misma

que tendrá un efecto de levantamiento para soportar al eje de esta manera evitando el contacto del eje con el cojinete.

En lubricación lo que se busca es una película ideal, de tal manera que se mantenga separados las dos superficies de metal bajo la velocidad y cargas impuestas al conjunto.

Sin embargo el aceite no debe formar un cuerpo tan pesado que la fricción interna producida por el aceite en sí, origine calentamiento excesivo y además pérdida de energía motriz.

Figura II-3.- FORMACION DE LA PELICULA DE ACEITE



- A Area de baja presión
- F Carga que soporta el conjunto
- B Area de presión elevada
- W Velocidad angular

## 2.2. FUNCION DE LOS LUBRICANTES

Intimamente vinculada con el trabajo de reducir la fricción y el desgaste, existe otra función principal que deberán llevar a cabo los lubricantes: Mantener el mínimo de temperatura. Un lubricante puede realizar esta función de dos maneras:

1. Venciendo la fricción que es un factor importante en el incremento de temperatura.
2. Transportando este calor producido por la fricción interna de las moléculas de lubricante hacia las partes más frías de la máquina, esta función es de mucha importancia ya que mantiene toda la máquina casi a una temperatura constante.

La mugre y otras formas de contaminación pueden ocasionar serios problemas en las piezas en movimiento de muchos tipos de maquinaria.

La lubricación ejecuta en este caso otra importante función, impidiendo la entrada de contaminantes que podrían acortar la vida de los engranajes y cojinetes lo cual ocasionaría reparaciones costosas y los consiguientes cambios de piezas.

Las grasas son especialmente muy efectivas para este fin ya que forman un sello en las partes exteriores de los co-

jinetes.

El óxido y la corrosión pueden ocasionar daños costosos a muchas clases de maquinarias y los lubricantes ejecutan una función importante en la prevención de esos daños al formar una capa protectora que no permita la entrada de humedad o substancias corrosivas.

Los lubricantes también sirven para amortiguar los golpes que frecuentemente se presentan en las máquinas en movimiento. Por ejemplo, el impacto causado por el contacto de los engranajes en la fase de arranque especialmente, es amortiguado en gran parte por el aceite que ha quedado entre los dientes de los mismos.

### 2.3. TIPOS DE LUBRICANTES

Porqué usamos una veces aceites y otras grasas?.Cuál es la diferencia entre los dos?. En realidad los dos tipos de lubricantes son similares, pero existe una diferencia, el aceite es fluido y por lo mismo fluye facilmente por sí mismo; la grasa es aceite también solamente que su estado es semi-sólido, esta característica adquiere con la adición de jabón químico pero se puede considerar que también fluye bajo presión.

Es de considerar que la palabra semi-sólida es una definición un poco amplia ya que algunas grasas son tan sólidas que se las puede golpear con un bate sin siquiera abollar-

la, en cambio, otras son tan suaves que casi fluyen.

Consideramos al aceite como el lubricante ideal y se usaría en todas partes, sino fuera porque su fluidez tiende a hacerlo extender fuera de la superficie lubricada.

Cuando es imposible o difícil mantener el aceite en su lugar es decir sellarlo utilizamos en estos casos la grasa.

### 2.3.1. CARACTERISTICAS DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Los aceites minerales, son los lubricantes más populares - debido a su relativo bajo costo que resulta de dos factores.

1. Son productos del residuo obtenido de la destilación - del petróleo, el cual por otro lado se usa como combustible.
2. El progreso de las técnicas de proceso y mezcla que - han hecho posible una gran capacidad de producción de un rango asombrosamente amplio, diferentes tipos de aceites en el mismo equipo de proceso.

Con la mezcla de pocos aceites básicos, se puede obtener - una enorme variedad de productos terminados. En refinerías modernas, operan sobre la base de tres a seis aceites principales.

Además los aceites lubricantes, representan unicamente una mínima fracción del total de productos que salen de una refinería. Aunque en los países industrializados el volumen

de aceites terminados no llegan al 2% del volumen total - del petróleo.

### ELABORACION DE ACEITES LUBRICANTES

En la elaboración de los aceites lubricantes, el petróleo crudo es inicialmente destilado o fraccionado, para eliminar así los hidrocarburos volátiles más ligeros como gasolina, kerosene; el aceite combustible destilado y dejando aparte la fracción más pesada de la cual se produce el aceite lubricante. Mediante el empleo de la refinación con solventes, que sería el tratamiento con ácidos, filtración desparafinación y finalmente fraccionamiento adicional, en esta forma se elimina los constituyentes indeseables, dejándose sólo los hidrocarburos que se necesitan para satisfacer los requerimientos de una clase de máquina en particular.

Se necesitan varios tipos y grados diferentes de lubricantes para satisfacer la amplia variedad de condiciones que presenten los distintos diseños y condiciones de funcionamiento.

El extraordinario comportamiento de los modernos aceites lubricantes es el resultado de combinaciones adecuadas de crudos cuidadosamente seleccionados, una refinación también muy cuidadosa y del empleo de muchos tipos de compuestos químicos especialmente elaborados conocidos como aditivos.

Los aceites de alta calidad son el resultado de una investigación continua y un desarrollo del producto probado a través de miles de horas de funcionamiento de motores.

### ENSAYOS FISICOS Y QUIMICOS

En la actualidad se acostumbran ciertos ensayos de laboratorio de rutina como medio para identificar los aceites lubricantes que no han sido usados para conocer su composición y sus características generales. Estos ensayos por sí solos no indican el desempeño de un aceite en un motor, sin embargo junto con los ensayos de laboratorio efectuados en motores, permiten predecir un nivel de funcionamiento con bastante exactitud. Estos ensayos se los describe brevemente a continuación.

Los ensayos pueden ser aplicados también a los combustibles en la misma forma que para los lubricantes, solamente que la interpretación de resultados será distinta.

### APARIENCIA COLOR Y OLOR

Los ensayos que se emplean generalmente como indicadores para determinar si la muestra a ser inspeccionada es típica del producto sin uso. Los aditivos con que se cuenta hoy en día imparten su propio olor particular al producto y afectan el color básico de la materia prima.

Por lo mismo este tipo de ensayo no permiten llegar a conclusión alguna en cuanto a calidad sino solamente a sospe-

chas de las posibles características.

#### GRAVEDAD API

La gravedad, según la determina el (ASTM-D-287), proporciona una indicación de que, el aceite es básicamente parafínico o nafténico.

Aquellos aceites con gravedad inferiores a 24 son conocidos generalmente como de naturaleza nafténica, mientras que los de gravedad superior a 24 son considerados parafínicos.

Los aceites de base mixta o mezcla de aceite nafténicos y parafínicos varían generalmente entre 20 y 24. Sin embargo la adición de aditivos puede afectar la gravedad de un aceite terminado.

#### TEMPERATURA DE DESPRENDIMIENTO DE GASES EXPLOSIVOS Y

#### TEMPERATURA DE INFLAMABILIDAD.

Las temperaturas de desprendimiento de gases explosivos y de inflamabilidad son empleadas para determinar la inflamabilidad de un producto del petróleo en el caso de los aceites lubricantes el desprendimiento de los gases explosivos es un indicador de volatibilidad.

El ensayo de uso más extendido para probar los aceites lubricantes que no han sido usados en el método CLEVELANDA - OPEN CUP ASTM-D-92. La temperatura de desprendimiento de

gases explosivos de un aceite es la temperatura a la cual el aceite libera suficiente vapor como para inflamarse en cualquier punto de la superficie del aceite cuando esta ex puesto a una llama.

La temperatura de inflamabilidad es la temperatura a la cual el aceite se enciende y continua quemándose durante cinco segundos.

No se puede añadir mucho más detalle partiendo de la temperatura de inflamabilidad después que se ha determinado la temperatura de desprendimiento de gases explosivos.

Los aceites lubricantes ligeros pueden tener temperaturas de desprendimiento de gases tan bajos como de 300°F, (148.8°C) temperaturas de desprendimiento de gases superiores a 400°F (204.4°C).

#### TEMPERATURA DE DESCONGELACION

La temperatura de descongelación, según la determina la norma (ASTM-D-97), indica la temperatura mínima a la cual el aceite fluye: como algunos motores con suministro de aceite pueden estar sometidos a temperaturas frías, es importante emplear un aceite de descongelación suficientemente baja como para que fluya en esas condiciones.

Muchos aceites modernos contienen productos químicos especiales para disminuir la temperatura de descongelación, los cuales permiten que el aceite tenga una temperatura de des

congelación inferior que la que el aceite básico tendría normalmente.

La temperatura de descongelación de un aceite es una medida de criterio discutible en cuanto al funcionamiento a baja temperatura, ya que algunos aceites, especialmente los de naturaleza nafténica, son demasiados viscosos a sus temperaturas de descongelación como para dar un buen resultado y ser útiles para lubricar debidamente.

### VISCOSIDAD

Es la propiedad que más nos interesa al hablar de aceites lubricantes.

La viscosidad es la resistencia interna a fluir que presenta un líquido, y es considerada la propiedad individual fisica más importante de los aceites lubricantes.

Como la temperatura es la variable más importante que afecta la viscosidad de un aceite, siempre debe ser incluida como parámetro para la determinación de la misma.

La fricción, el desgaste, la capacidad de transportar carga y el consumo de aceite depende de la viscosidad correcta de este para el funcionamiento adecuado de los motores.

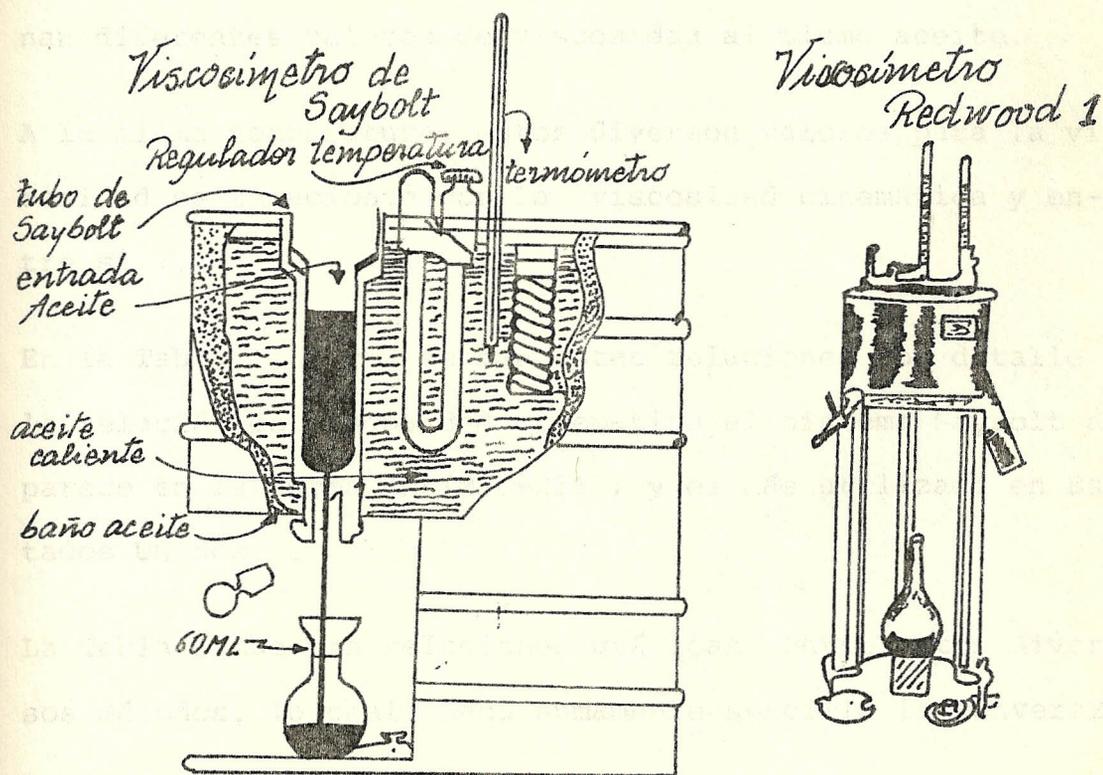
Es muy difícil y complejo medir directamente la viscosidad o resistencia interna del aceite a fluir. Por razones --

prácticas, la industria ha establecido un sistema de viscosidad en el paso de una corriente de volumen exacto de aceite a través de un tubo capilar o de un orificio en un tiempo dado. Los dispositivos utilizados para llevar a cabo esta medida son conocidos como viscosímetros.

El método usado más comunmente es el de determinación de la viscosidad cinemática, el cual está dando las normas en el (ASTM-D-445) y en el (IP-71).

Este sistema de medida emplea viscosímetros capilares sumergidos en un baño de aceite a la temperatura deseada, generalmente  $100^{\circ}\text{F}$  y  $210^{\circ}\text{F}$  en los Estados Unidos y el tiempo determinado para que el aceite fluya por gravedad entre dos marcas calibradas en el tubo de ensayo.

Figura II-4.- VISCOSIMETROS DE SAYBOLT Y REDWOOD N° 1



Cada viscosímetro individual está calibrado con exactitud y tiene un instrumento de calibración unido a él. Este es empleado para medir la verdadera viscosidad cinemática, la cual estará expresada en centipoises.

En esencia el tiempo que tarda en fluir un volumen determinado de aceite a través del viscosímetro, multiplicado por la constante del tubo da la viscosidad cinemática.

Se emplean otros sistemas para determinar la viscosidad de los aceites para cada motor. Generalmente en los Estados Unidos se emplean otras medidas como Saybolt Universal y Saybolt Furol, mientras que en el Reino Unido se utilizan los Redwood N° 1 y Redwood N° 2. En cambio en Alemania y países Europeos emplean las unidades Engler.

Todos estos sistemas son básicamente similares pero asignan diferentes valores de viscosidad al mismo aceite.

A la misma temperatura, estos diversos valores para la viscosidad se relacionan con la viscosidad cinemática y entre sí.

En la Tabla 1, 2 y 3 se dan estas relaciones con detalle - la relación de viscosidad cinemática al sistema Saybolt aparece en la norma (ASTM-D-2161) y es más utilizada en Estados Unidos.

La Tabla 1 muestra relaciones gráficas entre estos diversos métodos, lo cual hace sumamente sencilla la conversión

a cualquier método deseado.

Otra Tabla muy útil es la Tabla 2 publicada por la ASTM - es la Tabla Estandar de viscosidad versus temperatura; en la que aparece la relación de segundos Universal Saybolt versus temperatura en grados Fahrenheit.

El establecer la viscosidad a dos temperaturas permite de terminar cualquier viscosidad que esté por encima de la temperatura de descongelación del aceite, si se traza una línea recta a través de estas temperaturas. El ejemplo anotado es el de un aceite parafínico para motor de gas tipo SAE 40.

Otra función de esta tabla es la determinación de la viscosidad de una mezcla de aceites con diferentes viscosidades. La tabla 3 que es una tabla de mezcla de viscosidades, es esencialmente una reproducción de la parte entre  $-40^{\circ}\text{F}$  y  $100^{\circ}\text{F}$  ( $4^{\circ}\text{C}$  y  $37.8^{\circ}\text{C}$ ) de la tabla de viscosidad/temperatura de la ASTM.

La sociedad de ingenieros de Automóviles dividió a la viscosidad mediante clasificación o número SAE y este es un standar aceptado en la mayor parte del mundo. Las clasificaciones que nos interesan son las SAE 20, 30, 40, 50 y están basados en los valores de viscosidad a  $210^{\circ}\text{F}$  ( $98.8^{\circ}\text{C}$ ) y no a  $100^{\circ}\text{F}$  ( $37.8^{\circ}\text{C}$ ) como muchas personas creen.

Los valores según en la clasificación oficial SAE-J-300.

SAE - J - 300

NIVELES DE GRADOS DE VISCOSIDAD

N° SAE	VISCOSIDAD A 210°F (98.8°C)			
	MINIMA	MAXIMA		
	CST	SUS	CST	SUS
20	5.7	45	9.6	58
30	9.6	58	12.9	70
40	12.9	70	16.8	85
50	16.8	85	22.7	110

Prácticamente todos los fabricantes de motores especifican la escala de viscosidad adecuada para sus máquinas bajo condiciones de funcionamiento específico, cuyas recomendaciones deben ser seguidas.

INDICE DE VISCOSIDAD

La viscosidad de los aceites lubricantes de petróleo cambia respecto a la temperatura. El grado de cambio variara con los distintos aceites, esta característica es definida como índice de viscosidad, enunciando comunmente con las siglas IV.

La viscosidad de aceites de alto índice, es menos sensible a los cambios de temperatura que la viscosidad de los aceites de bajo índice.

Para expresarlo en otra forma, la tasa de cambio de la vis

cosidad con cambios de temperatura es relativamente menor en los aceites de alto IV, que en los aceites de bajo IV. El índice de viscosidad expresa este cambio como un número único en una tabla imperfecta y anticuada pero, que todavía resulta útil, diseñada por Dean y Davis hace muchos años. La tabla supone que 0 es el índice más bajo de comportamiento nafténico y 100 es el índice más elevado de comportamiento parafínico. Aunque se esperaba que todos los demás aceites caerían entre estos dos valores, el advenimiento de la refinación mediante disolventes y el empleo de lubricantes sintéticos y aditivos han producido aceites que han excedido la escala en ambas direcciones. Las asociaciones de técnicos han realizado una labor considerable, tendiente al diseño de un nuevo sistema para expresar el índice de viscosidad.

Se han recibido varias proposiciones pero hasta el momento sólo la norma ASTM-D-2270 es la que se emplea. Esto modifica al sistema por arriba de 100 para situar a los aceites de alto IV, especialmente a los aceites de grado múltiple, mucho más al nivel con sus propiedades de viscosidad y temperatura. También parece la determinación del IV desde 0 al 100.

El IV de un aceite no es un criterio de la calidad del aceite, sino que más bien refleja su fuente de crudo y el procedimiento de refinación.

Actualmente, se usan aceites puros de grado de viscosidad SAE para motores diesel, de gas y de combustible doble, y el índice de viscosidad está entre 0 y 100 con la mayoría en el nivel de 65 a 100.

Como regla general los aceites de IV menores a 50 son considerados nafténicos por naturaleza, mientras que los que están entre 50 y 80 o aceites de IV mediano, tienen las características de los nafténicos y los parafínicos; y los que están por encima de 80 son clasificados como parafínicos.

Generalmente se consideran que los aceites de tipo parafínico son más resistentes a la oxidación y muestran nuevos cambios en la viscosidad relativa a los cambios en temperatura, por tanto son aceite de alto IV.

Sin embargo los aditivos modernos, controlar la oxidación y mantienen a niveles satisfactorios para una amplia variedad de aceites, sean cualesquiera sus índices de viscosidad.

Por lo tanto la principal importancia del índice de viscosidad reside en que indica el comportamiento de un aceite en cuanto a su viscosidad en una amplia gama de temperaturas.

#### PUNTO DE FLUIDEZ

Es la temperatura más baja a la cual fluye un aceite en --

condiciones específicas de ensayos.

La fluidez es un factor muy importante para el arranque y operación en climas fríos, de aceites que lubrican por presión o por sistema de baño.

Los aceites de bajo punto de fluidez y viscosidad apropiada, fluirán por la entrada de la bomba, manteniéndose en circulación, a través de la unidad, cuando esta ha empezado a funcionar.

Conforme disminuye la temperatura, el aceite se va haciendo más y más viscoso. El punto de fluidez nos da una referencia sobre la capacidad del aceite para fluir (viscosidad) y circular por una máquina fría ya que la viscosidad es la primera limitación en el arranque de máquinas a bajas temperaturas.

#### RESIDUOS DE CARBON

La cantidad de coque o residuos que queda después que un aceite lubricante se ha vaporizado y quemado bajo condiciones específicas, es considerado el residuo de carbón. Este residuo fue empleado como medida indicadora de los posibles residuos (de carbón) que se podrían encontrar en un motor.

El significado del residuo de carbón en relación con los modernos aceites con aditivos, es relativamente menor en cuanto a predecir la formación de depósitos, pero todavía

es empleado para llevar a cabo comparaciones.

Se utilizan dos métodos para llevar a cabo esta determinación, los mismos que no producen resultados idénticos, pero están relacionados empíricamente mediante tablas adecuadas. En Estados Unidos es empleado generalmente el método Condronson Carbón Residue ASTM-D-189 (IP-3) y en Europa el que más se usa es el Remstantton Carbón Residue - ASTM-D-524 (IP-14).

### CONTENIDO DE CENIZA

El contenido de ceniza de lubricantes es la cantidad de material no combustible presente en el aceite. Los aceites minerales puros, limpios no tienen ceniza. Sin embargo muchos de los aceites modernos para motores contienen aditivos con bases metálicas, como bario, calcio, zinc, y el aceite acabado tiene tanta ceniza como cantidad de metal tenga presente.

Se emplean dos ensayos de ceniza el STM-D-482 (IP-4) llamado también de ceniza pura, y el ASTM-874 (IP-163) que es el ensayo de ceniza sulfatada. Los aceites de tipo de aditivo son evaluados mediante el método sulfatados el cual utiliza ácido sulfúrico añadido a la ceniza para prevenir la pérdida de los metales volátiles al convertir los metales en sus sulfatos.

En los aceites nuevos, la presencia de la ceniza sulfatada

es un indicativo de la cantidad de aditivos metálicos presentes. Sin embargo cualquier componente orgánico del conjunto aditivo, generalmente los dispersantes y algunos inhibidores, se volatizan durante la combustión, así que no se puede medir realmente la cantidad total de aditivos presentes. Los aceites lubricantes para motores van desde los aceites minerales puros hasta los aceites para cilindro diesel de alto contenido de ceniza. La importancia del contenido de ceniza varía entre los fabricantes de motores, algunos requieren aceites sin ceniza o bajos en ceniza, mientras que otros prefieren los aceites con un contenido moderado o relativamente alto de ceniza. En general, se supone que los aceites de bajo contenido de ceniza o sin ella son menos propensos a depositar formaciones en los cojinetes propulsores o de potencia, mientras que los aceites de mayor contenido de ceniza retrasan el desgaste y la ranuración del asiento de la válvulas.

No existe línea divisoria exacta entre una y otra clasificación de aceite. Varían las interpretaciones del significado del valor de la ceniza, pero para propósitos generales los aceites con un contenido de ceniza inferior al 0.5% pueden ser considerados bajos en ceniza, entre un 0.5 y un 1.5% moderados en ceniza y los que están por arriba de 1.5% aceites con alto contenido de ceniza.

#### NUMERO BASE TOTAL

El número base total (TEN en Inglés y NTB en Español) es -

una medida de la alcalinidad de aceite y puede ser determinada mediante ASTM-D-664, con procedimientos potenciométricos y no dependen de el cambio de color observado.

El NTB es importante para analizar los aceites de motor -- diesel usados. En el caso de los aceites no usados es importante saber si el aceite es de tipo alcalino y en caso de ser afirmativo que grado de alcalinidad alcanza ya que la centralización de los productos ácidos de la combustión y el azufre de los combustibles están directamente relacionados con el desgaste debido a la corrosión.

#### RESISTENCIA A LA OXIDACION

Cuando el aceite queda expuesto el aire se combina con el oxígeno en un proceso que se conoce como oxidación y la habilidad a resistir esta oxidación es otra de las propiedades básicas del aceite.

El proceso de oxidación se acelera con temperaturas altas y en situaciones donde el aceite está sometido a continua agitación.

#### 2.3.2. CARACTERISTICAS DE LAS GRASAS LUBRICANTES

Se denomina grasas lubricante a la mezcla, sólida o semisólida de un lubricante fluido y un agente espesador. Las grasas pueden contener aditivos que le dan propiedades o un rendimiento especial,

El componente fluido puede ser un aceite mineral (petróleo) o un producto sintético. El espesador puede ser un jabón metálico o mezclas de jabones o sustancias no jabonosas como arcilla organofílica modificada. Los jabones comúnmente utilizados son de litio, calcio (cal), sodio, aluminio y vario o combinaciones de estos con otros materiales así como el calcio-plomo por ejemplo. La viscosidad del fluido, su proporción con el espesador y la naturaleza química de éste último pueden variar en una gama muy amplia.

Las propiedades de una grasa terminada están influenciadas por su proceso de fabricación así como por los materiales usados.

Se utiliza grasas, cuando se quiere que el lubricante mantenga su posición original en el mecanismo, especialmente cuando las oportunidades de relubricación son muy limitadas o económicamente son justificables. Las razones pueden ser también la forma del mecanismo, tipo de movimiento tipo de sello o la necesidad de que, en parte o totalmente, haga la función de sello para evitar las pérdidas de lubricante o la entrada de contaminantes debido a la naturaleza esencialmente sólida, las grasas no pueden cumplir funciones de refrigerante o limpieza en la forma que lo hacen los lubricantes fluidos. Con estas excepciones, las grasas están sujetas a cumplir todas sus otras funciones.

Las propiedades que a continuación indicaremos son las de mayor significado en las grasas lubricantes.

### CONSISTENCIA

Es una medida relativa de la dureza, esta propiedad se expresa comunmente en términos de penetración ASTM grados -NLCI y ha servido de base para establecer una forma de clasificación de las grasas.

La consistencia de una grasa es un factor determinante en la capacidad de lubricar, sellar y mantenerse en su posición original, así como también en los métodos y facilidades con que pueden ser aplicadas.

### PUNTO DE GOTEO

Es la temperatura a la cual la grasa, pasa de sólido-plástico al estado líquido y fluye por un orificio bajo condiciones establecidas en el ensayo.

Esta característica se asocia indebidamente con la temperatura máxima de trabajo. El rendimiento a altas temperaturas, también dependen de otros factores como el tiempo de exposición, resistencia a la evaporación y diseño del mecanismo lubricado.

### FACILIDAD DE BOMBEO

La grasa fluye bajo presión y algunas fluyen más fácilmente que otras, aunque se aplique la misma presión, caracte-

rística que se la denomina facilidad de bombeo que es una característica importante para saber la forma de aplicación al lubricar las partes.

#### RESISTENCIA DEL AGUA

Es otra propiedad de las grasas y ella depende fundamentalmente del tipo de jabón base con que se haya elaborado.

Algunas grasas tienen tendencia a disolverse con el agua - mientras que otras se mantienen en presencia de la misma - sin cambiar sus características.

#### TEXTURA Y ESTRUCTURA

La apariencia y tacto de las grasas. Una grasa puede ser descrita como suave cremosa, fibrosa, de fibra larga o corta, filamentosa.

Esta característica esta influenciada por la viscosidad -- del fluido (aceite básico),, tipo de espesador, proporción de estos componentes, presencia de ciertos aditivos y el - proceso de fabricación.

No existen métodos para definir cuantitativamente esta propiedad. Cualquier cambio de textura o estructura afecta a la adherencia y facilidad de manipuleo de las grasas.

#### TIPO DE GRASAS

Las grasas se clasifican generalmente por el compuesto de

jabón usado en su fabricación. lo cual influye grandemente en sus propiedades y estos son:

#### GRASAS A BASE DE JABON DE CALCIO

Apariencia suave y mantequillosa, resistencia elevada al agua. Se desintegran a altas temperaturas, mayores a  $225^{\circ}\text{F}$  ( $107.2^{\circ}\text{C}$ ) la base de jabón tiende a separarse del aceite, siendo de esta manera muy perjudicial para las superficies de rosamiento por que las partículas de jabón se transforman en materia dura a esta temperatura y se transforman en muy abrasivas.

#### GRASAS A BASE DE JABON DE SODIO

Se utilizan generalmente en donde las temperaturas son muy elevadas, siendo aplicables hasta los  $375^{\circ}\text{F}$  ( $190.5^{\circ}\text{C}$ ), sin peligro de separación de la base de jabón.

Su textura es fibrosa y capaces de soportar pesadas cargas de rosamiento, ideales en molinos y calandrias, rodamientos de bolas y rodillos; pero en cambio son solubles en el agua.

#### GRASAS A BASE DE BENTONITA

La bentonita es una simple arcilla de Missouri la cual tiene un punto de licuefacción extremadamente elevado, son especiales para lubricar lugares de difícil acceso en donde no se puede lubricar muy a menudo.

#### GRASAS A BASE DE JABON DE BARIO

Son de aplicación convenientemente hasta los 450°F (232,3°C) de temperatura y en su duración es muy larga.

#### GRASAS A BASE DE JABON DE LITIO

Su aplicación es conveniente hasta en sitios que se encuentran a 380°F (193.3°C) y también como los anteriores son de larga duración.

#### GRASAS A BASE DE JABON DE SILICIO

Por ser estas grasas sintéticas y relativamente nuevas son muy costosas presentando características de muy larga duración y resistencia extraordinaria al calor.

#### GRASAS DE PRESION EXTREMA

Estas grasas al aplicárselas crean una película adecuada de lubricante, bajo duras condiciones de operación se las llama grasas de presión extrema y son la repuesta de la industria del aceite al aumento de velocidades y a las pesadas cargas a que se someten los cojinetes como resultado de la producción moderna, son grasas que se las ha fabricado añadiendo jabón de plomo o algún otro aditivo de tipo de presión extrema (PE) para el mejoramiento de la capacidad de transportar la carga de la grasa.

## ACEITE LUBRICANTES VS-GRASAS

Es discutible cuando se debe usar un aceite o una grasa ya que cada uno de estos lubricantes tiene su ventaja o desventaja definida.

Lo que realmente influye para escoger el tipo de lubricante será el diseño del cojinete, las condiciones de trabajo y del tipo de máquinas que debemos lubricar. Podemos anotar algunas de las ventajas de cada uno de estos lubricantes, considerando los más importantes:

### VENTAJAS DE LAS GRASAS

- a) La frecuencia de lubricación es usualmente menor cuando se usa una grasa que con el aceite. Reduciéndose por lo tanto el tiempo de lubricación, requiriendo menor trabajo. Haciendo esta ventaja ideal para su aplicación en puntos de lubricación de difícil acceso.
- b) La grasa puede quedar mejor confinada en el alojamiento de un cojinete que el aceite, debido a su naturaleza plástica; por lo tanto, es posible usar un diseño más simple de cierre de cojinetes.
- c) La grasa es menos propensa a derramarse del alojamiento de un cojinete, especialmente cuando los cierres están gastados o en desuso. Esta es una ventaja defini-

da en la maquinaria donde la contaminación del producto es un peligro.

- d) Usualmente se necesita menos grasa para la buena lubricación de un cojinete que la que se necesitara en el caso de que se usara aceite. Esto es especialmente -- cierto en el caso de los rodamientos a bolas y de rodillos.
- e) La grasa actúa como un medio sellador natural contra la contaminación exterior. Esto nuevamente es una ventaja para la protección de las superficies sumamente pulidas de algunas partes de los cojinetes.

#### VENTAJAS DE LOS ACEITES

- a) El aceite es más fácilmente manipulado en el vaciado y llenado de cojinetes y cajas de engranes cerradas. Esta es una ventaja precisa cuando se necesita lubricar con frecuencia debido a las difíciles condiciones de funcionamiento.
- b) El aceite se adapta más a todas las partes de las máquinas como cojinetes, engranes o correderas.
- c) Es más fácil controlar la cantidad correcta de lubricante en un cojinete cuando se lubrica con aceite.
- d) El aceite es más adecuado para una gama amplia de temperaturas y condiciones de operación de máquina. Esto

es especialmente cierto, cuando las temperaturas son inferiores a 32°F (0°C) y superiores a 200°F (93.3°C) si debido a las altas temperaturas de operación se requiere el enfriamiento del aceite, podemos utilizar un sistema circulante de aceite o serpentines de enfriamiento en el alojamiento del cojinete.

- e) Los aceites ofrecen una escala más amplia de viscosidades a elegir para un campo más amplio de velocidades y cargas a soportar que las grasas.
- f) Es posible un campo más amplio de elección de métodos de aplicación con el aceite que con las grasas.

#### 2.4. SELECCION DE LOS LUBRICANTES

El complejo mundo de la industria presenta una amplia gama de retos a la destreza o habilidad del técnico en lubricación y de los ingenieros de lubricación, profesionales quienes deberán considerar muchos factores al elaborar sus recomendaciones entre las de gran variedad de lubricantes que se pueden obtener hoy en día.

Una de las consideraciones que se debe tomar en cuenta es la carga o presión bajo las cuales el lubricante tendrá - que funcionar ya que hemos establecido que los lubricantes difieren en la habilidad para soportar cargas pesadas.

Otro factor es la velocidad. Un cojinete o chumacera que opere solamente a bajas velocidades necesita de un lubri-

Los aceites de base parafínicos tienen un punto de fluidez y un natural IV altos, lo que significa que sus viscosidades cambiarán menos con las variaciones de temperatura.

Los aceites de base nafténicos típicamente tienen un IV bajo. También tienen un punto de fluidez bajo, que los hace apropiados para el uso en situaciones de bajas temperaturas.

Los aceites de bases mixtas tienen punto de fluidez e Índice de Viscosidad que se encuentran entre los de aceites de bases parafínicas y nafténicas cada compañía fabricante de aceites de cierta importancia tendrá en su línea más de 300 tipos de aceites industriales y auto motrices.

Podríamos establecer once clasificaciones de los lubricantes por su uso:

Aceites para engranajes

Aceites para árboles

Aceites para cojinetes en general

Aceites para motores eléctricos

Aceites para cilindros de vapor

Aceites para turbinas

Aceites para compresores de aire

Aceites para compresores de refrigeración

Aceites hidráulicos

Aceites para corte

Aceites automotrices.

### ESPECIFICACIONES DE ACEITES TIPOS

Aceites para árboles.- Deben tener una viscosidad de 50 - seg. (SU) a 100°F (37.8°C).

Aceites para engranajes.- Deberán estar entre 1500 SUS - seg. a 100°F (37.8°C) y de 60 a 150 seg. a 210 °F (98.8°C) deben tener como el anterior característica antiespumante y deben ser observados si las temperaturas de operación ha cen críticos estos puntos:

Punto de desprendimiento de gases

Punto de inflamación

Punto de fluidez crítica.

Aceites para turbinas.- Deben ser aceites muy refinados - que su viscosidad esté entre 150 seg. a 500 seg. a 100°F - (37.8°C). Además deben ser resistentes al calor y herrum- bre, resistentes al agua y propiedades antiespumantes.

Se debe en estos aceites observar punto de desprendimiento de gas y su punto de inflamación.

Aceites para compresores de aire.- Estos aceites deben lubricar en condiciones muy difíciles ya que el aceite entra en contacto con el aire a elevadas temperaturas y altas presiones que tienden a causar la oxidación. Para estos aceites el punto de desprendimiento de gases y el punto de inflamación debe ser lo suficientemente altos para prevenir posibles incendios y estos deben estar entre 400 y 500°F (204.4 y 232°C) para sistemas que lleguen a 150 p. si. La viscosidad varía entre 300 y 500 seg. a 100°F (37.8°C). Estos aceites para compresores de aire deben además contener bajo residuo de carbón, pues las altas temperaturas favorecen la formación de carbón.

Aceites de Compresores de Refrigeración.- Son generalmente aceites minerales sin composición que tienen las mismas características de los aceites de compresores de aire. En este caso no son de mayor importancia los puntos de desprendimiento de gases ni el punto de inflamación.

Además estarán añadidos de un descongelante. La viscosidad oscilará entre 200 a 300 seg. a 100°F (37.8°C).

Aceites para cojinetes en general.- Son de calidad secundaria ya que la mayoría de veces se utilizan en sistemas de una pasada es decir pasan a través del cojinete y no son recuperados. La viscosidad deberá ser desde 100 a 1000 seg. a 100°F (37.8°C).

La industria petrolera ha mejorado la calidad de los aceites lubricantes gracias a los adelantos tecnológicos en la obtención de mejores métodos de refinación. Sin embargo - los avances más importantes se deben al uso de nuevos productos químicos sintéticos que son altamente complejos.

Sabemos que los lubricantes están llamados a rendir en muy diversas funciones los mismos que no llegan a ser satisfechos en la mayoría de los casos por los lubricantes puros en una o muchas de las propiedades de estas. De ahí se deriva que su rendimiento depende del uso atinado de aditivos específicos para un determinado objetivo.

Como lo sugiere la palabra los aditivos se agregan a un medio básico para realizar, mejorar, modificar o suprimir algunas propiedades de los aceites minerales con los cuales se usan.

En los lubricantes, los aditivos son por lo general compuestos químicos que simplemente modifican propiedades físicas o que tienen un alcance que puede notarse en operación.

El empleo simultáneo de varios aditivos no es excepcional. Cada uno de ellos puede cumplir funciones específicas independientemente de los demás, o pueden depender unos de otros complementándose. Por lo contrario, un aditivo puede afectar negativamente en la función de uno o de todos los aditivos presentes.

A continuación explicamos un resumen de los principales tipos de aditivos usados por aceite y grasas lubricantes señalando un propósito, tipo o composición.

ADITIVOS COMPLEMENTARIOS PARA LUBRICANTES

TIPO DE ADITIVO	COMPOSICIÓN	PROPÓSITO
Agentes reductoros de la resistencia y ablandadores	Resinas y aceites de alto peso molecular	Reducir la resistencia y ablandar el aceite
Agentes reductoros de la viscosidad	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la viscosidad del aceite
Agentes reductoros de la fricción	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la fricción entre las partes móviles
Agentes reductoros de la oxidación	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la oxidación del aceite
Agentes reductoros de la corrosión	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la corrosión de las partes móviles
Agentes reductoros de la espuma	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la espuma del aceite
Agentes reductoros de la contaminación	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la contaminación del aceite
Agentes reductoros de la pérdida de peso	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la pérdida de peso del aceite
Agentes reductoros de la pérdida de viscosidad	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la pérdida de viscosidad del aceite
Agentes reductoros de la pérdida de elasticidad	Aceites y grasas de alto peso molecular	Reducir la pérdida de elasticidad del aceite

ADITIVOS COMUNMENTE USADOS PARA LUBRICANTES

TIPOS DE ADITIVOS

COMPOSICION

PROPOSITO

Agentes mejorados de la tenacidad y adherencia.

Ciertos polímeros de alto peso, molecular y jabones de aluminio de ácidos grasos no saturados.

Aumentar la adhesividad a las superficies metálicas. Formar una capa.

Repelente de agua.

Organociliconas y otros polímeros; ciertas aminas alta altamente alifáticas e hidrox*í* ácidos grasos.

Dar a grasas no jabonosas y otros lubricantes resistencia o repelencia al agua.

Emulsificantes

Ciertos jabones de grasas y ácidos grasos ácidos naftécnicos o sulfónicos.

Usados para emulsificas aceites solubles con agua.

Colorantes

Compuestos orgánicos de alto poder, colorantes solubles en aceite.

Proporcionar un color distinto o atractivo

Agentes para control de olores

Ciertos perfumen sintéticos solubles en aceites.

Para eliminar malos olores o para dar olores agradables y distintivos.

Anticépticos (Bastericidas o Desinfectantes).

Ciertos alcoholes, aldehidos, denocompuestos de mercurio o cloro.

Usados para controlar olores, espuma, decoloramiento de metales y rotura de emulsiones de aceite.

Depresores Punto Fluidiez

Polímeros de metacrilatos, naftaleno, alquilico o fenoles.

Bajar el punto de fluidez de los aceites lubricantes.

Mejoradores Indice Viscosidad

Olefinas polimerizadas o Iso-Oléfinas. Polímeros de Butileno o estireno alquil.

Bajas la proporción del cambio de viscosidad con temperatura.

Anti espumantes

Polímeros de siliconas

Evitar fomación espuma estable.

## ADITIVOS COMUNMENTE USADOS PARA LUBRICANTES

### TIPOS DE ADITIVOS

### COMPOSICION

### PROPOSITO

Antioxidante o Inhibidores de la oxidación.

Ditiofosfatos de zinc, aminas aromáticas.

Retardar la descomposición del aceite por oxidación que puede terminar en barniz, lodo corrosión.

Detergentes

Compuestos metal-orgánicos como fosfatos, fenolatos, sulfonatos. Jabone de alto peso molecular que contienen metales como magnesio, bario, calcio y estaño.

Manentener la superficies metálicas limpias y prevenir la formación de depósitos.

Agentes anti-desgaste Extrema presión (EP) y película lubricante.

Ditiofosfato de zinc, fosfatos orgánicos compuestos orgánicos de azufre y cloro, jabones de plomo.

Reducir fricción, prvenir rayado y agarrotamiento, reducir el desgaste.

Inhibidores de Herrumbre

Suldonatos metálicos, ácidos grasos y aminas.

Evitar la oxidación de las partes de hierro en almacenamiento o embarque de equipos.

Inhibidores de Corrosión

Ditiofosfato de zinc, fenolatos metálicos sulfonatos básicos metálicos.

Prevenir del ataque de contaminantes corrosivos a cojinetes y otras partes del motor.

Desactivadores de Metales

Ditiofosfato de zinc, sulfuros orgánicos, ciertos compuestos orgánicos de nitrógeno.

Apaciguar, prevenir o contrarrestar el efecto catalítico de los metales en la oxidación.

Con el uso de los métodos más modernos de refinación y con la adición de aditivos cuidadosamente formulados; los fabricantes están haciendo frente a las necesidades complejas de la industria con una amplia gama de productos.

Los aceites lubricantes generalmente están divididos en categorías básicas dependiendo de los tipos de uso que van a ser sometidos.

El cuadro que muestro a continuación da una idea de las categorías más importantes de los aceites lubricantes y los principales aditivos que son añadidos para ayudarle en sus funciones especializadas.

CATEGORIA

ADITIVOS PRINCIPALES

Aceite Circulante.	Anti-oxidante, anti-espumante, preventivos de herrumbre.
Aceite Hidráulico.	Agentes contra desgaste.
Aceite para turbinas a vapor	Preventivos de herrumbre, anti-oxidante, anti-espumante.
Aceites para Engranajes (muchas clases distintos)	La mayoría contiene Anti-oxidantes, preventivos de herrumbre, algunos aceites especializados para engranajes contienen agentes contra desgaste y aditivos para extrema presión. (EP).
Aceites para Maquinaria	No contienen aditivos especiales sino están compuestos de aceites minerales puros.

Aceites para guías.	Algunos contienen aditivos para <u>ex</u> tremas presiones.
Aceites de refrige- ración.	Contienen depresores del punto de - fluidez y anti-oxidante.
Aceites de compres <u>o</u> res de aire.	Anti-oxidante, anti-espumante (de- pendiendo del tipo de estos).

Las grasas están divididas en categorías generales de a-  
cuerdo con el tipo de jabón químico que use como base. --  
Grasas de jabón de Litio que es la categoría más común ya  
que es una grasa de uso múltiple y tienen las siguientes -  
características: alto punto de goteo y son útiles dentro -  
de una amplia gama de temperaturas.

Grasas de jabón de calcio, que sería la segunda categoría  
y una de las principales ventajas es su gran estabilidad -  
ante la presencia de agua; pero presentan una característica  
negativa ya que tienen un punto de goteo relativamente  
bajo.

Grasas de jabón de sodio, sería una tercera categoría pero  
como característica principal es que puede ser utilizada -  
a temperaturas relativamente altas pero presentan una ca-  
racterística negativa que su resistencia de agua es baja.

Las grasas que entrarían en una cuarta categoría serían a-  
quellas que se elaboran con formulación especial de acuer-  
do a sus usos específicos como los de extrema presión y --  
las de altas temperaturas.

## 2.7. LA LUBRICACION

La lubricación es una tarea al mismo tiempo retardadora y satisfactoria, y la eficiencia con que se ejecuten las muy variadas funciones de este trabajo puede significar mucho para la compañía y sus propios trabajadores.

El trabajo comienza en el sitio donde se almacenan los lubricantes e implementos de lubricación. La manera como están almacenados puede ser muy importante. Una zona de almacenamiento limpia y aseada asegura que los lubricantes se mantendrán en la misma condición de pureza, de cuando fueron comprados. Además, los envases limpios y aseados le ayudan al lubricador a identificar el producto correcto de manera más fácil, eliminando errores que pueden ser muy costosos.

Al contrario, una zona de almacenamiento desaseada es un sitio peligroso para trabajar. Los lubricantes derramados constituyen un peligro de incendio y también pueden ocasionar resbalones y caídas peligrosas.

Sin duda, el mejor lugar para almacenar lubricantes y el equipo de lubricación sería un sitio destinado específicamente dentro de la propia planta para este fin, el cual deberá tener una construcción a prueba de incendio; contener el mínimo de maderas y demás materiales combustibles, te-

ner un sistema de riego o de CO<sub>2</sub> y además tener extinguidos portátiles de CO<sub>2</sub> o de polvo químico seco.

Los tambores de 55 galones pueden almacenarse ya sea verticalmente, (sacando el contenido por medio de bombas individuales, colocadas dentro de las bocas grandes) o en forma horizontal (usando la válvula o grifo a prueba de goteo - para sacar el aceite).

Las grasas por lo general son almacenadas en forma vertical ya que su contenido se obtiene usualmente por medio de bombas o por medios manuales, con un cucharón o espátula.

Si se hace necesario almacenar algunos de los lubricantes a la intemperie debido a limitación de espacio dentro de la planta, se deberá tener especial cuidado para proteger los lubricantes de las condiciones climatéricas y de la humedad. Deberán almacenarse en forma horizontal y cubiertos cuidadosamente.

#### EQUIPOS Y METODOS DE LUBRICACION

En la lubricación se utiliza una gran variedad de equipos que van desde las simples herramientas para engrasar o para aceitar hasta llegar a complejos equipos automáticos. El conocimiento de estas herramientas y equipos es esencial para que se pueda ejecutar correctamente este trabajo.

La lubricación manual es el método más antiguo para la a-

plicación de lubricantes y uno que sigue siendo usado en gran escala y formas, inclusive hoy día.

Aceiteras de mano - tanto la antigua de salpique y la de bombeo manual se usan frecuentemente para aplicar aceite a las chumaceras o cojinetes. La aplicación manual de grasa se cumple por medio de las engrasadoras manuales. Estas importantes herramientas le permiten a usted aplicar una cantidad medida de grasa a una grasería vieja de entre las cavidades de lubricación de la máquina. La lubricación manual de grasa también se efectúa por medio de copas graseras atornillables. Ya que estos implementos están conectados directamente a la maquinaria, la grasa no tiene que ser forzada a través de orificios angostos - por lo tanto, no necesita de mucha presión para su aplicación.

La lubricación por Gravedad, que también se llama "Alimentación por Goteo", es un método de lubricación por el cual el aceite es alimentado gota por gota a las chumaceras o cojinetes individualmente o también a otras partes de la máquina. Mientras que la mayoría de las Aceiteras Gota-a-Gota operan continuamente, a no ser que se cierren manualmente, otras alimentan el aceite solamente cuando está funcionando la máquina. La mayoría de las aceiteras Gota-a-Gota tiene ventanillas transparentes que permiten ver la velocidad de flujo del aceite.

El flujo del aceite en algunos lubricantes a gravedad se -

controla por medio de válvulas de aguja o punzón, que pueden ser ajustadas para aumentar o disminuir la velocidad del flujo, otro tipo de Lubricador Gota-a-Gota es la Aceitera Mecha, en la cual un flujo constante de aceite pasa a través de una mecha, la punta de la cual está en contacto con la pieza que se está lubricando.

Otro método muy común de lubricación se llama Salpique o Baño. Una parte de la carcasa de la máquina sirve como depósito del aceite dentro del cual alguna pieza de la misma sumerge parcialmente. A medida que estas piezas se mueven salpican aceite a las piezas circundantes de la máquina. El nivel del depósito de aceite deberán mantenerse constantemente para asegurar un baño o salpique efectivo.

Similares a la lubricación por Salpique, existen las Lubricaciones por Anillo, Cadena y Collares que se usan frecuentemente en ejes giratorios horizontales, anillos o cadenas cuelga de los ejes y giran libremente sobre los mismos, mientras que los Collares están sólidamente adheridos a los ejes. Cada uno de ellos penetra al depósito de aceite y hace que éste suba hasta el eje, así como a cojinetes o chumaceras, a medida que gira.

Los lubricantes por líneas de aire son pequeños aparatos que se usan frecuentemente para la lubricación de herramientas neumáticas. Pueden estar colocadas directamente en la herramienta, en una pared cercana o en el cilindro

de aire al cual le dan servicio. En este método de lubricación, pequeñas cantidades de aceite son atomizadas y transportadas por chorros de aire a alta presión hasta llegar a las piezas de la máquina que deben ser lubricadas.

La cantidad de aceite que se alimenta está controlada por medio del tornillo de ajuste de alimentación en la parte superior del aparato.

La lubricación por Neblina de Aceite es un procedimiento relativamente moderno y se usa aire comprimido para atomizar el aceite de un depósito y llevarlo como Neblina por entre tubos hasta los cojinetes y engranajes. Se usan concentraciones de aceite, creando así una atmósfera saturada que lubrica los cojinetes. Al mismo tiempo, el aire que pasa ayuda a disipar el calor de la máquina.

Un lubricador de Alimentación Forzada consiste de una o más bombas impelentes montadas sobre un depósito de aceite. Y cada bomba alimenta el aceite a un cojinete o chumacera individual situada a cierta distancia o a una altura superior. Ya que no existe medio alguno para que el aceite regrese al depósito; la cantidad dentro de él deberá revisarse y rellenarse frecuentemente.

Los sistemas circulantes han sido diseñados para lubricar un número de piezas en una máquina y la presión se obtiene por medio de gravedad o por bombas. El aceite es alimentado continuamente a los cojinetes y engranajes y después --

vuelve a recircular a través del sistema.

Se recupera este aceite ya sea en un carter localizado dentro de la máquina o en un depósito cercano a ella.

Las fábricas que utilizan Sistemas Circulantes de Aceite casi siempre proveen algunos métodos para quitar los contaminantes que se depositan al cabo del tiempo. Normalmente se hace un lavado inicial del sistema con un aceite especial que se especifica cuidadosamente para cada uso. Cuando el aceite circula por entre el sistema repetidamente, pasa a través de filtros y centrífugas.

Los Sistemas de Lubricación Centralizados se diseñaron para dar aplicación ya sea de grasa o aceite en forma medida, a distintos puntos de lubricación desde un depósito y bomba central. En su forma más simple, consiste de una bomba manual que lubrica solamente unos pocos puntos. Los sistemas complejos funcionan automáticamente y dan servicio a un amplio número de máquinas dentro de la totalidad de varias fábricas.

Algunos sistemas de Lubricación Centralizado se conocen como "Sistemas Directos" en los cuales cada impulso de la bomba mide una cantidad específica de aceite que llega a todos los puntos de lubricación en el sistema. Otros se llaman "Sistemas Indirectos" y en éstos la bomba solamente entrega una cantidad de aceite o grasa al sistema y válvulas medidoras en cada punto de lubricación permiten el

paso de la cantidad exacta de lubricante que necesita cada rodamiento.

Obviamente, el trabajo del Técnico en Lubricación ya no es el simple acto de aplicar ocasionalmente unas gotas de aceite. Es un trabajo serio y las herramientas y materiales con -- complejos y variados. Cuando esté cumpliendo su trabajo -- agregando o cambiando lubricantes, debe hacerlo siguiendo un plan detallado y cuidadoso que le dice que tan frecuentemente y qué tanto deberá lubricar las piezas y partes de cada una de las máquinas. El no lubricar con suficiente -- cantidad puede causar problemas muy obvios... pero la sobre lubricación también puede ser evitada al regirse estrictamente a los estudios de lubricación. Debe tener confianza al saber que estos planes de lubricación han sido cuidadosamente preparados en base a las recomendaciones de los ingenieros que diseñaron la maquinaria.

Los Ingenieros de Mantenimiento usan los años de experiencia y entrenamiento que tienen, como también, la información detallada de los fabricantes de los equipos para elaborar sus recomendaciones. Estas forman parte del programa de lubricación y con muy buenas razones, porque la lubricación correcta puede evitar grandes pérdidas de tiempo, dinero y daños serios a la maquinaria industrial debido a la operación deficiente. Una cuidadosa selección de lubricantes es un ahorro al permitir inventarios más pequeños -- y simplificar los procedimientos de pedidos y almacenamiento.

Debido a que las recomendaciones en los estudios de lubricación reducen el tener que confiar en la memoria y simplifican los datos, le permite a usted servir más - como supervisor, permitiéndole estar alerta para cualquier situación inusitada que represente peligro para su valiosa maquinaria. En pocas palabras, usted podrá - trabajar a la máxima capacidad de sus habilidades en uno de los más importantes trabajos dentro del mantenimiento preventivo de su empresa "El Trabajo de Lubricación".

## 2.7. 1. ACEITES PARA CARTER

### 2.7.1.1. CLASIFICACION SAE POR VISCOSIDAD

La selección de un aceite de carter para ser utilizado en época de invierno deberá hacerse en la menor temperatura - Los números SAE por viscosidad, del cuadro siguiente, - constituyen una clasificación para Aceites Lubricantes de Carter, sólo en términos de viscosidad. - No se han considerado otras características de los aceites.

Estas recomendaciones prácticas SAE se han inventado para que los fabricantes de Motores las utilicen en la definición de los requerimientos de viscosidad para los aceites de sus máquinas y para que los productores de estos aceites los marquen de tal forma.

CLASIFICACION SAE POR VISCOSIDAD

PARA ACEITES DE CARTER EN S.S.U.

RANGO DE VISVOSIDADES

NUMERO VIS- COSIDAD SAE	(S.U.S.) A 0°F (-32°C)		(S.U.S.) A 210°F (98.8°C)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
5W	-	6.000	-	-
10W	6.000	12.000	-	-
20W	12.000	48.000	-	-
20	-	-	45	58
30	-	-	58	70
40	-	-	70	85
50	-	-	85	110

La selección de un aceite de carter para ser utilizado en época de invierno deberá basarse en la menor temperatura atmosférica anticipada.

Mientras que un aceite de carter para ser utilizado en verano deberá hacerse en la máxima temperatura que se espera para la temporada.

En algunos casos se considera que la viscosidad mínima a 0°F (-19°C) puede ser pasada por alto siempre y cuando la viscosidad a 210°F (39°C) no sea menor a 40 SUS ó 4.2 Centistokes.

Pero tenemos que hacer una consideración muy importante con respecto a la temperatura de operación ya que los problemas se presentan especialmente el momento de dar arranque a --

a los motores y que como la temperatura reinante en la máquina es igual a la del medio ambiente y si esta es tan baja que produce cambios en la Viscosidad del aceite lubricante, produce un incremento a la viscosidad de este generando problemas en la circulación dentro de los ductos o - al menos este flujo es más lento.

La clasificación se basa en las viscosidades determinadas a 210 y 0°F (99 y - 18°C). Los números de viscosidad que tienen la letra W están basados en la viscosidad a 0°F. - los demás en el valor tomado a 210°F. Un aceite de viscosidad múltiple, es aquel cuya viscosidad a 0°F cae en el - rango prescrito para clasificación con W y la viscosidad - a 210°F, en cualquiera de los otros valores.

ACEITES PARA CARTER

TABLA I

2.7.1.2. RENDIMIENTO DE LOS ACEITES Y CLASIFICACION  
POR SERVICIO DE MOTORES

<u>DESIGNACION</u> (Principalmente para Motores a Gasolina)	<u>DESCRIPCION DEL SERVICIO</u>	<u>DESCRIPCION DEL ACEITE</u>
SA	Servicio útil en motores a gasolina y diesel	ACEITE MINERAL PURO
SB	SERVICIO MINIMO PARA MOTORES A GASOLINA	ACEITE INHIBIDOS
SC	SERVICIO EN GARANTIA PARA MOTORES A GASOLINA 1.964	1964 MS (REQUISITOS DE GARANTIA DE LOS FABRICANTES DE AUTOMOVILES).
SD	SERVICIO EN GARANTIA PARA MOTORES A GASOLINA 1.968	1968MS (REQUISITOS DE GARANTIA DE LOS FABRICANTES DE AUTOMOVILES).
SE	SERVICIO EN GARANTIA PARA MOTORES A GASOLINA 1.972	BASICAMENTE SD PERO CON ESTRUCTOS REQUERIMIENTOS ANTIOXIDANTES A ALTAS TEMPERATURAS.
SF	SERVICIO EN GARANTIA PARA MOTORES A GASOLINA 1.980.	ACEITES CON SUPERIORES PROPIEDADES ANTIDESGASTE Y DE RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS.

ACEITES PARA CARTER

TABLA II  
RENDIMIENTO DE LOS ACEITES Y CLASIFICACION  
POR SERVICIO DE MOTORES

<u>DESIGNACION</u>	<u>DESCRIPCION DEL SERVICIO</u>	<u>DESCRIPCION DEL ACEITE</u>
(PRINCIPALMENTE PARA MOTORES A DIESEL Y COMERCIALES). CA	SERVICIO LIGERO EN MOTORES A DIESEL	CUMPLE LA ESPECIFICACION MIL-L2104A
CB	SERVICIO MODERADO EN MOTORES DIESEL	CUMPLE LA ESPECIFICACION MIL-L2104A SUPLEMENTO 1
CC	SERVICIO MODERADO EN MOTORES A DIESEL Y GASOLINA	CUMPLE LA ESPECIFICACION MIL-L-2104B
CD	SERVICIO SEVERO EN MOTORES DIESEL	CUMPLE LA ESPECIFICACION MIL-L-45199 Y LA CATERPILLAR SERIE 3.

## 2.7.2. LUBRICANTES PARA EJES Y TRANSMISION

### 2.7.2.1. CLASIFICACION SAE POR VISCOSIDAD

Este sistema fue adoptado en octubre en 1.972 por la SAE. Desde Marzo 31 de 1.974 constituye la única referencia para clasificar estos aceites.

#### VISCOSIDADES SAE PARA LUBRICANTES DE TRANSMISION Y DIFERENCIAL EN S.S.U.

NUMERO VIS COSIDAD -- SAE	TEMP. MAXIMA PARA VISCOSIDAD DE 150,000 c P.	VISCOSIDADES A 210°F (99°C)	
		Mínimo	Máximo
75W	-40°F (-40°C)	40	-
80W	-15°F (-26°C)	49	-
85W	más 10°F (-12°C)	63	-
90	-	74	120
140	-	120	200
250	-	200	-

Los principales cambios con relación al sistema antiguo -- son, la introducción de un GRADO NUEVO (85W) y la MODIFICACION de los grados 75, y 80 a 75W y 80W mediante la revisión de los límites para bajas temperaturas. Los grados 90, 140 y 250 permanecen iguales.

### 2.7.2.2. CLASIFICACION API POR SERVICIO

El Instituto Americano de Petróleo (API) ha desarrollado un grupo de SEIS DESIGNACIONES DE SERVICIO.- Cada número satisface un servicio más sèvero que su inmediato inferior.

Para servicio automotriz moderado en engranajes helicoidales cónicos y sin fin, y ciertas transmisiones manuales. - Los aceites minerales puros trabajan satisfactoriamente. - Para mejorar en servicio pueden añadirse inhibidores de corrosión y oxidación, antiespumantes y depresores del punto de congelación. No son necesarios los agentes de Extrema Presión y Modificadores de Fricción.

#### API - GL - 2

Para servicio automotriz en engranajes sin fin que operan con cargas, temperaturas y velocidades de deslizamiento tales que los lubricantes API-GL-1 no las satisfacen.

#### API - GL - 3

Para servicio de engranajes helicoidales cónicos y transmisiones manuales bajo cargas y velocidades moderadamente severas, donde los lubricantes API-GL-1 no son adecuados.

#### API - GL - 4

Este servicio es característico de engranajes automotrices particularmente HIPOIDALE operados bajo condiciones de alta velocidad - bajo torque y baja velocidad - alto torque.

#### API - GL - 5

Este servicio es característico de engranajes automotrices particularmente HIPOIDALES operados bajo condiciones de alta velocidad - cargas de choque; alta velocidad bajo tor--

que y baja velocidad - alto torque.

### API - GL - 6

Este servicio es característico de engranajes automotrices específicamente HIPOIDALES DE ALTA COMPENSACIÓN operados bajo condiciones de alta velocidad y rendimiento.

### 2.8. SISTEMA DE VISCOSIDADES PARA LUBRICANTES INDUSTRIALES FLUIDOS (ASTM D-2422-68)

<u>Número de Viscosidad</u> <u>Valores nominales a</u> <u>100°F (37,8°C)</u>		<u>Variaciones Standard</u> <u>de Grados de Viscosidad</u> <u>cSt a 100°F (37,8°C)</u>		<u>Grado ISO</u> <u>Viscosidad</u> <u>(40°C)</u>
<u>CENTISTOKES</u> <u>(cSt)</u>	<u>S U S</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>	
1500	7000	1350	1650	ISO VG 1500
1000	4550	900	1100	ISO VG 1000
680	3150	612	748	ISO VG 680
460	2150	414	506	ISO VG 460
320	1500	288	352	ISO VG 320
220	1000	198	242	ISO VG 220
150	700	135	165	ISO VG 150
100	465	90	110	ISO VG 100
68	315	61,2	74,8	ISO VG 68
46	215	41,4	50,6	ISO VG 46
32	150	28,8	35,2	ISO VG 32
22	105	19,8	24,2	ISO VG 22
15	75	13,5	16,5	ISO VG 15
10	60	9,0	11,0	ISO VG 10
7	50	6,12	7,48	ISO VG 7
5	40	4,14	5,06	ISO VG 5
3	36	2,88	3,52	ISO VG 3
2	32	1,98	2,42	ISO VG 2

### 2.9 CLASIFICACION DE LAS GRASAS LUBRICANTES

El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI) tiene establecido un sistema de Clasificación, para la mayoría de las grasas, el cual actualmente es aceptado por produc-

tores y consumidores de lubricantes. La Asociación Americana de Estandarización (ASA), también ha aprobado esta clasificación como ASA Designación Z11. 130-1963.

Este sistema está basado en la Penetración Trabajada, debido a que este valor tiene mayor significación que PENETRACION NO TRABAJADA, para las grasas cubiertas por esta clasificación.

Grado NLGI ASTM TRabajada (60golpes) Penetración a 77°F

000	445 - 475
00	400 - 430
0	355 - 385
1	310 - 340
2	265 - 295
3	220 - 250
4	175 - 205
5	130 - 160
6	85 - 115

Se define como PENETRACION, la profundidad en décimas de milímetro; que un cono standar penetra en la muestra bajo condiciones prescritas de peso, tiempo y temperatura. "MIENTRAS MAS ALTO ES EL VALOR DE PENETRACIÓN MAS SUAVE ES LA GRASA".

El término TRABAJADA, indica que la grasa lubricante ha sido sometida a la acción deslizante de un émbolo en el llamado trabajador standard de grasa.

2.10. ANALISIS DE ACEITES USADOS

Entre las razones principales para analizar aceites usados, tenemos los siguientes:

- Determinar la conveniencia del aceite usado como lubricante.
- Determinar la vida útil de este lubricante.
- Detectar problemas mecánicos en ambiente de operación.

Por ejemplo en un gran motor diesel de baja velocidad que requiere de grandes cantidades de aceite para su funcionamiento, el personal de mantenimiento y de operación debe tener no sólo en cuenta las condiciones del aceite por su valor en sí, sino dar mayor énfasis al análisis físico de éste para poder descubrir los primeros síntomas de problemas en la unidad, siendo este último lo más importante ya que requiere no solamente el conocimiento en si de cuál es el intervalo óptimo entre cambios de aceite para su equipo móvil y también determinar si sus programas de mantenimiento son adecuados para el ambiente en que se desenvuelven sus maquinarias; sino también debe tener conocimiento cabal de la máquina y lo más importante tener experiencia en equipos para poder establecer que tipo de falla se va a producir ya que dentro de la planta únicamente se pueden hacer análisis óptimos, de consistencia del lubricante y podríamos contemplar hasta el análisis subjetivos de composiciones químicas, pero siendo esta la fase inicial debemos al presentarse alguna característica anormal el recurrir a los laboratorios que podrían justificarse en plantas

grandes o de otra manera a laboratorios particulares especializados que nos permitan diagnosticar posibles fallas que se han producido en operación que sería una práctica verdaderamente técnica para realizar un verdadero mantenimiento del equipo ya que pueden darse dos casos:

Que detecta la falla por eliminación ejemplarizando elementos metálicos no aditivos presentes en el aceite si es de fácil solución corregir inmediatamente de acuerdo a las conveniencias o considerado como mantenimiento preventivo menor. Si esta corrección trae alguna complicación de tiempo el programa de mantenimiento que se lo podría considerar dentro del mantenimiento correctivo sistemático.

Esta información que nos puede entregar los análisis de laboratorio serán una ayuda valiosísima para poder diagnosticar posibles fallas y preveyendo éstas tomar las medidas correctivas necesarias que podríamos considerarlas dentro de la práctica diaria y la aplicación en el mantenimiento de equipos.

En el laboratorio se pueden realizar dos tipos de análisis:

#### 2.10.1. ANALISIS GENERAL

El mismo que comprende pruebas físicas, químicas así como observaciones visuales.

Por medio del análisis, se puede llegar a determinar la vida útil del aceite, lo mismo que establecer problemas derivados de la presencia de agua, dilución por combustibles,

operación a altas temperaturas, presencia de contaminantes externos entre otros.

#### 2.10.2. ANALISIS ESPECTROGRAFICO

Por medio del espectrómetro de absorción atómica se puede establecer de un modo preciso y rápido el tipo y nivel de contaminación con diferentes metales que se hallen presentes en un aceite usado.

La presencia de estos metales y sus concentraciones varían según la marca y tipo de motores.

La identificación de estos residuos inorgánicos proporciona a menudo datos útiles para poder corregir problemas operacionales.

Algunos fabricantes de motores han establecido máximas concentraciones de metal, basándose en la experiencia obtenida a través de sus observaciones anteriores. Estos límites no se pueden aplicar a otros motores debido a las características de funcionamiento y a la metalurgia de los diferentes elementos utilizados en su construcción.

#### 2.10.3. VENTAJAS DEL ANALISIS DE ACEITES USADOS

Este tipo de análisis es de mucha importancia dentro de un programa de mantenimiento preventivo, pues por si solos - y sin necesidad de una constatación física de las partes - indican la presencia y grado de desgastes en determinadas

áreas, pudiendo con ello establecer acciones correctivas e inmediatas de ser del caso a la detección de los problemas.

La utilización de un apropiado programa de análisis puede ofrecer muchos beneficios potenciales a cualquier planta industrial:

- Reducción del tiempo muerto de maquinaria.
- Aumento de la disponibilidad.
- Extensión de intervalos y eliminación de revisiones innecesarias.
- Reducción de costos de mantenimiento gracias a una mejor planificación de equipo, trabajo y materiales.
- Eliminación o reducción del equipo de reserva y sus requerimientos al inventario.
- Respaldo para poder extender la vida útil de los aceites en sus muchas aplicaciones.

Para realizar cualquier ensayo o análisis es indispensable el obtener muestras representativas de los aceites usados para su análisis.

## 2.11. CONDICIONES QUE LIMITAN LA VIDA DE LOS LUBRICANTES

Las causas principales que limita la vida de los lubricantes son la contaminación y la degradación.

Felizmente se requiere de pocos ensayos para determinar si el aceite usado está en condiciones de seguir en servi

cio observando la lista de ensayos básicos para aceites usados en motores a diesel o gasolina, encontramos que la mayoría de pruebas son de uso común a los dos tipos de contaminación derivadas del combustible.

### CONTAMINACION

En los aceites usados de carter comunmente encontramos agua, polvo, combustible, y metales debido al desgaste; si se observa un adecuado manejo del lubricante la contaminación debe reflejar la condición y el trabajo del motor.

La contaminación con agua comunmente provienen de chaquetas rajadas o sellos y empaquetaduras en mal estado. El agua también se puede condensar de los gases de la combustión cuando la temperatura de las chaquetas es muy baja o la máquina opera en períodos muy cortos y con poca frecuencia.

Filtros de aire defectuosos o aberturas externas en la toma de aire pueden ocasionar la entrada de polvo circundante.

Este material es sumamente abrasivo y promueve el desgaste del motor lo cual puede ser catastrófico en áreas donde prevalecen atmosferas cargadas de contaminación. La dilución es causada comunmente por sobre alimentación de combustible y por inyectores defectuosos o que gotean. Tuberías sueltas o rotas pueden ocasionar fuerte dilución.

La dilución excesiva reduce seriamente la viscosidad del aceite y elimina su capacidad lubricante.

Una mala combustión produce humos en el escape y ollín que contamina el aceite haciéndolo negro. Los aceites modernos normalmente dispersan bien el carbón, manteniéndolo sin que ocasione efectos peligrosos.

Sin embargo la contaminación con agua puede causar un lodo carbonoso aún cuando la capacidad de dispersión del aceite no haya sido excedido. El desgaste de las partes móviles de un motor en servicio bajo condiciones ordinarias es lento y gradual que continúan a través de la vida de éste; pero si tenemos la presencia de contaminantes con agua, salvo la dilución del lubricante por combustible este desgaste se acelera acortando gradualmente la vida útil de este motor.

#### DEGRADACION

A más de la acumulación de contaminantes, los aceites para carter también están sujetos durante el servicio a los efectos del aire y las altas temperaturas, las mismas que presentan un medio muy favorable para que se produzca la oxidación, dando como resultado un incremento en la viscosidad por los elementos extraños que forman lodos y producción de humo en la combustión.

Los productos ácidos de los gases de la combustión juegan un papel significativo en la degradación de los lubricantes

ya que además promueven al mismo tiempo la corrosión metálica.

## 2.12. CONCLUSIONES

Hemos llegado a un punto en el cual diríamos que para el ingeniero mecánico es importante conocer las características físico-químicas de los lubricantes para poder tener suficientes elementos de juicio que le ayudarán en la aplicación y el cumplimiento en forma óptima de la función de lubricación. Asimismo el conocimiento de los análisis a los cuales pueden ser aplicados tanto los lubricantes sin uso como los usados nos permitirán dar un apoyo valedero en su aplicación como en la prevención de fallas de la maquinaria encomendada; poniendo mayor énfasis en la ventaja de operabilidad del equipo y el ahorro de recursos económicos en el uso de la información que nos entregarán los análisis espectrográficos, siendo estos de gran ayuda en una aplicación técnica de los programas de mantenimiento preventivo.

### CAPITULO III

#### MANTENIMIENTO

El mantenimiento tiene como objetivos primordiales el maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipos para la producción, preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro, pero además conseguir estas metas en la forma más económica posible y a largo plazo.

Estos objetivos están lógicamente apuntando hacia la consecución de los fines para el cual fue creada la empresa.

Cualquiera que fueran los fines de una empresa esto no puede mantenerse operando indefinidamente si no obtiene utilidades y es precisamente hacia donde se apunta el mantenimiento ya que si este está bien organizado, apoyando, con permitir y conservar las unidades de producción en un estado de eficiencia máxima.

Es importante la organización para lo cual debemos conside

rar que es indispensable la estructuración dentro de la empresa, de un departamento que cumple con estos fines, la magnitud o tamaño de este departamento deberá estar acorde con el tamaño de la empresa.

Otro punto importante de tomarse en cuenta es que siendo este departamento parte de una organización y a medida que esta crece se forma más compleja, es de importancia crucial que la información fluya con facilidad entre los distintos elementos de la empresa que deberá ser de transmisión y recepción es decir en los dos sentidos; esta forma de comunicación en las empresas industriales toma la forma de pedidos, ordenes, sugerencias, planes, objetivos, instrucciones, registros, solicitudes, esta forma de comunicación no sólo aglutina a las diversas unidades del departamento de mantenimiento sino también vincula a los demás departamentos y a la organización en general, lo cual permitirá que se coordinen las actividades y funciones que realiza la organización para conseguir sus funciones.

Si no hay comunicación no puede existir una organización - no sucederán acciones. Aún cuando se hayan trazado planes determinados propósitos, contratado personal y establecido las instalaciones, nada ocurrirá si aquella no existe. La delegación de autoridad, la aceptación de responsabilidades y una estructura orgánica eficaz por medio de la comunicación es la fuerza que la hace explotar y poner en movimiento a toda una organización.

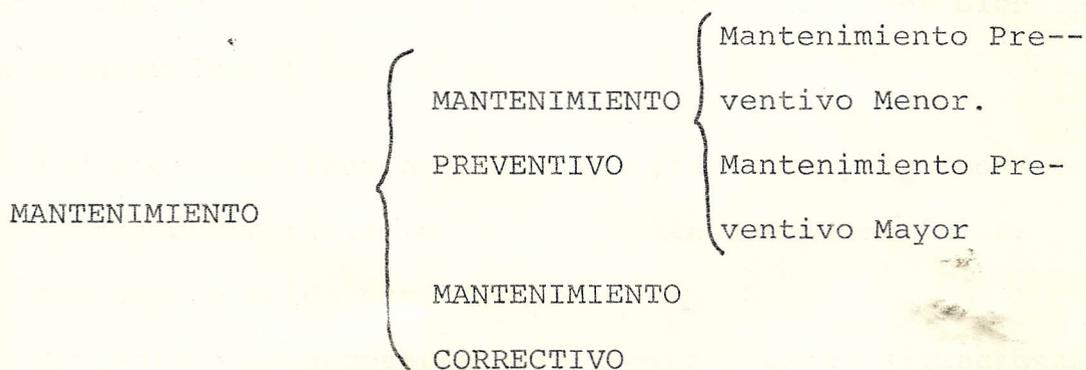
Las funciones que deberá cumplir este departamento son:

- Seleccionar y adiestrar a personal calificado que llevará a cabo los distintos deberes y responsabilidades de las funciones proporcionando reemplazos de trabajadores calificados.
- Planear y programar en forma conveniente la labor de mantenimiento.
- Conservar, reparar y revisar máquinas y equipos de producción, herramientas y mantenimiento en buen estado operativo.
- Revisar las especificaciones estipuladas para la adquisición de nuevas maquinarias para asegurar que estén de acuerdo con las ordenanzas de mantenimiento.
- Escoger y proveer a la aplicación en los plazos requeridos de los lubricantes necesarios para la maquinaria y equipos.
- Preparar estadísticas para su incorporación a los procedimientos y normas de mantenimiento.
- Solicitar herramientas, accesorios, piezas especiales de repuesto para maquinaria y en fin todo el equipo necesario para efectuar con éxito la función.
- Preparar a base de las características de consumo y desgaste partes de reserva de maquinarias y equipos a la vez controlar el programa de conservación de parte de repuestos y material utilizado en mantenimiento.
- Dar los parámetros y establecer el punto óptimo en el

cual un equipo o maquinaria deben ser reemplazados.

### TIPOS DE MANTENIMIENTO

Dentro de esta técnica se puede definir algunas clases de mantenimiento que son aplicaciones como en pequeñas em--presas o fábricas, realizándose esta aplicación de acuer--do a la complejidad y el tipo de trabajo a realizarse en cada uno de ellos:



#### 3.1. MANTENIMIENTO

El mantenimiento preventivo puede ser definido como la --conservación planeada de fábrica y equipos, producto de --inspecciones periódicas que descubren condiciones defec--tuosas.

Su finalidad es la de reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva, resultantes de negligencias.

No debería permitirse que ninguna máquina o equipo llegue hasta el punto de falla fórtuita.

Debidamente dirigido el mantenimiento preventivo es un --

instrumento de reducción de costos que ahorra a la empresa dinero en conservación y operación.

Independientemente de el tamaño o complejidad de los equipos deberá establecerse un programa de aplicación de mantenimiento para evitar desperdicios de personal u omisiones en la inspección que a lo largo puedan llegar a ser costosas.

Este programa de mantenimiento preventivo para ser bien intencionado deberá concluir:

- Inspección periódica de las instalaciones y equipos para descubrir situaciones que puedan averiguar fallas o una depreciación perjudicial.
- Mantenimiento necesario para remediar estas situaciones antes de llegar a revestir gravedad.
- Análisis periódicos de los aceites usados para llegar a establecer posibles síntomas de fallas.

El mantenimiento preventivo apoya en una gran medida a bajar los costos de producción por lo siguiente:

- Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por daños.
- Mejor conservación y duración de capacidad y maquinaria por no haber necesidad de reparaciones antes del tiempo previsto.
- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabaja-

dores de mantenimiento como resultado de laborar con un programa pre-establecido en lugar de hacerlo inapropiadamente para componer desarreglos.

- Menor reparaciones en gran escala ya que son prevenidos mediante reparaciones oportunas y rutinarias.
- Menor costo por concepto de compostura. Cuando una parte falla en servicio, suele hechar a perder otras piezas y con ello aumenta mucho más el costo de reparación. Una atención previa a que se presenten averías reduce los costos.
- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios como producto de óptima condición del equipo.
- Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerado, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo o bien el reemplazo de maquinaria.
- Mayores condiciones de seguridad.

### 3.1.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENOR

Dentro de este tipo de mantenimiento podríamos considerar todas aquellas tareas rutinarias de inspección que le permitirán al equipo operar en la mejor forma posible evitando fallas producidas por negligencia u olvido.

### 3.1.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAYOR

Este tipo de mantenimiento son inspecciones ya no rutina--

rias porque incluye un trabajo de un equipo de personal, el mismo que tendrá un mayor y pleno conocimiento de la máquina y experiencia, ya que en este caso estamos chequeando - límites de desgaste, algunas que no son de mayor conocimiento hará el personal <sup>no</sup> calificado y sin experiencia.

Dentro de este tipo de mantenimiento también podríamos considerar aquél que luego de un análisis de laboratorio de aceite usado, cuyos receptores denotan ciertas irregularidades en cuanto a materiales disueltos en estos aceites y -- que aún cuando las partes tengan que estar compuestos de -- estos metales no hayan llegado a los límites permitidos -- nos dan una clara idea de el excesivo desgaste al cual está sujeto el mismo que nos da la iniciativa de poner mayor énfasis en estas condiciones que se están produciendo en operación para efectuar los ajustes o cambios necesarios, evitando de esta manera que esta o estas partes lleguen - al límite y fallen produciéndose los costosos paros y su reparación consiguiente.

Ponemos especial énfasis en este aspecto por cuanto si conocemos la composición del aceite que se está utilizando - podría ser un mal diagnóstico de el tipo de lubricante o que el material que constituye la parte refinada no es - buena calidad.

### 3.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento realmente se lo debe aplicar -

luego de producida una falla o paro, no obstante con los - informes del mantenimiento preventivo podemos llegar a establecer cierta necesidad de la aplicación de este mantenimiento ya que si se producen cambios repentinos de una -- parte en el mantenimiento preventivo que no se la pueda -- considerar normal ya que se está produciendo desgaste excesivo de ésta, es lógico que se debe determinar cual es la causa de esto y que corrección se la puede implementar, - siendo de esta manera también una forma de llegar al ahorro hora de una planta industrial la aplicación de este.

Las labores a aplicarse en cada uno de estos tipos de mantenimiento son diversas ya que dependen del tipo de maquinaria a la que se desea aplicar, al tipo de trabajo al que esta sujeto y aún las condiciones ambientales en las que se encuentra operando.

Por lo expuesto es necesario particularizar a una máquina específica la misma que la describimos brevemente a continuación para luego establecer un programa de mantenimiento y su control por medio del computador.

#### EJEMPLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como preámbulo inicial debemos indicar que se trata de una planta de generación de energía eléctrica, la misma que es tá equipada con motores MAN MITSUBISHI de velocidad medio es decir 300 RPM para mover generadores con una potencia - cada una de 5.7 MEGAWATIOS el número de grupos de genera--

ción es de 6 y los diagramas de los distintos sistemas utilizados se hallan en el apéndice.

Nos limitamos a establecer un programa de mantenimiento solo para los motores ya que la parte mecánica es mi mayor preocupación:

#### DATOS TECNICOS DEL MOTOR

##### Designación de tipo:

La designación de tipo del motor es V 40/54, una corta forma para:

V = Tipo vee

40 = Diámetro interior del cilindro en cm.

54 = Carrera en cm.

El número de cilindros en el motor se coloca de la designación de tipo. De este modo, será 18V40/54 la designación de tipo completo de un motor de 18 cilindros.

##### Descripción breve:

El motor V 40/54 es un motor Diesel de cuatro carreras de acción simple.

Los dos bancos de cilindro se arreglan para formar una V en un ángulo de 45 grados entre los bancos. El sistema de carga especial empleado con este motor responde de su economía excepcional debido al consumo de combustible extremadamente bajo.

### Bastidor del motor:

El bastidor del motor con base y colector de aceite es de fundición de pieza simple de hierro fundido especial.

La abertura en la cima de las secciones transversales del bastidor, provisto para instalación del cigüeñal, se conecta por los miembros transversales de acero que se mantienen en lugar por los tirantes desgastados que se extienden a través del caballete de cojinete.

Los pernos de muesca de guía que se extienden a través de las paredes del bastidor llegan también en los lados pequeños de los miembros transversales que prestan una rigidez adicional a la estructura de base.

Las grandes aberturas con tapas en las paredes laterales proporcionan el acceso libre al tren rodante y a los cojinetes. En un lado del motor, las tapas se equipan de las válvulas de alivio contra explosión que abren a presión excesiva en la caja del cigüeñal y cierran automáticamente.

### Cojinetes Principales:

Los cascos del cojinete apoyados de acero forrado de plomo bronce tienen la capa superpuesta electrodepositada en la superficie del cojinete. Uno de los cojinetes se diseña como cojinete de localización. Ambas caras extremas de los cascos de cojinete tienen el forro de cojinete de la misma manera que se describe arriba.

Las caras del cojinete axial que tienen un cojinete de empuje separado. Cada tapa de cojinete se mantiene por los dos pernos de arrastre.

### Bloque de cilindros

Un bloque de cilindros de una pieza de fundición se provee para cada banco.

Está rígidamente unido con el bastidor del motor por tirantes que alivian los esfuerzos de tensión en el bloque de motores que ocurren durante la combustión.

### Forros del cilindro

Los forros del cilindro son de hierro fundido especial, con muy buenas propiedades de fundibilidad, los cuales están rodeados del agua enfriadora, el collar superior siendo unido al bloque de cilindros por amolado de metal a metal. La junta hidráulica en la gúa inferior está sellada por tres anillos de goma permitiendo una expansión del forro.

### Cubierta del cilindro

Las cubiertas del cilindro para cada cilindro son de hierro fundido especial, conectadas con el bloque de cilindros por ocho pernos fornidos. Cada cubierta tiene dos entradas, dos salidas, una válvula de arranque y una de desahogo y además el inyector así como una válvula indicadora. El indicador está encerrado en una caja especial de modo que en caso de posible escape de combustible, sea prevenié

do una mezcla de aceite y combustible.

El espacio del agua enfriadora está formado y dispuesto a garantizar un eficaz traspaso de calor. Cubiertas grandes facilitan un acceso a todos los espacios de agua enfriadora.

### Cigüeñal

El cigüeñal es de una pieza forjada de acero de aleación. Cada brazo de cigüeñal tiene un contrapeso para conseguir un buen equilibrio de masas. El muñon y botón de cigüeñal son afilados y pulidos, pero no son endurecidos.

El cigüeñal está perforado para conducir el aceite lubricante desde el cojinete principal a los cojinetes de la biela. La rueda impulsora del árbol de levas en dos piezas en el lado de la toma de fuerza, está montada en el cigüeñal próximo a la brida de acoplamiento. Si es requerido, una extensión del árbol puede ser montada desde la extremidad libre del motor, desde donde parte del rendimiento puede ser llevada.

### Amortiguador de vibraciones

El amortiguador de vibraciones en el extremo libre del motor previene el desarrollo de las desviaciones vibraciones inadmisiblemente grandes en el cigüeñal cuando se exceda de velocidades críticas.

## Biela

La biela consiste de la biela principal y la secundaria es tá hallándose acoplada por un pivote-oscilante al alojamiento común de la cabeza (de la biela). Ambas bielas -- tienen un vástago de sección en "H". La biela principal y la secundaria pueden ser sacadas de su alojamiento (por ejemplo, al tirarse del émbolo) sin necesidad de desarmar el cojinete de cigüeñal. Los pernos de unión de la biela están hechos con material de tensión. Los dos semienvolventes de pared delgada del cojinete de cigüeñal y también el buje del pivote-oscilante de una sola pieza están forrados con bronce al plomo y revestidos con una delgada capa superpuesta en la misma forma que en los cojinetes - principales.

El buje del pasador del émbolo está forrado con bronce al plomo. Agujeros hechos en las manivelas de la biela condu ce el aceite lubricante a través de las válvulas de retina al cojinete del pasador del émbolo y a los espacios enfriado res del émbolo.

## Embolo

El émbolo de dos piezas consiste del faldón de aluminio - con propiedades de buena fundibilidad y la corona del émbo lo de acero muy resistente al calor y al desgaste.

El bloque de cilindros es rígido con el bastidor del motor por los tirantes que rebajan los esfuerzos de tensión en -

el bloque de motores que ocurren durante la combustión.

Ambas piezas se mantienen juntos por los pernos desgastados. Cuatro segmentos de émbolo y un anillo de la barra de aceite sellan el émbolo de entrehierro al forro. El pasador del émbolo es de tipo flotante y se ubica axialmente y se sella en el émbolo por los discos de aluminio. El émbolo se enfría por el aceite lubricante.

#### Accionamiento de la válvula

Los dos árboles de levas se asientan en los cojinetes con cabeza roscada en el bloque de cilindros y se accionan desde el cigueñal por las ruedas de engranaje. Las levas en el árbol de levas hacen funcionar las bombas inyectoras de combustible y a través de las varillas de empuje y los balancines de la válvula en la tapa del cilindro. Son ajustables las levas para el accionamiento de la bomba de inyección.

#### Válvulas

Las dos válvulas de admisión en cada tapa del cilindro se asientan directamente en la tapa del mismo.

de sellado para prevenir la corrosión.

### Sistema de combustible

Una bomba de suministro de combustible que se monta en el extremo libre del motor o se acciona eléctricamente extrae el combustible desde el tanque de servicio y lo descarga a través de un filtro doble a la bomba de inyección. La bomba de inyección, una para cada cilindro, es de diseño de émbolo y margen de control hélico. El inyector montado en la tapa del cilindro se enfría por agua.

### Sistema de lubricación

Todos los puntos de lubricación del motor se conectan al sistema de presión de alimentación de fuerza. Una bomba de aceite lubricante independientemente accionado fuerza al aceite lubricante a través de un filtro doble y un enfriador a los puntos de lubricación individuales.

El aceite derramado por los puntos de lubricación se recupera en la bomba de aceite. Las caras del cojinete de émbolo se lubrican por un lubricador de cilindro adicional que suministra pequeñas cantidades de alta calidad siempre de aceite lubricante fresco a los émbolos y segmentos del émbolo.

El accionamiento de la válvula en la tapa del cilindro que es estanco al aceite encajado por las tapas removibles de aleación de aluminio se conecta también al sistema de ali-

mentación forzada.

La presión de aceite para todos los cojinetes se ajusta por una válvula reguladora de presión.

#### Sistema de enfriamiento

Se enfrían por agua los forros de cilindros, tapas del cilindro y envolturas de la válvula de escape. Se prenden montados los enfriadores y bombas de agua refrigerante requeridos. Se suministra a través de los cojinetes principales el aceite lubricante para manivela y cojinete de pasador del émbolo como para enfriamiento del émbolo.

#### Sistema de arranque

El arranque se efectúa por el aire de presión, que se suministra a todos los cilindros de la fila izquierda. Las válvulas de arranque montadas en las cubiertas del cilindro son abiertas neumáticamente por válvulas de aire piloto las cuales son operadas por las levas de arranque sobre el eje de levas y las válvulas de arranque son cerradas por la fuerza del resorte.

#### Control de la velocidad

La cantidad del combustible entregada a los inyectores por la bomba inyectora de combustible es controlada automáticamente, dependiendo de la carga o la velocidad deseada respectivamente por el regulador Woodward. Este regulador --

controlará la velocidad manteniendola en cierto rango, que al ser sobrepasado acciona automáticamente el mecanismo de protección que desconecta de línea y lo apaga.

#### Control del motor

El equipo de control del motor está ubicado en el extremo libre del motor.

#### Turbo-alimentación del gas de escape

Tubo-alimentadores montados con motor sirven para emplear energías contenidas en los gases de escape del motor para aumentar el rendimiento. Los enfriadores de masa de aire introducido enfrían el aire de combustión que ha sido calentado durante la compresión.

#### Comprobaciones diarias

- Chequeo de nivel de lubricante
- Chequeo de nivel de tanque de combustible
- Chequeo de nivel de agua refrigerante
- Compruebe descarga de agua de escape de bomba de agua refrigerante.
- Compruebe el flujo de aceite lubricante del cilindro en el indicador del nivel.

#### CHEQUEO DE LAS 250 HORAS DE SERVICIO O 15 DIAS

- Chequeo y limpieza de filtros de lubricante
- Chequeo y limpieza de filtros de combustible y centrífugas

- Chequeo del grado de contaminación de lubricante y el contenido de agua, utilizando ensayos de masa caedisa.
- Drene el agua del receptor de aire a presión.

#### CHEQUEOS A 500 HORAS DE SERVICIO O CADA MES

- Con el diagrama compare la presión de encendido con los registros de aceptación.

#### CHEQUEOS A LAS 1000 HORAS DE SERVICIO O CADA DOS MESES

- Obtenga muestras representativas de aceite lubricante usado para los análisis de laboratorio.
- Compruebe si hay ligadura o pegadura del mecanismo de control de combustible.
- Chequeo de espacios libres de válvulas y collares de sujeción.
- Compruebe durante la cebadura la lubricación de los balancines.
- Mida la desviación del alma de manivela en el cigüeñal y entre a los registros de límites aceptables.
- Inspección de las ruedas de engranajes y mida el contragolpe del engranaje impulsor del árbol de levas.
- Inspección de levas de las válvulas de admisión y escape.
- Chequeo de bombas inyectoras de combustible desarme todo para inspección y compruebe los rodillos impulsores.
- Chequeo de válvulas de arranque, admisión y escape.
- Prueba de presión de inyectores de combustible.

CHEQUEOS A 2500 HORAS 26 SEMANAS O SEIS MESES

- Compruebe si hay emulsión de agua refrigerante.
- Compruebe todos los dispositivos de control, equipos de arranque, operación y seguridad.
- Limpieza de lubricadores de cilindros.
- Comprobación de todos los pernos de fundamento, aprieten correctamente.
- Chequeo si hay suciedad y escasa limpieza de especies de agua refrigerante en la culata del carburador y bastidor del motor.
- Compruebe durante la cebadura la lubricación de cojinetes
- Chequeo de émbolo y biela e inspección de cojinetes, medición de desgaste de forro, los émbolos y el espacio libre de segmento de émbolo con los registros aceptables.
- Chequeo de bombas de aceite lubricante, y de agua refrigerante y todos los auxiliares, condición de operación.

TRABAJOS A REALIZARSE CADA 7500 HORAS O UN AÑO

- Cambio de aceite lubricante
- Desmontar por completo todo el motor, limpieza y medición de desgaste a todas las partes móviles y reemplazo de ser necesario.
- Inspección de resorte de amortiguador de vibraciones y limpieza de el paso de aceite.

## REEMPLAZO DE EQUIPOS POR EDAD

Una de las funciones de el mantenimiento preventivo es el propósito de reemplazo de equipos por tiempo de uso para esta consideración tenemos que introducir un concepto que es el de la fiabilidad de los equipos.

## FIABILIDAD

Es en sí disponer de un margen grande de certeza en la operación de los equipos, es decir trabajar con éstos en condiciones operativas buenas durante un tiempo determinado.

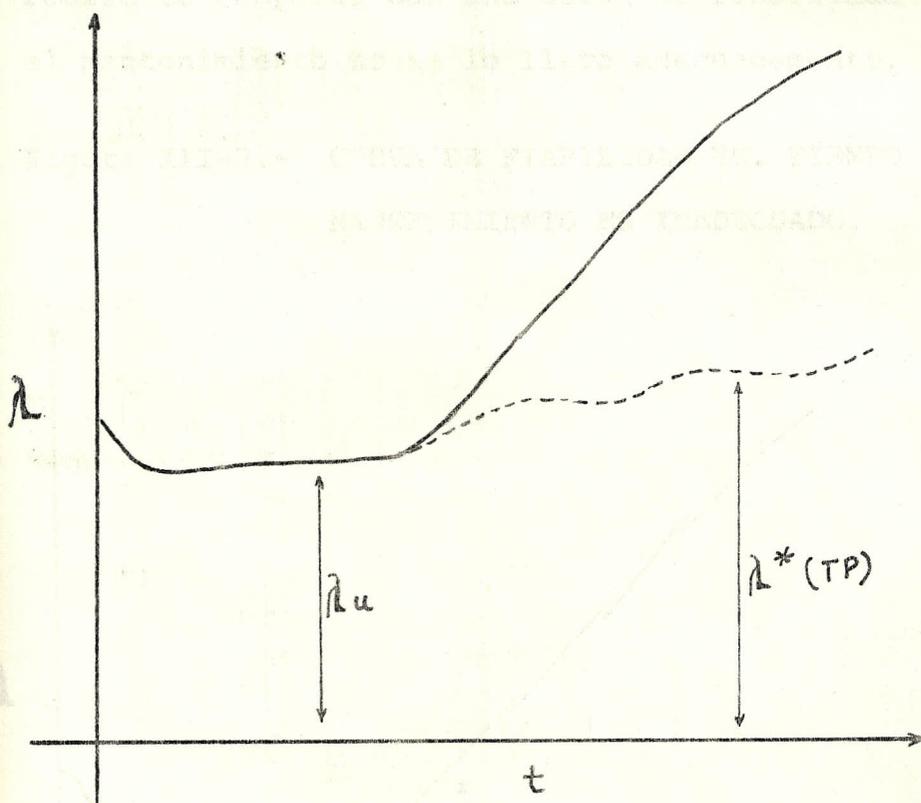
La fiabilidad de equipos puede ser incrementada substancialmente por medio de un mantenimiento preventivo cuando las unidades parcialmente gastadas son reemplazadas por unidades nuevas en períodos predeterminados de operación del equipo o unidad, de este modo también se previene las fallas de operación, se reduce la tasa de promedio de fallas, se reducen el costo de fallas y se aumenta la disponibilidad de los equipos.

Las fallas durante la operación pueden ser más caras que el mantenimiento preventivo ya que se interrumpe la operación en un instante no deseado y una pieza con falla pueda dañar a otras piezas adyacentes e inclusive dañar el equipo y dañar otros equipos. Por lo tanto muchas veces es e-

conómicamente ventajoso aplicar una política de reemplazo preventivo de partes si la fiabilidad diseñada de la máquina no es la adecuada para la vida propuesta de operación - del sistema en el que se la utiliza.

Podemos representar tentativamente de la fiabilidad versus el tiempo de operación.

Figura II-1.- CURVA DE FIABILIDAD VS. TIEMPO PARA UNA CORRECTA APLICACION DE MANTENIMIENTO.



$\lambda$  = fiabilidad del equipo (frecuencia fallas/hora)

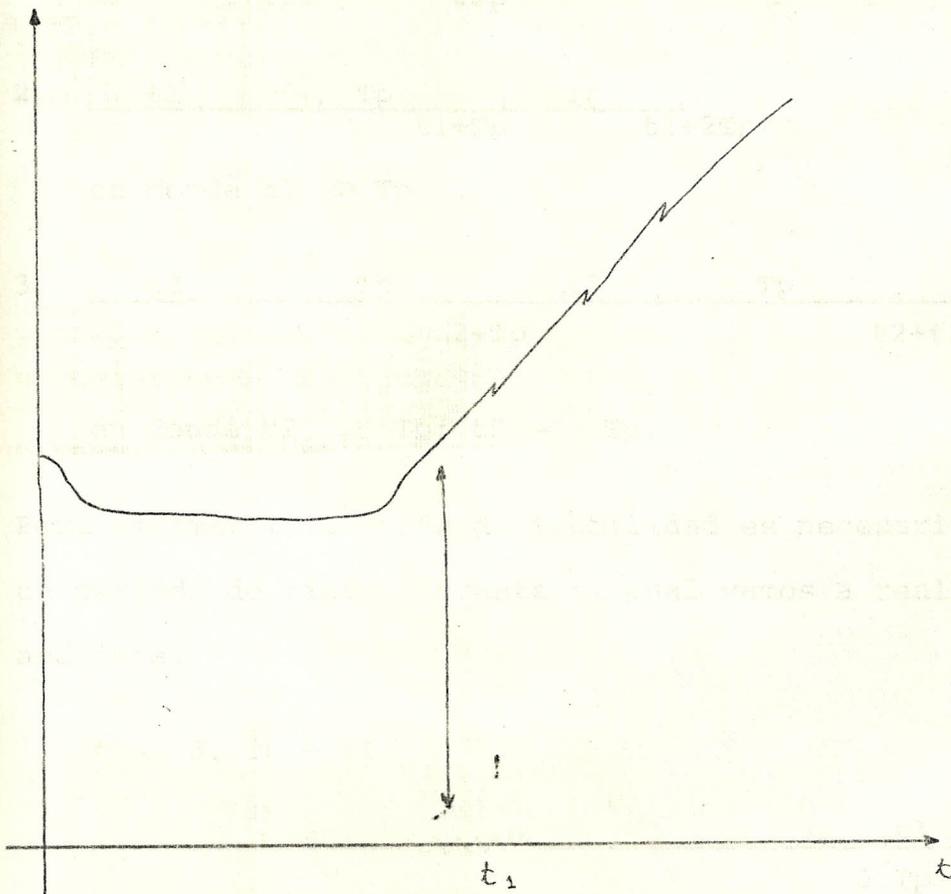
$t$  = tiempo de utilización del equipo

$\lambda_u$  = fiabilidad máxima ;

$\lambda^*(TP)$  = fiabilidad óptima con mantenimiento preventivo.

En la figura anterior estamos ilustrando el efecto del mantenimiento preventivo en la curva de fiabilidad y se observa que el reemplazo preventivo del equipo o partes que se desgastan, reduce el incremento incontrolable en la tasa de falla del equipo durante la vida útil, a un nivel más bajo  $\lambda^*$  (TP), aún cuando éste sea más alto que  $\lambda_u$  máximo. Podríamos comparar con una curva de fiabilidad en la cual el mantenimiento no se lo lleva adecuadamente.

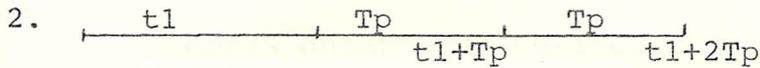
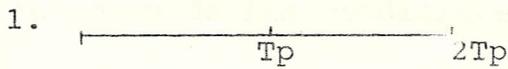
Figura III-2.- CURVA DE FIABILIDAD VS. TIEMPO EN QUE EL MANTENIMIENTO ES INADECUADO.



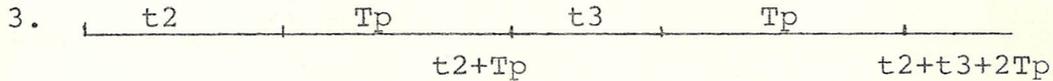
MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR REEMPLAZO DE EDAD

La fiabilidad del equipo puede incrementarse substancialmente por medio del mantenimiento preventivo o programado, - cuando las unidades parcialmente gastadas son reemplazadas por unidades nuevas en periodos predeterminados de operacion. De este modo se previene las fallas del equipo en operacion, se reduce la tasa promedio de falla, se reduce el costo de las mismas y se aumenta la disponibilidad.

Podríamos tener las siguientes situaciones:



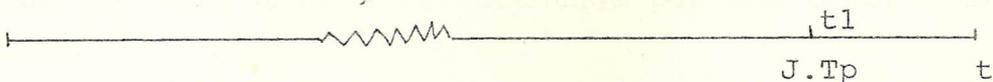
en donde  $t1 > Tp$

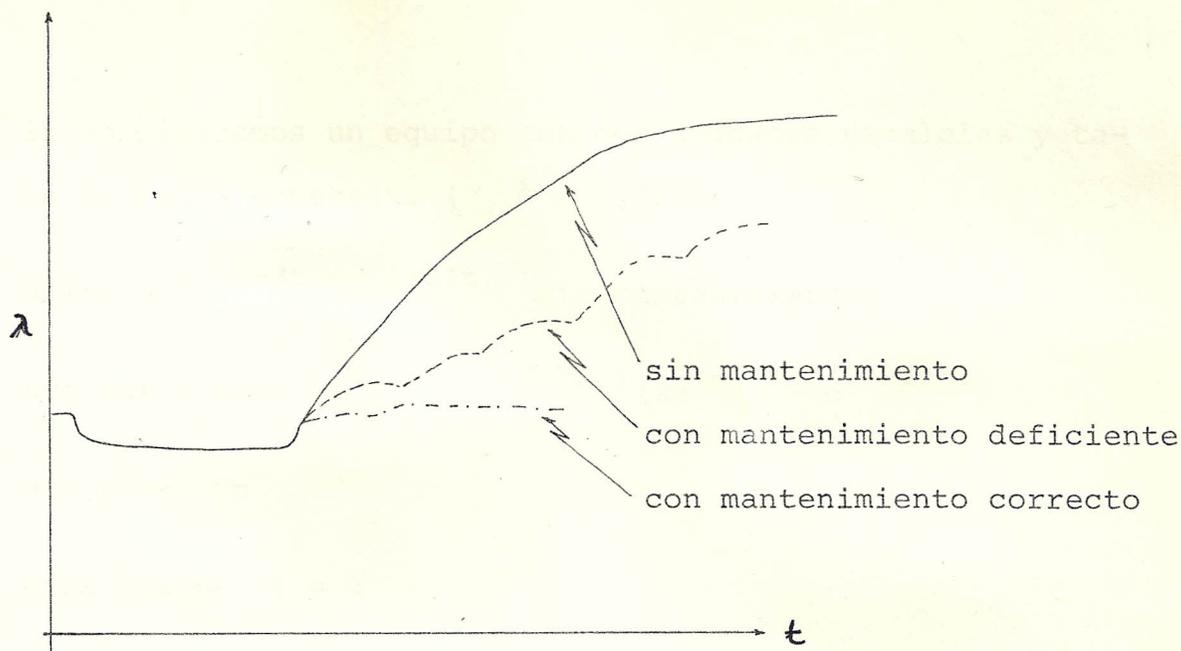


en donde  $t2 < Tp$ ;  $t3 < Tp$ .

Para estimar la función de fiabilidad es necesario definir un período de tiempo durante el cual vamos a realizar el análisis.

$t = J \cdot Tp + t1$





Los equipos tienen una tasa de falla que es característica de cada pieza o la operación de la misma haciendo la consideración de las condiciones de operación.

$R_{Tp}(t)$  = fiabilidad de un equipo con mantenimiento cada  $T_p$  horas durante un período  $t$ .

$R(t)$  = fiabilidad de un equipo sin mantenimiento durante un período  $t$ .

$$R_{Tp}(t) = R_{Tp}(j \cdot T_p + t_1)$$

$$R_{Tp}(t) = [R_{Tp}]^j \cdot R(t_1)$$

$MT_p$  = vida media de un equipo que experimente el manteni-- miento cada  $T_p$  horas.

$$MT_p = \frac{\int_0^{T_p} R(t_1) dt_1}{1 - R_{Tp}}$$

Por experimentación se ha, llegado a establecer que la fia- bilidad de equipos esta representada por una función expo- nencial:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R_{Tp}(t) = (e^{-\lambda T_p})^j (e^{-\lambda t_1})$$

Si consideramos un equipo con dos unidades paralelas y tasa de falla constante ( $\lambda = 0,01$ )

$$R(t) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t} \quad \text{sin mantenimiento}$$

$$RT_p(t) = (2e^{-\lambda T_p} - e^{-2\lambda T_p})^j (2e^{-\lambda t_1} - e^{-2\lambda t_1})$$

$$0 \leq t_1 \leq T_p$$

Para  $T_p = \infty \quad j = 0$

$$RT_p(t) = (2e^{-0.01 t_1} - e^{-0.02 t_1}); \quad 0 \leq t_1$$

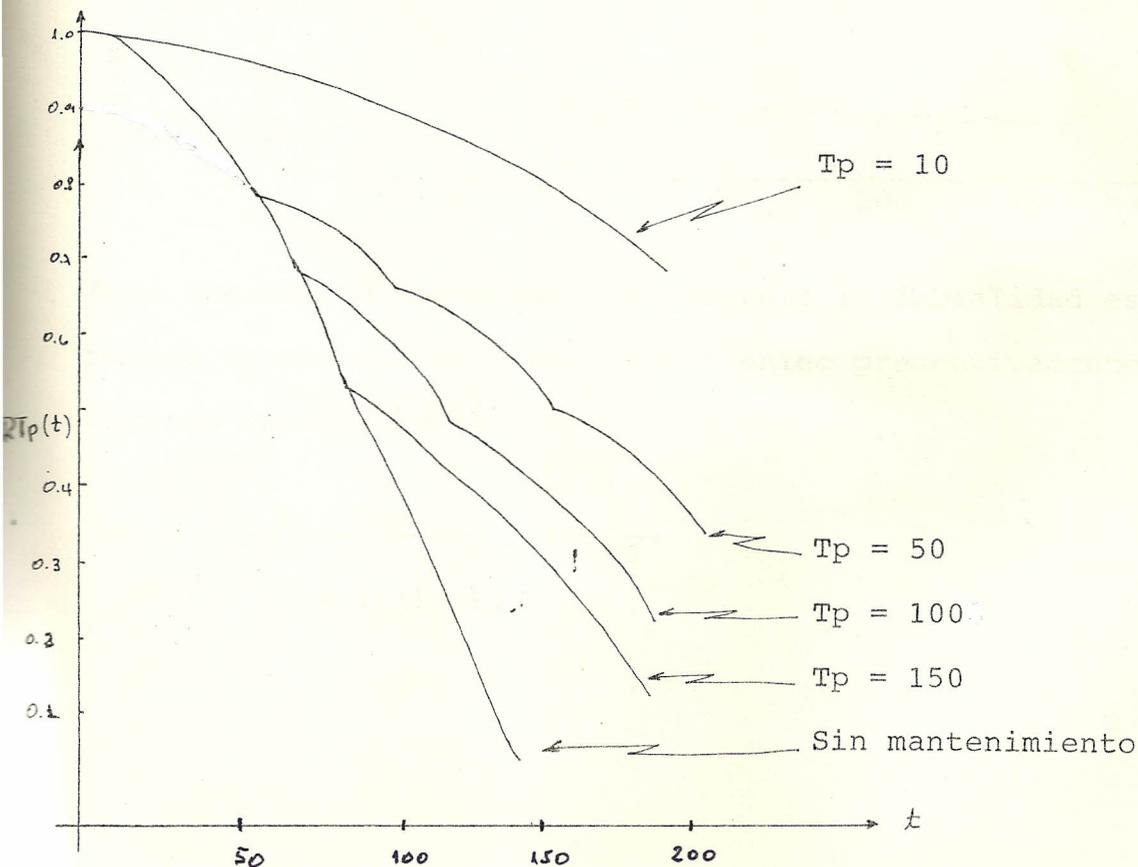
$T_p = 150$  horas

$$RT_p(t) = (2e^{-1.5} - e^{-3})^j (2e^{-0.01 t_1} - e^{-0.02 t_1})$$

$$j = 1, 2, 3; \quad 0 \leq t_1 \leq 150; \quad 0 \leq t$$

$T_p = 10$  horas

$$RT_p(t) = (2e^{-0.1} - e^{-0.2})^j (2e^{-0.01 t_1} - e^{-0.02 t_1})$$



$$MTP = \frac{\int_0^{T_p} (2e^{-0.01 t_1} - e^{-0.02 t_1}) dt_1}{1 - RT_p}$$

$$MTP = \frac{150 + 50 e^{-0.02 T_p} - 200 e^{-0.01 T_p}}{1 - 2e^{-0.01 T_p} + e^{-0.02 T_p}}$$

$$T_p = \infty ; MTP = 150 \text{ horas}$$

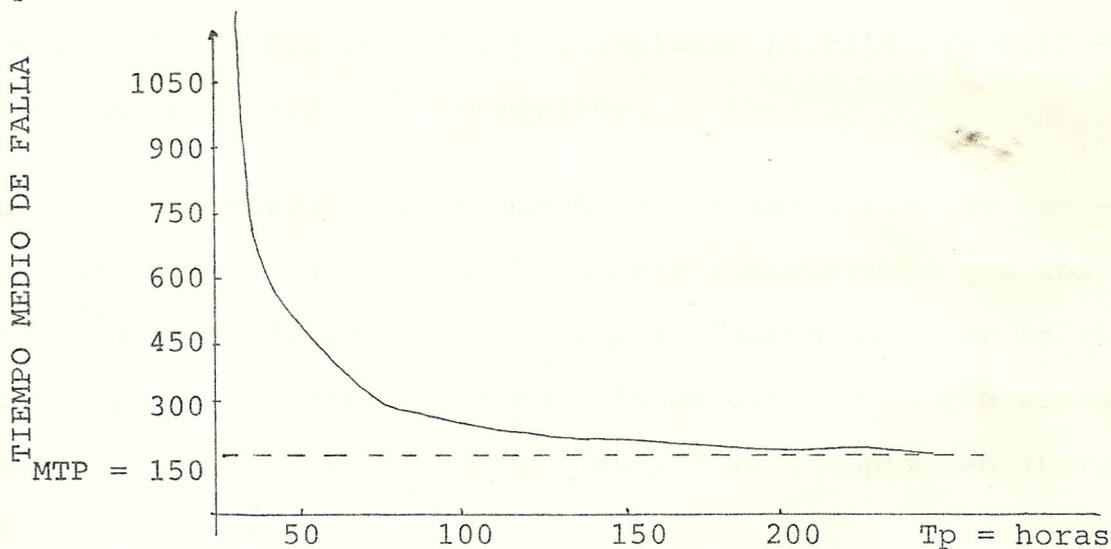
$$T_p = 150 ; MTP = 179 \text{ horas}$$

$$T_p = 100 ; MTP = 208 \text{ horas}$$

$$T_p = 50 ; MTP = 304 \text{ horas}$$

$$T_p = 10 ; MTP = 1097 \text{ horas}$$

$$T_p = 0 ; MTP = \infty$$



Para una unidad exponencial se calcula la fiabilidad estimativa de una unidad o equipo mantenido preventivamente se obtiene usando:  $[\lambda_e]$

$$\lambda_e = \frac{1 - RT_p}{\int_0^{T_p} R(t_1) dt_1} = \frac{1}{MTP}$$

Cuando un equipo se estima en términos de probabilidad asumida a la distribución Weibulliana la tasa de falla está dada por la función de fiabilidad de:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-v}{n}\right)^\beta}$$

#### DESGASTE REEMPLAZO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Otra de las condiciones válidas para mantenimiento es un análisis tomando como parámetro preponderante en económico el cual lógicamente tendrá que valerse de probabilidades para realizar estimaciones correctas. Los elementos de la teoría del desgaste y reemplazar permite predecir fácilmente la vida de los equipos.

Como es una consideración económica se establece que los costos tienen una tasa de incremento comprensible que nos permiten establecer el dinero que se deberá disponer en el momento de requerir una renovación de equipos ya que estos tienen una curva monótona creciente (va siempre en incremento).

Para este modelo de reemplazo de equipos deberemos disponer de:

CJ = costo de operación y mantenimiento en el período j.

A = valor inicial de compra =  $A_0$

Pj = valor residual del equipo al finalizar el período j-1

i = costo total promedio al finalizar el período j - 1

Las matemáticas y en particular las nociones de probabilidad permiten estimaciones muy correctas y fácilmente calculables. Siendo un tanto sorprendente la simplicidad de tales cálculos.

Los elementos de la teoría del desgaste y de los reemplazos permitirán comprender mejor la vida de los equipos.

Esta nueva forma de utilización de las matemáticas está inclinada a un tema de mucha importancia para quien tiene que realizar gastos y costear su producción, lo cual encaja perfectamente en toda industria ya que hace consideraciones de orden económico.

#### RENOVACION DE UN EQUIPO DADO UN DESGASTE NO ALEATORIO

Si disponemos de un equipo cuyo valor de compra es  $A$ , al cual en función del desgaste, debe ser objeto de gastos de mantenimiento y de reposición, ambos previsibles.

Normalmente son conocidos los gastos de instalación, mantenimiento y reposición  $C_1, C_2, \dots, C_n$  en que se incurre al final de un período, y los siguientes períodos hasta el  $n$ -ésimo período tomados de tiempos iguales. Si el equipo es reemplazado sistemáticamente a la expiración de  $n$  períodos, el costo total después de  $r$  reemplazos será:

$$CT = (A + C_1 + C_2 + \dots + C_n) + (A + C_1 + C_2 + \dots + C_n) + \dots + (A + C_1 + C_2 + C_n)r$$

Pero si las características  $A$  y  $C$  no son constantes,

sino que varían con el tiempo.

$$CT = (A_1 + C_{11} + C_{12} + \dots + C_{1n}) + (A_2 - C_{21} + C_{22} + \dots + C_{2n}) + \dots + \\ (A_r + C_{r1} + C_{r2} + \dots + C_{rn})$$

$$CT = \sum_{i=1}^r (A_i + \sum_{j=1}^n C_{ij})$$

El costo promedio por período será:

$$CTP = \frac{1}{nr} \quad CT = \frac{1}{nr} \sum_{i=1}^n (A_i + \sum_{j=1}^n C_{ij})$$

Pero debemos considerar que los costos tienen una tasa de incremento por consideraciones económicas y fácilmente comprensibles, tenemos que estos costos actualizados, considerando que los costos tienen una curva monótona es decir que van siempre e incrementando como  $C_1 < C_2 < C_3 < \dots < C_n$  y además considerando que los gastos se pagan al principio del período correspondiente, dándole a  $i$  la tasa de actualización (interés) del dinero, el costo total será:

$$CT = [A + C_1 + \frac{C_2}{1+i} + \frac{C_3}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^{n-1}}] +$$

$$[\frac{A + C_1}{(1+i)^n} + \frac{C_2}{(1+i)^{n-1}} + \frac{C_3}{(1+i)^{n-2}} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^{2n-1}}]$$

$$CT = \frac{A + \sum_{j=1}^n (a)^{j-1} C_j}{1-a^n} \quad \text{donde } a = \frac{1}{1+i}$$

Esta suma representa el monto que habrá que disponer en el origen del tiempo para reemplazar el equipo todos los  $n$  -

períodos durante un tiempo infinito.

Debemos buscar el mínimo de esta expresión, el mismo que deberá tomar como regla el "No reemplazo del equipo sino hasta que el costo del período siguiente sea mayor que la suma ponderada de los gastos ya efectuados", lo cual traducido a fórmula tendremos:

$$C_{n+1} \geq \frac{A + C_1 + C_2 a + C_3 a^2 + \dots + C_n a^{n-1}}{1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1}}, \text{ donde } a = \frac{1}{1+i}$$

Debemos además considerar que los equipos al final de un período cualquiera tiene un valor residual en el que podría ser vendido el momento que consideramos conveniente por su excesivo costo de mantenerlo en operación.

$p_j$  = precio de reventa al final del período  $i$ .

$$CT = n(A_0)i + \sum_{j=i}^n C_j (1+i)^{n-1} + \sum_{J=1}^n P_j [1 - (n-j)i]$$

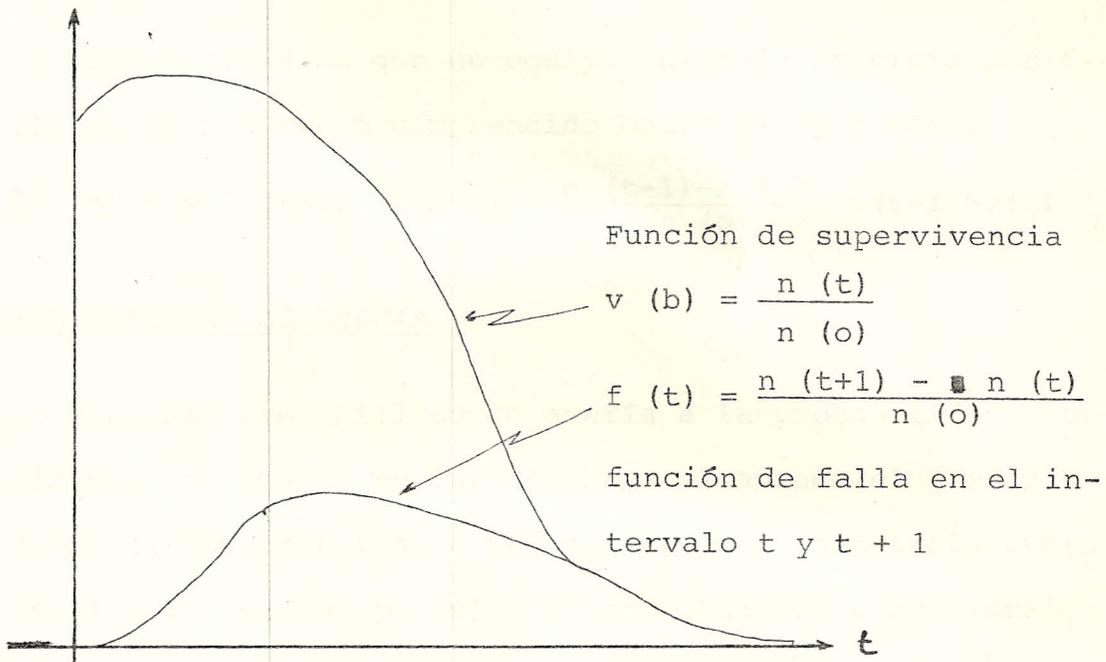
Costo medio por año para un equipo considerado  $n$  años será:

$$CT_n = (A_0)i + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_j (1+i)^{n-1} + \frac{1}{n} \sum_{J=1}^n P_j [1 - (n-j)i]$$

### DESGASTE ALEATORIO

Al poner en servicio un equipo o parte de una máquina de acuerdo a estadísticas tienen una función estandar para los que no han sido reemplazados durante el tiempo de análisis y esta dicha característica es:

Figura III-3.- FUNCION DE SUPERVIVENCIA Y FUNCION DE FALLA



$$f(t) = v(t+1) - v(t)$$

La curva de función de supervivencia esta tomada de

$$v(t) = \frac{n(t)}{n(0)} ; 0 \leq t \leq 1$$

en donde  $n(t)$  = Número de equipos o partes que se encuentran operando en el tiempo  $t$ .

$n(0)$  = Número de partes o equipos objeto de la prueba al inicio del período principal.

La probabilidad de supervivencia de cada equipo después de la edad  $t$ .

$$\Pr(T \geq t) = v(t) = \frac{n(t)}{n(0)}$$

$$\Pr(T < t) = j(t) = 1 - v(t)$$

en donde  $j(t)$  es la función de distribución de la variable aleatoria  $T$  que representa duración en funcionamiento

de un equipo.

La probabilidad de que un equipo salga de servicio por falla en el intervalo comprendido entre  $t-1$  y  $t$  será:

$$\Pr (t) = \Pr [(t-1) \leq T < t] = \frac{n(t-1) - n(t)}{n(0)} = v(t-1) - v(t)$$

#### PROBABILIDAD DE AVERIA

Se denomina probabilidad de avería a la probabilidad condicional de que un equipo que haya alcanzado el tiempo  $(t-1)$  sin dañarse traiga una avería en el intervalo entre  $(t-1)$  a  $t$ ; tomamos  $pc(t)$  como probabilidad condicional.

$$\Pr [(t-1) \leq T < t] = \Pr (T \geq t-1) * pc(t)$$

$$pc(t) = \frac{\Pr [(t-1) \leq T < t]}{\Pr (T \geq t-1)}$$

$$pc(t) = \frac{\frac{n(t-1) - n(t)}{n(0)}}{\frac{n(t-1)}{n(0)}} = \frac{v(t-1) - v(t)}{v(t-1)}$$

$$pc(t) = 1 - \frac{v(t)}{v(t-1)}$$

La probabilidad de avería es una magnitud característica - muy importante ya que da la medida del riesgo que se toma al mantener en servicio un equipo que ha llegado a un tiempo  $t$  de funcionamiento.

PROBABILIDAD DE CONSUMO

Cuando tenemos un equipo nuevo que forma parte de un conjunto y que será reemplazado cuando se produzca un daño o que haya llegado al límite de funcionamiento podríamos establecer la probabilidad  $p_m(t)$  que nos indica que se produjeron  $m$  reemplazos del equipo inicial por equipos nuevos en el intervalo de 0 a  $t$ ; se denomina consumo al número de equipos reemplazados en el intervalo de tiempo.

para  $m = 0$ ,  $p_m(t) = v(t) = 0$  consumo nulo.

$$p_m(t) = v(t) = \frac{n(t-1) - n(t)}{n(0)}$$

Por el teorema de probabilidad compuesta

$$v(t-v) f(u) = \frac{n(t-u)}{n(0)} \times \frac{n(u-1) - n(u)}{n(0)}$$

Por el teorema de probabilidad total

$$p_m(t) = \sum_{u=1}^t p_{m-1}(t-u) f(u) \text{ para } p.m.(0) = 0$$

y consideración a la hipótesis básica de probabilidades

$$\sum_{i=0}^t p_i(t) = 1$$

Todo lo cual teóricamente nos podría dar una gran ayuda para permitirnos establecer los intervalos o límite de funcionamiento de los equipos pero esto lógicamente incluye un conocimiento de estadísticas que nos permitan estable-



## CAPITULO IV

### ESTUDIO DE LUBRICACION Y METODOS DE PROGRAMACION DE

#### MANTENIMIENTO

##### 4.1. ESTUDIO DE LUBRICACION

Para que la lubricación se convierta en una herramienta útil como parte importante dentro del mantenimiento de los equipos, es necesario realizar un estudio pormenorizado de los requerimientos y condiciones de trabajo a las que están sometidas las máquinas para poder llegar a establecer cuales son los lubricantes más aptos para cada uno de ellos. Es verdad también que en la práctica de este estudio que es el que nos dará tanto el lubricante que debe utilizar, como los períodos de cambio a los que estará sujeto conocido el régimen de operación de la planta industrial y la máquina específica para que su aplicación sea la más adecuada.

Es común que al irse deteriorando la máquina por su normal

funcionamiento es posible establecer, por análisis físicos de que estos lubricantes no son a la época en la cual se hallan, los más adecuados, llegando de esta manera a establecerse (si solamente en este Capítulo nos encargamos de los lubricantes) que necesita realizarse un nuevo estudio para buscar los más adecuados a utilizarse de tal manera que no se produzca desgaste excesivo y el consiguiente fallo de la máquina; esto se recomienda que debe realizarse estudio de lubricación de permitirlo, periódicamente por lo menos cuando la experiencia del jefe de mantenimiento crea conveniente realizarlo.

Para ejemplarizar un estudio de lubricación debo tomar como marco de referencia una planta específica la misma que será una planta de generación de energía eléctrica que utiliza como elemento motriz motores semi-rápidos, los mismos que por su característica especial utilizan grandes cantidades de lubricantes, transformándose este estudio en una conveniencia económica.

#### ACEITE LUBRICANTE PARA COJINETES

Es deseable que tenga una viscosidad de SAE 30 a 40, debe ser aceite refinado, exento de ácidos minerales, resinas, grasas que sean solubles en benceno, sin residuos; debe guardar las siguientes características:

Viscosidad a 50°C

Viscosidad Cinemática	53 a 91 Cst.
Grados Engler	7 a 12
Norma SAE	30 a 40
a 50° °C Redwood 1	220 a 380 seg.
Punto de inflamación	Superior a 220°C
Punto de Fluidez	Menor de -10°C
Valor de Neutralización	Menor 0,14
Contenido de Agua	Menos del 0,1%
Contenido de Ceniza	Menos del 0,2%
Residuo de Carbón	Menos del 0,5%
Contenido insuble en Bencina	Menos del 0,2%

Para que cumpla estas especificaciones disponemos de innumerables aceites que por sus fabricantes son denominados - con distintos nombres los mismos que podemos anotar:

SHELL

ROTELLA T-30

TEXACO

URSA OIL ED

Los mismos que cumplen con las especificaciones y presentan además aditivos especiales como antiespumante, anticorrosivos, antidesgaste, superan el punto de inflamación y el punto de fluidez.

Como las condiciones de operación son sumamente severas y los mantenimientos mayores se realizan a las 7500 horas de operación o 1 año debemos considerar que por su gran volumen como 1500 litros es necesario realizar el cambio a las 7500 horas de operación o al año conjuntamente con el man-

tenimiento preventivo.

Además realizar revisiones periódicas (diarias) del nivel del mismo ya que estando en contacto con el combustible es te es quemado en parte, lo cual requiere de un incremento de alrededor de 300 litros mensuales promedio.

#### ACEITE LUBRICANTE DE CILINDROS

Este aceite además de cumplir con las características anteriormente anotadas para los lubricantes de cojinetes, es indispensable que disponga un gran porcentaje de antiespumante, antioxidante, mejorador de oleosidad, rompe espumas, mejorador del IV, y detergente dispersante ya que es necesaria la neutralización del asufre producido por la combustión, además de mejorar el efecto preventivo a la corrosión, debe disolver los residuos de combustión y a través de la acción alcalina necesaria en el aceite, materiales extraños transformando a estos materiales finos para que queden suspendidos en el aceite lubricante; aún cuando el añadido de aditivos incrementan los residuos de carbón, se considera que para la utilización no presenta mayores problemas. Es recomendado por cumplir estas características y especificaciones:

SHELL

ANGINA 40

TEXACO

URSA SUPERPLUS

Es necesario anotar qué este aceite tanto como el anterior

y de acuerdo a recomendaciones del fabricante puede considerarse como posible indicador de cambio de aceite lubricante a las 7500 horas de operación, o cuando este se encuentre deteriorado con las siguientes modificaciones en sus características de referencia:

Punto de Inflamación	Menor a 15°C
Viscosidad	+ 10 de SAE
Incremento del Valor Acido	Mayor que 2,0
Detección de ácido fuerte	
Residuos de Carbón incremento	Superior a 3.0%
Residuos (eter de petróleo) - incremento	Superior a 2.0%

Si alguna de las condiciones están bajo una de las reglas anteriores se deberá añadir aceite nuevo para anular esta condición y si de estas persisten es necesario un cambio inmediato de todo el aceite.

#### ENGRANAJES DE REDUCCION.- PUENTE GRUA, BOMBAS

Por tratarse de engranajes de gran tamaño y presión media es recomendable la utilización de grasa lubricante con resistencia a temperaturas medias, la misma que deberá contener aditivos contra la corrosión y su consistencia debe ser blanda con dureza medida la penetración trabajada ASTM a 77°F 265/295 y un punto de goteo entre 180 y 190°C.

Los productos disponibles en el mercado son:

SHELL	ALVANIA N° 2
TEXACO	MULTIFACK N° 2

El mismo producto será utilizado en compresor; puente grúa, y bombas de lubricantes, combustible.

#### COMPRESORES Y REGULADORES DE VELOCIDAD

El lubricante para los compresores por el tipo de trabajo deberá contener antióxidante, anti-espumante y protección para la corrosión que se presente como un fluido de lubricación óptimo para turbinas siendo sus especificaciones:

Gravedad específica a 60°F	0.882
Punto de inflamación caja abierta	226°C
Punto de inflamación	252°C
Punto de goteo	- 9°C
Valor ASTM	1.0
Viscosidad Redwood 1	
Viscosidad a 70°F (21°C)	700 seg.
Viscosidad a 140°F (60°C)	165 seg.
Viscosidad Engler	
Viscosidad a 50°C	5.2
Viscosidad a 100°C	1.63
Viscosidad S S U	
Viscosidad a 100°F (38°C)	310

Viscosidad a 210°F (99°C)	53
Viscosidad Cinemática	96 seg.
Contenido de ceniza	0

Para cumplir con las exigencias de este tipo en el mercado disponemos de:

SHELL	TURBO OIL T-33
TEXACO	REGAL OIL 40 RD

#### PURIFICADOR DE ACEITE Y DIESEL

Por tratarse de dispositivos hidráulicos que deben tener gran resistencia a la oxidación que disponga de agentes antiespumantes, gran resistencia a la corrosión y buena durabilidad, debe presentar las siguientes características:

Punto de Inflamación 345°C

Viscosidad Engler

Viscosidad 20°C 1.8

Viscosidad 50°C 2.5

Viscosidad Saybolt (SUS)

Viscosidad 100°F (38°C) 119 seg.

Viscosidad 210°F (99°C) 41 seg.

El período de cambio de estos lubricantes debe ser de acuerdo a la contaminación y degradación observados a medida del tiempo.

Como las especificaciones están con los límites de las especificaciones anteriores podremos establecer las siguientes recomendaciones de lubricantes a utilizar:

	SHELL	TEXACO
Bomba de agua	Turbo Oil T-29	Regal Oil RYO 46
Bomba cieno drenaje	Turbo OIL T-29	Regal Oil RYO 46
Calderas	Turbo Oil T-78	Regal Marine 77
Purificador de Bunker Talpa 40		Regal Oil TYO 150

Todas estas recomendaciones de uso de los lubricantes especificados estarán sujetos a revisiones luego de realizar el análisis respectivo de los aceites usados que deberán tener un período de uso de acuerdo a lo especificado en cada uno de estos o cuando se presente alguna anomalía notoria en la consistencia o daño prematuro de la parte lubricada.

#### 4.2. METODOS DE PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO

Todo proyecto implica siempre un problema técnico. Por su contenido, este aspecto aunque no sea siempre un problema de ingeniería en el significado estricto del término. Sin embargo, cualquiera que sea la técnica implicada en el proyecto se trata siempre de realizar una sucesión de tareas bien definidas, generalmente encadenadas en distinta secuencia de actividad que conducen a una situación final en que el proyecto se considere concluido.

Si se divide el proyecto en las distintas actividades que

deben llevarse a cabo en el curso de su ejecución resulta evidente que para poder realizar cualquiera de esas actividades no es necesario que se efectúen simultáneamente las otras. Antes bien las distintas actividades están interrelacionadas de diversas maneras y desde un punto de vista temporal aparecen encadenadas en secuencias distintas.

Todas estas secuencias parten de una situación inicial y desemboca todas en otra final, por supuesto que todas ellas deben ser completadas para finalizar el proyecto. Este -- múltiple encadenamiento de las tareas o actividades que implica un proyecto exige una eficaz labor de coordinación -- si se quiere completar adecuadamente la ejecución total -- del mismo en un plazo dado.

Durante la última guerra las exigencias de la lucha armada, llevaron a sistematizar el empleo de las matemáticas, estadísticas y de la lógica formal moderna en decisiones relativas a complejas tareas técnicas y administrativas.

Para racionalizarlos y coordinarlas se crea la " Investigación Operativa" que es la aplicación sistemática de la -- ciencia de las decisiones operativas.

Esta ciencia intenta utilizar los conocimientos científicos y técnicos disponibles para hacer compatibles medios y fines en las complejas tareas técnicas exigidas por los objetivos generales económicos de producción de ser vicios no militares; en sus albores sirvió sobre todo a los

objetivos militares y se empleó durante la Segunda Guerra Mundial para la solución de problemas como las formaciones de buques y de aviones más adecuados para reducir el mínimo los efectos de la guerra submarina y del fuego antiáereo, además para resolver problemas logísticos de a bastecimiento y cumplimiento de requisitos militares. Pa sada la conflagración se desarrollaron nuevos instrumen tos de análisis para el manejo de los problemas técnicos. Uno de los aspectos que registró un avance considerable es el de la cronología y coordinación de complejas activida des de investigación, construcción y producción.

#### 4.3. METODOS DE PROGRAMACION GANTT

Desde comienzos del siglo XX y durante casi 50 años el análisis cronológico de este tipo de complejos se venía haciendo casi sistemáticamente con la ayuda del " Gráfico de GANTT " en el cual cada actividad del complejo se representa con líneas o barras horizontales, las que se ex tienden a través de columnas verticales que subdividen el tiempo de ejecución del conjunto en unidades adecuadas -- (días, semanas, meses.).

En el gráfico de GANTT cada una de las barras horizonta les comienzan en la fecha de iniciación de la actividad y llega hasta la fecha de determinación de esta activi- dad.

Este tipo de gráfico es muy útil y racional, pero presenta la limitación de que sólo es descriptivo y no indica en modo alguno las relaciones de secuencia, dependencia y coordinación entre las tareas. Además tampoco facilita la consideración del efecto de decisiones alternativas sobre el ordenamiento y duración de las actividades o la cuantificación de esos efectos en términos de probabilidades de su conclusión en una fecha dada. Para nuestra aplicación que es el mantenimiento de equipos, partimos de un conocimiento (utilizando las estadísticas) de el período necesario para el cumplimiento de las distintas actividades, las mismas que deberán ser tomadas como macro actividades, ya que se trata de un método gráfico y sería difícil el poder establecer un control cronológico si desglosamos excesivamente a estas, y representar en forma gráfica no nos permitirá en forma fácil el control de su cumplimiento.

Por lo expuesto es más un método de control cronológico a más de un apoyo para el control de su cumplimiento ya que si el gráfico tiene una área proyectada y otra área de avance de las actividades nos permitirán graficar estos avances, con lo cual con una sola mirada de la fecha en la que nos encontramos podemos establecer desviaciones de el proyecto para tomar una decisión que elimine el riesgo de no

poder finalizar el proyecto de acuerdo a lo programado.

GRAFICO DE GANTT

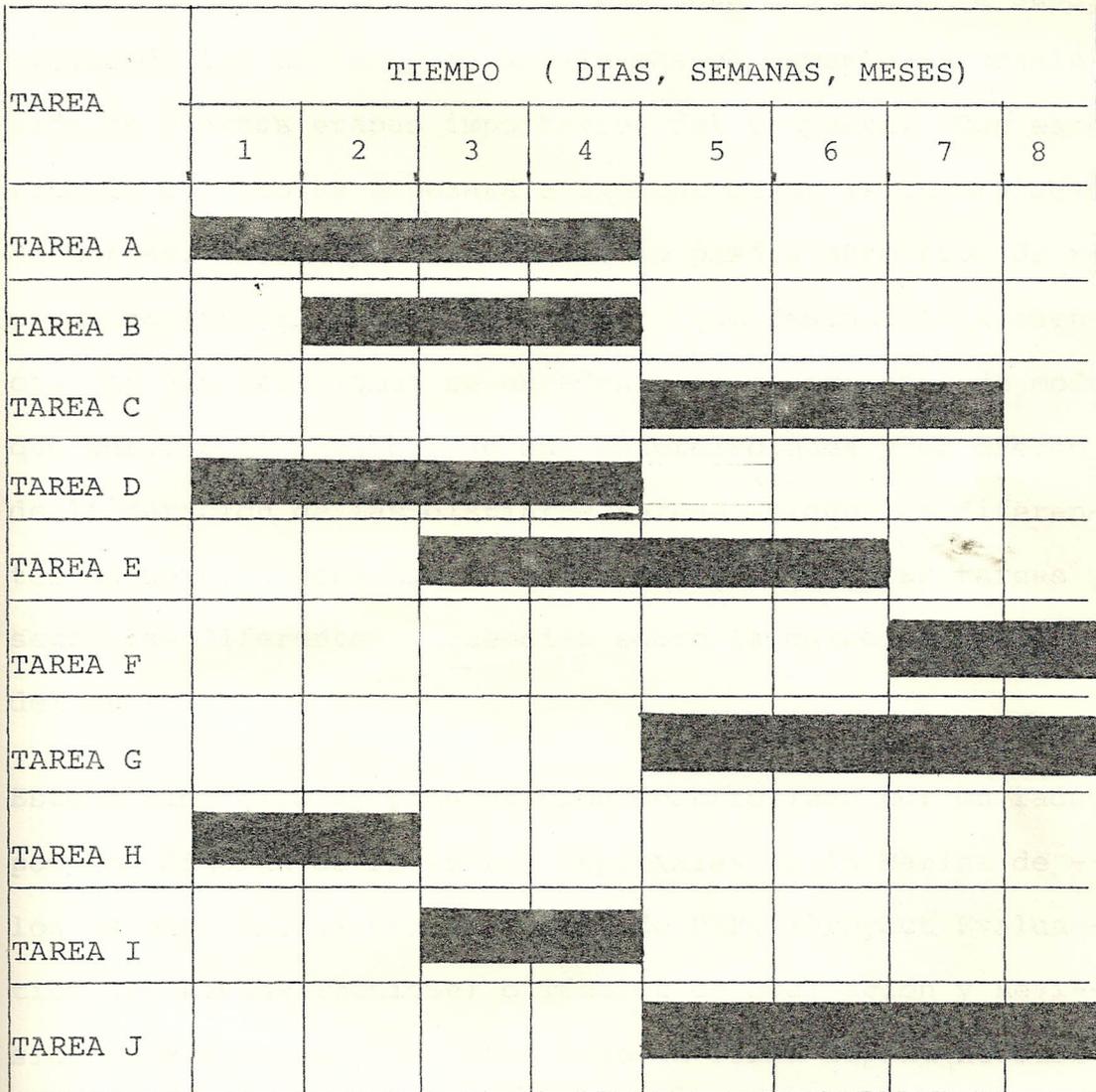


Figura IV-1.- GRAFICO DE GANTT PARA EL CONTROL DE UN PROYECTO DE 10 ACTIVIDADES.

#### 4.3.1. METODO DE PROGRAMACION PERT - CPM

El primitivo gráfico de Gantt fue evolucionando hacia un gráfico de fases que contienen más detalles sobre la subdivisión de las tareas y se señala más claramente la conclusión de ciertas etapas importantes del proyecto. Con este tipo de gráfico se empezará a indicar mejor la interrelación de tareas. Del gráfico de fases se pasó a otro tipo de representación del complejo de tareas que destaca la secuencia con que las mismas se encadenan en el proyecto de modo que permite el análisis de sus interrelaciones y el efecto de la duración de las distintas tareas, según las diferentes secuencias sobre la duración de las distintas tareas, según las diferentes secuencias sobre la duración total del proyecto.

Este último tipo de presentación desarrollado por un lado por la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de los Estados Unidos con el nombre de PERT (Project Evaluation and Review Technique) o Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos y por otro lado la firma Dupont Newours con la denominación de CPM (Critical Path Method) o Método de Camino Crítico.

El éxito y su rápida difusión se debió, que aplicado este método en el Proyecto "POLARIS" permitió abreviar la duración total del proyecto en cerca de dos años.

En sí el método presenta a un proyecto o complejo de actividades como el diseño de una red de actividades o tareas representadas por flechas, que se conecta entre sí según las distintas secuencias y las sucesivas situaciones o eventos representados por nodos de la red.

#### NORMAS PARA LA UTILIZACIÓN DEL ANALISIS RETICULAR

1. Debe listarse las actividades
2. Planificación de la red o estructura de la red del Proyecto; en este punto se deben estimar tiempos de duración de cada actividad, estos tiempos deben ser lo más reales posibles.
3. Si es necesario replanificar introduciendo ajustes.
4. Esta planificación debe permitir la expansión del proyecto.
5. La planificación inicial no debe considerar boras extraordinarias ya que son la tolerancia en los ajustes de ser necesario.
6. En la numeración de nodos se debe ir en forma creciente, aún cuando pueden estar caracterizados por letras o caracteres, los nodos representan el instante en que finalizan las actividades que convengan, asimismo el instante en el cual se da inicio una actividad o todas aquellas que salen de este.

#### ACTIVIDADES FICTICIAS O VIRTUALES

Se caracterizan por su duración nula y se las utiliza en -

la red (i,j) para establecer ciertas relaciones durante el proyecto, se acostumbra a graficarlas por medio de líneas de puntos.

### CONSTRUCCION DE LA RED

Para construir una red es necesario establecer luego de tener todas las actividades que conforman el proyecto, que actividad precede inmediatamente y que actividades concurren simultáneamente a cada uno de los nodos.

La red (i,j) establece que una actividad es perfectamente caracterizada por i como nodo de comienzo o de el que sale la flecha, j es el nodo en que finaliza esta actividad.

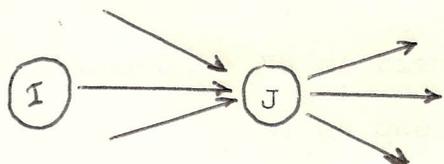
### ESTIMACION DE TIEMPOS

El CPM considera los recursos disponibles para el desarrollo de la actividad tanto en número de estos como en calidad de mano de obra, herramientas, maquinaria y la experiencia de quien diseña la red siendo este un caso de tiempo - como resultado de los elementos anotados (discreto) PERT, utiliza una estimación de tiempo en forma aleatoria, dependiendo de tres parámetros de medida: tiempo optimista ( $t_o$ ), tiempo más probable ( $t_m$ ) y tiempo pesimista ( $t_p$ ), tomados de la curva de distribución normal de probabilidades:

$$t(i,j) = \frac{t_o + 4 t_m + t_p}{6}$$

TIEMPOS MAS TEMPRANOS Y MAS TARDIOS EN UNA RED

ES = tiempo más temprano de comienzo; (tiempo en que antes que este no puede dar comienzo una actividad).



$$ES (j) = \text{Max} [EF (i,j)]$$

EF = tiempo más temprano de finalización (tiempo antes del cual no puede finalizar una actividad).

$$EF (i,j) = ES (i) + t (i,j)$$

LF = tiempo más tardío de finalización (tiempo después del cual no puede finalizar una actividad).

$$LF (i) = \text{Min} [LS (i,j)]$$

LS = tiempo más tardío de comienzo (tiempo después del cual no puede iniciarse una actividad).

$$LS (i,j) = LF (j) - t(i,j)$$

HOLGURA.- Es el tiempo que dispone una actividad para retrasarse sin que se produzca un desfase en el cumplimiento del proyecto.

HOLGURA TOTAL.- Es el tiempo que dispone una actividad si comienza, lo más temprano posible y lo más tarde permisible.

$$\begin{aligned}
 HT(i,j) &= LF(j) - EF(i,j) \\
 &= LS(i,j) - ES(i)
 \end{aligned}$$

Toda actividad para ser considerada crítica debera tener -  
 $HT = 0$

HOLGURA LIBRE.- Es el tiempo que le queda a una actividad si es que finaliza lo más temprano posible y las actividades que parten de su nodo comienzan lo más temprano posible.

$$HL(i,j) = LS(j) - EF(i,j)$$

No todas las actividades que tienen holgura libre  $HL=0$  son actividades críticas, pero todas las actividades críticas tienen  $HL = 0$ .

#### 4.3.3. REPRESENTACION DE UNA RED EN MATRIZ DE DURACION DE ACTIVIDADES

El conjunto de actividades de una red con sus secuencias de conecciones se pueden representar por una matriz  $t_{ij}$  de duraciones. Cada ruta línea (i) contiene la duración de la actividad que lleva del evento (i) a otros eventos (j), (k), (l), ---. Los elementos de cada uno de estos vectores son las duraciones  $t(i,j)$ ,  $t(j,k)$ ,  $t(k,l)$ , ---, de las actividades existentes en la red a partir de (i).

Hay que distinguir las casillas (ij) vacías que indican la inexistencia de conexión entre los eventos (i), (j) que la

definen, y las casillas de duración nula  $t_{if} = 0$  que indican actividades ficticias las mismas que son solamente -- conexiones lógicas entre dos eventos. De esta manera se -- tiene una matriz cuadrada que representa las condiciones -- entre los nodos de la red y sus elementos la duración de -- las actividades respectivas.

#### 4.3.4. APLICACION

Con lo establecido anteriormente, tenemos la base teórica para la programación de proyectos. Siendo este método especialmente aplicable a situaciones técnicas, vamos a mostrar una aplicación que nos presta mucha ayuda -- en la práctica de ingeniería mecánica, la misma que es el mantenimiento preventivo de equipos, el mismo que -- lo manejamos como un proyecto para optimizar los tiempos de ejecución de sus actividades y establecer cuales son las secuencias críticas o rutas. Al establecer esta ruta crítica obtenemos tiempos óptimos de cumplimiento de todas estas actividades y que con un control de estas notaremos si el proyecto de mantenimiento -- se esta cumpliendo de acuerdo a lo progra--

mado, pudiendo realizarse un análisis y dar soluciones o correcciones de las desviaciones observadas.

Con esta herramienta dentro del mantenimiento preventivo se trata de programar el uso de mano de obra eficientemente al asociarla con el tiempo de cumplimiento de las actividades.

Para mostrar la efectividad de esta herramienta vamos a tomar como ejemplo el mantenimiento de un compresor el mismo que expresa la duración de las actividades en minutos efectivos de trabajo.

- 1) Enumeración de las actividades que emplea el proyecto.

ACTIVIDADES	TIEMPOS ASOCIADOS
a. Parar el compresor	0
b. Colocar los elementos de sujeción	15
c. Desconectar descargadores	20
d. Quitar las tapas de cojinetes principales	30
e. Quitar la travieza móvil de tapas laterales	20
f. Vaciar depósito, válvula, bobina y limpiar pantalla	60
g. Limpiar anillos colectores	240
h. Comprobar estados de carretas y tornillos	30
i. Limpiar el conjunto	15
j. Comprobar estado y llenar engrasadores	30
k. Limpiar agujero de válvula de descarga	240
l. Quitar dos válvulas de sujeción de cada cilindro	240

ACTIVIDADES	TIEMPOS ASOCIADOS
m. Quitar substancias depositadas en depósito	5
n. Comprobar juego de cojinetes principales	60
o. Comprobar la travieza móvil	40
p. Limpiar respiradero del depósito de aceite	20
q. Cambiar aceite de cojinete no secundarios	20
r. Limpiar filtro de aire de vapor a presión	300
s. Limpiar conductores de aceite	200
t. Ver estados de cilindros	15
u. Limpiar pantalla de aceite	15
v. Limpiar depósito	30
w. Comprobar los vástagos de los pistones	120
x. Cambiar escobillas de anillos colectores	180
y. Reponer tapas de cojinetes principales	30
z. Reponer pantalla del depósito, bobina y válvula	60
za. Armar válvulas de sujeción	240
zb. Conectar descongeladores	20
zc. Llenar depósito	15
zd. Poner travieza móvil de tapas laterales	20
ze. Comprobar la cubierta de la máquina	10
zf. Quitar elementos de sujeción	15

2) Establecemos que actividades deben seguir una secuencia para su ejecución.

a - b - i

a - b - c - l - t - za - zb - ze - zf



4) Ejemplo de cálculo para actividad 1

$$ES(1) = \max \sum_1^g tfg; f=[1,2,--6]; g=[2,3,--14]$$

$$ES(1) = t_{1,2} + t_{2,3} + t_{3,6}$$

$$ES(1) = 0 + 15 + 20 + 240 = 275$$

$$LS(1) = LF(z) - \max \sum_z^g ES(i)$$

$$LS(1) = 575 - [15 + 10 + 20 + 240 + 15] = 275$$

$$HT(1) = LS(1) - ES(1)$$

$$HT(1) = 275 - 275 = 0^*$$

Es parte de camino crítico por no disponer esta actividad de holgura.

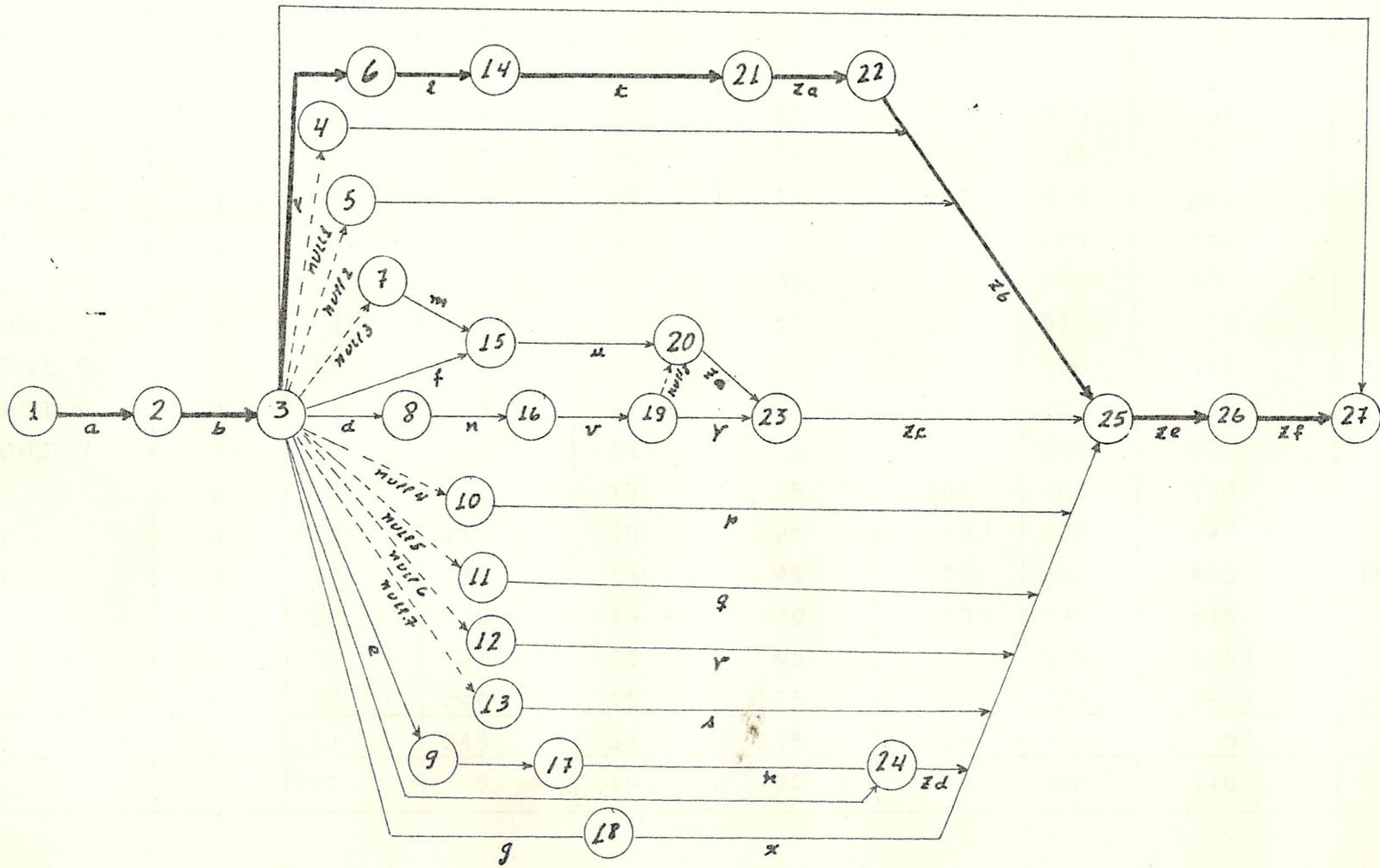
No es usual el contar en dinero las economías que nos ofrece este método de programación. Sin embargo se establece que por medio de sus ventajas se observa que esta economía se produce.

- El diagrama o red establece fácilmente la necesidad de recursos humanos, eliminando la utilización de mucho personal en una misma tarea, haciendo eficiente esta utilización al saber que actividades hay que atacar con mayores recursos.
- Permite el control sobre el trabajo, por cuanto quien hace la programación de los trabajos u otra persona encargada puede variar las fechas en el caso de presentarse alguna dificultad imprevista o "cuellos de botella".
- La información que se obtiene de las redes y sus resul-

dos son objetivos y facilmente entendibles y puede ser caso que se cambie de personal de supervisión una vez iniciadas las tareas y el nuevo encargado puede conocer facilmente que es lo que debia hacerse y que es lo que se ha realizado sin perder demasiado tiempo en búsqueda de información.

- Permite obtener datos de trabajos similares realizados con anterioridad, para su estudio posterior y futuras mejoras.
- Pueden variarse diferentes sucesiones de tareas y establecer cual es la mejor.
- Son didácticas para el aprendizaje de inspectores y capaces nuevos.
- La utilización de las redes extensas en el método del camino crítico pueden desarrollar la capacidad de pensar con lógica y de ésta manera aportar para una mejor organización.

Figura IV-3 RED DE INCIDENCIA PARA EL PROYECTO DE MANTENIMIENTO DE UN COMPRESOR



5) REPRESENTACION GRAFICA Y OBTENCION DEL CAMINO CRITICO

Figura IV-4.- CUADRO DE CALCULO PARA EL PROYECTO DE 27 ACTIVIDADES (\* = Crítico)

ACTIVIDAD	NODO I- NICIAL	NODO FINAL	TIEMPO A SOCIADO	PRIMER COMIENZO	PRIMER FINAL	ULTIMO COMIENZO	ULTIMO FINAL	INTERVALO DE FLOTACION	MARGEN LIBRE
a	1	2	0	0	0	0	0	0	0 *
b	2	3	15	0	15	0	15	15	0 *
NULL 1	3	4	0	15	15	520	520	505	0
NULL 2	3	5	0	15	15	310	310	295	0
c	3	6	20	15	35	15	35	0	0 *
NULL 3	3	7	0	15	15	455	455	440	0
d	3	8	30	15	45	355	385	340	0
e	3	9	20	15	35	350	370	335	0
NULL 4	3	10	0	15	15	530	530	515	0
NULL 5	3	11	0	15	15	530	530	515	0
NULL 6	3	12	0	15	15	250	250	235	0
NULL 7	3	13	0	15	15	340	340	325	0
f	3	15	60	15	75	400	460	288	0
g	3	18	210	15	225	160	370	145	0
h	3	24	30	15	45	500	530	485	150
i	3	27	15	15	30	560	575	545	545
j	4	25	30	15	45	520	530	505	505
k	5	25	240	15	255	310	550	295	295
l	6	14	240	35	275	35	275	0	0 *
m	7	15	5	15	20	455	460	440	55

ACTIVIDAD	NODO INI CIAL	NODO FINAL	TIEMPO A SOCIAO	PRIMER CO MIENZO	PRIMER FINAL	ULTIMO COMIENZO	ULTIMO FINAL	INTERVALO DE FLOTACION	MARGEN LIBRE
n	8	16	60	45	105	385	445	340	0
o	9	17	40	35	75	370	410	335	0
p	10	25	20	15	35	530	550	515	515
q	11	25	20	15	35	530	550	515	515
r	12	25	300	15	315	250	550	235	235
s	13	25	210	15	225	340	550	225	325
t	14	21	15	275	290	275	290	290	0 *
u	15	20	15	15	90	460	475	385	45
v	16	19	30	105	135	445	475	340	0
w	17	24	120	75	195	410	530	335	0
x	18	25	180	225	405	370	550	145	145
NULL 8	19	20	0	135	135	475	475	340	0
y	19	23	30	135	165	505	535	370	30
z	20	23	60	135	195	475	535	340	0
za	21	22	240	290	530	290	530	0	0 *
zb	22	25	20	530	550	530	550	0	0 *
zc	23	25	20	195	210	530	550	340	340
zd	24	25	20	295	215	530	550	335	335
ze	25	26	10	550	560	550	560	0	0 *
zf	26	27	15	560	575	560	575	0	0 *

CAPITULO V

MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

Uno de los puntos de mayor importancia dentro de la práctica de mantenimiento preventivo es el de establecer el programa que regirá y nos permitirá obtener mayor beneficio en cuanto a utilizar eficientemente el personal encargado de mantenimiento, lo mismo que conocer los períodos en los cuales las máquinas o equipos se encontrarán en servicio o fuera de este por estar aplicando su mantenimiento respectivo.

Para este objeto debemos tener un cabal conocimiento de las labores que esto implica y el disponer del personal contratado de tal manera que podamos estandarizar los tiempos de esta aplicación apoyandonos en estadísticas y especialmente en la experiencia.

Al disponer de estos datos el establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo se nos transforma en una labor tediosa y de cálculos repetitivos, los mismos que mos--

tramos en el capítulo anterior como una técnica muy utilizada, pero como en la actualidad ventajosamente tenemos herramientas que nos permiten realizar toda esta labor que - en la mayoría de los casos nos ocupará un tiempo considerable, reducir a minutos y este ahorro de tiempo poderlo utilizar en labores más productivas; Esta herramienta es el computador que con el apoyo de técnicas que nos ofrece "INVESTIGACION OPERATIVA", la cual se ocupa de optimizar procesos económicos y especialmente para este caso técnicos. Por la naturaleza de el problema que nos ocupa, al conocer tiempos estandarizados de las labores podemos asumir de acuerdo a los resultados obtenidos que la técnica más aconsejada es la de "SIMULACION ESTOCASTICA", al simular o imitar la operación de los equipos con parámetros o límites dados.

Esta técnica además nos favorece al conocer con un porcentaje elevado de certeza, cuantas horas pueden trabajar todos y cada uno de los equipos, la forma en que pueden o deben ser operados para obtener una máxima utilización de -- los mismos y además nos permite como ya enunciamos anteriormente ocupar al personal eficiente, todo lo cual redundará en ventajas económicas para la industria.

Debemos anotar además que como la simulación utiliza generadores de números randómicos o al azar, es de esperarse -- que los resultados obtenidos. La primera vez no sean tan reales o no se acerquen tanto al óptimo, pero si repetimos

la operación nos daremos cuenta que estamos ganando en valores de la función objetivo hasta cuando no veamos diferencias mayores entre la anterior corrida y la siguiente , lo cual nos dará necesariamente un acercamiento a este -- óptimo que pretendemos y debemos darle por asunción como -- óptimo.

### 5.1. FORMULACION DEL MODELO

Como para la aplicación de esta técnica debemos partir de un conocimiento exacto de las reglas decisivas del proceso objeto del modelo, debemos apegarnos no a una generalización sino más bien a una particularización, la misma que posteriormente puede ser generalizada para procesos similares.

- Tomamos como base una planta de generación de energía eléctrica, la misma que está compuesta por seis grupos de generación movidos por motores de velocidades media (300 RPM) y que utilizan combustible diesel-bunker oil; cada uno con una capacidad de generación de 5.7 M. Watios.
- Asimismo de acuerdo al programa de mantenimiento recomendado por los fabricantes, las labores diarias, semanales, trimestrales son ejecutadas sin ninguna interferencia, tanto en las horas que las máquinas están libres como en ciertos casos sin tener que parar las máquinas.

- Para este caso tenemos que la demanda se la puede con siderar infinita, al conocer que toda la energía genera da es energía que se vende, esta es una realidad para la mayoría de los meses del año, lo cual nos permiti-- ría tener nuestros grupos generadores en capacidad de ofrecer energía máxima de acuerdo a los resultados.
- Se ha estandarizado los tiempos de aplicación de mante<sup>n</sup>imiento preventivo para las 2500 horas de servicio en una semana calendario y los mantenimientos o readecua ciones total de las 7500 horas en seis semanas como má ximo.
- Se considera además que el personal disponible solamen te puede realizar simultáneamente como máximo dos mante<sup>n</sup>imientos de 2500 horas o un mantenimiento de 2500 si<sup>n</sup> simultáneamente con uno de 7500 pero de ningún caso pue den realizarse dos mantenimientos de 7500 horas simul táneamente.
- Como el tiempo que se tarda en arrancar y poner en lí nea un grupo de generación es de aproximadamente dos ho ras, lo mismo que el tiempo desde que sale de línea y se apaga una máquina hasta que esté totalmente fría - en dos horas, tomaremos como límite superior para la a plicación de la simulación 20 horas diarias de opera-- ción.
- Además y por la asunción anterior debemos conside-

rar como límite inferior de operación once horas diarias, ya que de ser de otra manera estaríamos desperdiciando combustible, aceite y haciendo la operación de la máquina ineficiente al ponerla en servicio un menor tiempo que el indicado.

- Por cuanto el período de simulación lo tomamos de un año o 52 semanas, es deseable que transformemos en períodos elementales de operación semanal para que los resultados sean más significativos y como tenemos también -- los períodos de mantenimiento estandarizados a semanas, consideramos una buena simplificación la operación semanal.

## 5.2. DEFINICION DE VARIABLES

$X_{ij}$  = Variable discreta bivalente, establece si opera o no la máquina  $i$  en la semana  $j$ .

$X_{ij} = (0,1)$

$C_{ij}$  = coeficiente aleatorio de operación (costo) de máquina  $i$  en semana  $j$ .

$i = (1,2,3, \dots n)$ ; número de máquinas en análisis.

$j = (1,2,3, \dots m)$ ; número de semanas del ciclo.

$K_{ij}$  = variable que establece la fase en la que se halla la máquina  $i$  en la semana  $j$ .

$K_{ij} = 0,2,4$ ; máquina opera normalmente

$K_{ij} = 1$ ; máquina  $i$  necesita mantenimiento de 2500 hrs.

$K_{ij} = 3$ ; máquina  $i$  necesita mantenimiento de 5000 hrs.

$K_{ij} = 5$ ; máquina  $i$  necesita mantenimiento de 7500 hrs.

RND (o) = Generador Rondímico

$0.0 \leq \text{RND (o)} < 0.2$ ; Cij = 77

$0.2 \leq \text{RND (o)} < 0.4$ ; Cij = 91

$0.4 \leq \text{RND (o)} < 0.6$ ; Cij = 105

$0.6 \leq \text{RND (o)} < 0.8$ ; Cij = 126

$0.8 \leq \text{RND (o)}$  ; Cij = 140

Hi = Variable de horómetros reducidos.

Si el horómetro de la máquina i (Hi) inicia el proceso con un valor superior a 7500 horas se reduce las veces que -- sean necesarias para mantener la relación.

$$0 \leq H_i \leq 7500$$

### 5.3. FUNCION OBJETIVO

$$Z = \max \sum_{i=1}^n \sum_{J=1}^m C_{ij} X_{ij}$$

### RESTRICCIONES

$$K_{ij} = \text{INT} \left[ \frac{H_i + \sum_{l=1}^{J-1} X_{il} C_{il}}{2500} \right] + K_{ij}$$

$$\underline{K_{ij} = 0}$$

$$X_{ij} = 1$$

$$K_{ij} = 0$$

$$\underline{K_{ij} = 1}$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq n-1 \quad ; \quad X_{ij} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq n-2 \quad ; \quad X_{ij}=1; C_{ij}=\infty; K_{ij} = 0$$

$$\underline{K_{ij} = 2}$$

$$X_{ij} = 1$$

$$K_{ij} = 1$$

$$\underline{K_{ij} = 3}$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq n-1; X_{ij} = 0; C_{ij} = \infty; K_{ij}=2$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq n-2; X_{ij} = 1; C_{ij} = \infty; K_{ij} = 1$$

$$\underline{K_{ij} = 4}$$

$$X_{ij} = 1$$

$$K_{ij} = 2$$

$$\underline{K_{ij} = 5}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=j}^{j+6} X_{ik} \geq 5n-1$$

$$\left[ X_{ik}=0 \right]_{k=j}^{j+5}; j=j+5; K_{ij}=0; H_i=0$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=j}^{j+6} X_{ik} \leq 5n-1; X_{ij}=1; C_{ij}=\infty; K_{ij} = 2$$

#### 5.4. PROCEDIMIENTO

Para permitir posteriormente la generalización hemos tomado en este caso como límite 12 unidades ( $m \leq 12$ ) a pesar que en esta aplicación particular solamente estamos tomando seis unidades; también en cuanto al período de análisis o simulación hemos tomado como límite máximo 120 sema-

nas, ( $m \leq 120$ ) por cuanto la memoria real del microcomputador utilizado no nos permite definir matrices de mayor longitud.

- Iniciamos la simulación con la digitación de los horómetros iniciales y, los valores de los mismos nos darán además la cantidad de máquinas a ser analizadas.
- Tenemos además que establecer el período de análisis, - por medio de introducir un valor que es, el número de - semanas a ser analizadas.
- Con los datos obtenidos clasificamos ascendentemente - los horómetros que nos permitirán establecer que máqui- na deberá trabajar a mayor presión con los límites es- tablecidos y valiéndose para el objeto de números alea- torios para establecer el número de horas que trabaje - semanalmente, (realizando la reducción de los horómetros de acuerdo al límite cíclico establecido).
- En cada iteración que realizamos por semana tendre-- mos que establecer que máquina se acerca más rapidamen- te a un servicio cualquiera que fuera este.
- Cuando una máquina llega al límite para realizar un man- tenimiento deberemos chequear que cumpla con las rectric- ciones anotadas.
- Dependiendo del tipo de servicio, es decir de 2500, -- 5000 o 7500 horas de funcionamiento deberá escoger la -

rutina que le corresponde para cada una de ellas, que para el objeto se han definido.

- Finalizando la simulación iniciamos el proceso de prorrateo, el mismo que pretende darle a cada máquina una operación homogénea durante su funcionamiento hasta llegar a un mantenimiento.
- Los resultados obtenidos de esta manera se imprimen tanto de la matriz simulada como de la matriz prorrateada.
- Se establece las horas de operación total de cada máquina y de todas ellas.
- Se grabará en un dispositivo magnético auxiliar, en este caso en disco flexible, los resultados obtenidos.
- Si en algún momento se producen fallas de una o más máquinas que esté fuera del programa de mantenimiento establecido, se puede correr este programa nuevamente el mismo que toma como base el programa de mantenimiento, como datos necesarios número de máquina número de semana que entra en operación y el nuevo programa de mantenimiento, el mismo que seguirá manteniendo la característica de óptimo ya que utilizó la información de la matriz grabada anteriormente y entra nuevamente al mismo proceso que nos permitió observando las restricciones establecer el nuevo programa de mantenimiento óptimo.

### 5.5. INTERPRETACION DE RESULTADOS Y VARIABLES QUE INTERVIENEN

Los resultados obtenidos con el procedimiento anterior y que cumplen con las restricciones establecidas en el modelo, luego de varias corridas y establecido que el resultado óptimo anterior no tiene mayores diferencias con el posterior lo aceptaremos como óptimo. Una de las normas de la simulación estocástica es la que al llegar a tener una función objetivo que se acerca a una constante se la asume como un resultado aceptable.

Esta forma de establecer un programa de mantenimiento lógico, tiene cierta rigidez por cuanto los números aleatorios no son factor dentro de algún algoritmo para obtener el -- coeficiente de costo u operación ( $C_{ij}$ ) y solo tomamos un -- rango de estos números generados para darle un valor discreto dentro de las limitaciones del coeficiente de costo que a pesar de presentar la limitación anotada se acerca -- mucho a la realidad aún cuando modifiquemos los rangos mantiene la similitud con la operación real.

La bivalencia de la variable de operación ( $X_{ij}$ ) nos permite establecer los períodos de mantenimiento en que deben éstos equipos parárselos para su consiguiente desarmado y también es intrascendente tratar de darle otro valor discreto que no sea 0 ó 1 ya que si es 0 la máquina está en mantenimien-

to y 1 la máquina está operando.

#### 5.6. ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El establecimiento de un modelo de operación y mantenimiento como hemos demostrado nos reduce el tiempo de obtención de un programa de mantenimiento al mínimo, que podríamos acercarnos a los cinco minutos o su corrección luego de que en algún equipo se produjo una falla fortuita, las mismas que tratamos de minimizar con el mantenimiento preventivo, pero estas fallas no se las puede eliminar por cuanto tendríamos que complementar nuestro programa de mantenimiento con todos los elementos o técnicas de mantenimiento preventivo, las recomendaciones del fabricante, los análisis de aceite usado y el mantenimiento por reemplazo de partes; lo cual sería una verdadera aplicación de mantenimiento. Además debemos considerar la experiencia como un elemento importante, todo lo cual nos daría una minimización de costos de mantenimiento, pero además requeriría de una infraestructura considerable. Los resultados obtenidos por nuestro programa de mantenimiento se los puede trasladar a un diagrama de barras para su mayor objetividad, el mismo que deberá ser observado y cumplido al pie de la letra por el personal de lubricación o de mantenimiento en general si las restricciones son las anotadas.

#### 5.7. CONCLUSIONES DEL MODELO

Los resultados obtenidos nos inducen a considerar a ésta

como una herramienta idónea para este tipo de procesos, el mismo que en comparación con su aplicación real hasta la presente, nos da una ventaja en generación de energía eléctrica incrementada en un quince por ciento, además, el tiempo de obtención de el ciclo de mantenimiento que se ha establecido por computador es mucho menor que el establecido manualmente. Si en tiempo nos referimos a un programa de mantenimiento de esta índole con dos personas a tiempo completo, se lo obtiene en el período de diez días hábiles y que comparado con el uso de el computador podemos realizarlo en cinco minutos, lo cual nos dará aún mayor ventaja para un análisis pormenorizado de que elementos del modelo nos podrían permitir obtener mayor tiempo de utilización de los grupos de generación.

A continuación mostramos los resultados obtenidos como óptimo y además simulando fallas fortuitas de un equipo y con estas obtenemos nuevos resultados del proceso.

Luego incluimos un diagrama de barras de la operación de estos equipos que en sí sería el resultado presentado más objetivamente; (estos diagramas podríamos realizarlos con el uso del mini computador pero por fallas del equipo se ha tenido que concluirlos manualmente pasando los resultados de la matriz grabada al gráfico).

---

En el Apéndice "B" incluimos el programa en lenguaje BASIC que sirvió para esta aplicación.

# MATRIZ DE FUNCIONAMIENTO SIMULADA

168	168	120	105	126	105	792
168	120	126	126	168	140	848
168	126	126	120	105	120	765
120	140	140	120	126	105	751
38	105	105	0	140	120	508
0	126	168	168	120	140	722
0	111	168	126	126	126	657
0	999	105	140	168	126	539
0	999	168	105	126	140	539
0	999	105	140	140	126	511
0	999	168	126	120	140	554
120	0	140	140	126	126	652
140	0	126	140	126	105	637
105	0	105	126	126	114	576
126	0	126	120	126	999	498
105	0	168	105	140	999	518
140	0	61	105	140	999	446
120	120	999	168	0	0	408
168	120	999	120	126	0	534
126	140	999	168	140	0	574
168	120	999	126	140	0	554
105	168	999	126	120	0	519
168	126	999	140	126	0	560
140	120	0	105	105	105	575
126	140	0	6	168	140	580
126	168	0	999	140	140	574
168	105	0	999	140	126	539
168	126	0	999	105	168	567
140	168	0	999	140	168	616
41	140	120	0	105	126	532
0	105	105	0	168	168	546
126	105	126	0	168	105	630
120	120	126	0	140	105	611
105	140	126	0	126	126	623
105	126	140	0	105	126	602
168	140	126	168	120	140	862
168	3	168	120	105	140	704
168	0	126	126	13	168	601
140	140	120	120	0	120	640
126	120	105	140	0	126	617
168	168	105	105	0	126	672
168	168	168	168	0	77	749
120	120	105	140	0	0	485
105	140	140	126	0	126	637
140	126	105	105	140	126	742
105	126	168	140	168	120	827
168	168	105	126	120	126	813
105	168	126	126	105	105	735
140	105	90	140	168	168	811
0	140	0	120	120	168	548
120	140	105	105	120	105	695
126	126	105	120	168	120	765

## TRIZ DE FUNCIONAMIENTO PRORRATEADA

132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	0	132.2	101.9	544
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	125	96.7	104.1	0	0	457
131.5	125	96.7	104.1	125	0	582
131.5	125	96.7	104.1	125	0	582
131.5	125	96.7	104.1	125	0	582
131.5	125	96.7	104.1	125	0	582
131.5	125	96.7	104.1	125	0	582
131.5	125	0	104.1	125	131.5	617
131.5	125	0	104.1	125	131.5	617
131.5	125	0	104.1	125	131.5	617
131.5	125	0	104.1	125	131.5	617
131.5	125	0	104.1	125	131.5	617
131.5	125	0	104.1	125	131.5	617
131.5	125	125	0	125	131.5	638
0	125	125	0	125	131.5	506
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	129.6	125	131.5	771
135.8	125	125	129.6	125	131.5	771
135.8	0	125	129.6	125	131.5	646
135.8	140.6	125	129.6	0	131.5	662
135.8	140.6	125	129.6	0	131.5	662
135.8	140.6	125	129.6	0	131.5	662
135.8	140.6	125	129.6	0	0	531
135.8	140.6	125	129.6	0	130.5	661
135.8	140.6	125	129.6	134.4	130.5	795
135.8	140.6	125	129.6	134.4	130.5	795
135.8	140.6	125	129.6	134.4	130.5	795
135.8	140.6	125	129.6	134.4	130.5	795
0	140.6	0	129.6	134.4	130.5	535
120	140.6	105	129.6	134.4	130.5	760
120	140.6	105	129.6	134.4	130.5	760

## TOTAL HORAS TRABAJADAS

5844.9	5363.8	4934.1	5172.4	5822.6	5405.3	3254
--------	--------	--------	--------	--------	--------	------

## HOROMETROS FINALES

20182.9	19467.8	17709.1	17175.4	16010.6	11172.3
---------	---------	---------	---------	---------	---------

SM	MQ-1	MQ-2	MQ-3	MQ-4	MQ-5	MQ-6	TC
	14338	14104	12775	12003	10188	5767	

TRIZ DE FUNCIONAMIENTO SIMULADA

132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662
132.4	81.4	96.7	0	132.2	101.9	544
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566
131.5	125	96.7	104.1	0	0	457
131.5	125	96.7	0	125	0	478
131.5	125	96.7	0	125	0	478
131.5	125	96.7	0	125	0	478
131.5	125	96.7	0	125	0	478
131.5	125	96.7	140	125	0	618
131.5	125	0	126	125	131.5	639
131.5	125	0	120	125	131.5	633
131.5	125	0	120	125	131.5	633
131.5	125	0	140	125	131.5	653
131.5	125	0	168	125	131.5	681
131.5	125	0	120	125	131.5	633
131.5	125	125	120	125	131.5	758
0	125	125	16	125	131.5	522
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	125	125	0	125	131.5	642
135.8	0	125	105	125	131.5	622
135.8	140.6	125	140	0	131.5	672
135.8	140.6	125	140	0	131.5	672
135.8	140.6	125	120	0	131.5	652
135.8	140.6	125	140	0	131.5	672
135.8	140.6	125	126	0	0	527
135.8	140.6	125	168	0	130.5	699
135.8	140.6	125	120	134.4	130.5	786
135.8	140.6	125	126	134.4	130.5	792
135.8	140.6	125	126	134.4	130.5	792
135.8	140.6	125	105	134.4	130.5	771
135.8	140.6	125	140	134.4	130.5	806
0	140.6	0	105	134.4	130.5	510
120	140.6	105	120	134.4	130.5	750
120	140.6	105	168	134.4	130.5	798

## TRIZ DE FUNCIONAMIENTO PRORRATEADA

132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662.
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662.
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662.
132.4	81.4	96.7	117.7	132.2	101.9	662.
132.4	81.4	96.7	0	132.2	101.9	544.
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516.
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516.
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516.
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516.
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516.
0	81.4	96.7	104.1	132.2	101.9	516.
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566.
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566.
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566.
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566.
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566.
131.5	0	96.7	104.1	132.2	101.9	566.
131.5	125	96.7	104.1	0	0	457.
131.5	125	96.7	0	125	0	478.
131.5	125	96.7	0	125	0	478.
131.5	125	96.7	0	125	0	478.
131.5	125	96.7	0	125	0	478.
131.5	125	96.7	118.8	125	0	597.
131.5	125	0	118.8	125	131.5	631.
131.5	125	0	118.8	125	131.5	631.
131.5	125	0	118.8	125	131.5	631.
131.5	125	0	118.8	125	131.5	631.
131.5	125	0	118.8	125	131.5	631.
131.5	125	0	118.8	125	131.5	631.
131.5	125	125	118.8	125	131.5	756.
0	125	125	118.8	125	131.5	625.
135.8	125	125	0	125	131.5	642.
135.8	125	125	0	125	131.5	642.
135.8	125	125	0	125	131.5	642.
135.8	125	125	0	125	131.5	642.
135.8	125	125	0	125	131.5	642.
135.8	125	125	0	125	131.5	642.
135.8	0	125	127.2	125	131.5	644.
135.8	140.6	125	127.2	0	131.5	660.
135.8	140.6	125	127.2	0	131.5	660.
135.8	140.6	125	127.2	0	131.5	660.
135.8	140.6	125	127.2	0	131.5	660.
135.8	140.6	125	127.2	0	0	528.
135.8	140.6	125	127.2	0	130.5	659.
135.8	140.6	125	127.2	134.4	130.5	793.
135.8	140.6	125	127.2	134.4	130.5	793.
135.8	140.6	125	127.2	134.4	130.5	793.
135.8	140.6	125	127.2	134.4	130.5	793.
135.8	140.6	125	127.2	134.4	130.5	793.
0	140.6	0	127.2	134.4	130.5	532.
120	140.6	105	127.2	134.4	130.5	757.
120	140.6	105	127.2	134.4	130.5	757.

## TOTAL HORAS TRABAJADAS

5844.9	5363.8	4934.1	4801.3	5822.6	5405.3	3217.
--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

## HOROMETROS FINALES

20182.9	19467.8	17709.1	16804.3	16010.6	11172.3	
---------	---------	---------	---------	---------	---------	--

SM MQ-1 MQ-2 MQ-3 MQ-4 MQ-5 MQ-6 TC  
 0 0 0 0 0 0 0

TRIZ DE FUNCIONAMIENTO SIMULADA

168	126	126	168	126	126	840
126	168	140	105	105	126	770
105	140	140	105	168	120	778
120	140	168	126	168	126	848
120	126	105	126	126	168	771
126	168	168	168	140	168	938
105	105	140	105	140	105	700
168	120	120	105	126	105	744
120	168	168	105	105	168	834
168	120	105	120	168	120	801
120	168	168	105	168	140	869
168	168	140	120	126	140	862
126	126	105	105	105	120	687
140	105	140	126	105	120	736
126	168	140	126	105	120	785
126	105	168	120	120	105	744
120	140	126	140	126	105	757
140	139	133	120	168	105	805
108	0	0	120	105	126	459
0	120	126	126	0	87	459
168	126	126	59	126	0	605
105	140	126	0	168	126	665
126	105	126	126	120	126	729
140	105	168	168	126	126	833
126	140	168	126	120	168	848
105	120	120	120	105	168	738
105	140	140	105	105	168	763
140	140	126	168	105	140	819
126	105	168	126	140	120	785
126	120	168	126	168	140	848
105	140	168	168	140	120	841
140	105	105	126	105	168	749
126	140	120	105	126	126	743
126	140	168	126	140	126	826
168	168	105	120	126	120	807
168	120	105	120	140	140	793
105	120	126	120	140	126	737
120	168	0	120	105	105	618
126	0	120	140	120	126	632
999	105	140	126	0	0	371
0	126	126	126	105	140	625
105	120	120	0	105	168	618
168	120	126	105	105	126	750
140	120	120	105	140	105	730
140	140	120	140	168	168	876
168	168	140	168	140	105	889
126	140	126	120	105	140	757
120	105	105	126	168	126	750
168	105	126	140	140	140	819
168	168	126	126	120	120	828
120	140	105	105	105	140	715
120	105	168	126	120	140	779





Figura V-2 PROGRAMA OPTIMO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO CORREGIDO

# MOTOR	S E M A N A S																												
HORM. INI.																													
HORM. FIN.																													
MOTOR 1																													
14338	132.4	131.5										135.8										120							
20183																													
MOTOR 2																													
14104	81.4						125.0												140.6										
19468																													
MOTOR 3																													
12775	96.7												125														105		
17709																													
MOTOR 4																													
12003	117.7	104.1						118.7						127.2															
16803																													
MOTOR 5																													
10188	132.2										125.0												134.4						
16010																													
MOTOR 6																													
5767	101.9										131.5												130.5						
11172																													
TOTAL HORAS	662.3	544.6	516.3	566.4	457.3	478.2	597.0	631.8	756.8	642.3	644.5	660.1	528.6	659.1	793.5	532.7	757.7												
32172																													



## CAPITULO VI

### DISEÑO DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO GENERAL PARA CONTROL DE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El aumento de complejidad de la ingeniería de las instalaciones y por lo tanto de la función del mantenimiento preventivo, hace necesaria la utilización de las técnicas -- más avanzadas para aumentar el servicio y mejorar el rendimiento. El desarrollo de la producción de equipos automáticos de costo elevado hace necesario minimizar las paradas por cuanto una pequeña disminución de este tiempo de parada ocasionará un incremento apreciable de la producción.

El procesamiento automático de datos de mantenimiento, proporciona un método para reducir estas paradas asegurando un mantenimiento preventivo de los equipos de producción.

El procesamiento automática de datos tendrá además que establecer almacenamientos en memoria auxiliar de todos y ca

da una de las acciones tomadas sean de mantenimiento preventivo, o de mantenimiento correctivo para al final de un ciclo o etapa valernos de estos y poder establecer cuales son las condiciones de las máquinas y aún más los costos en que incurren cada una y el total de la instalación. Estas ventajas sólo se las puede palpar luego de realizar -- una tarea de análisis, la misma que deberá establecer cuales son las necesidades tanto de información utilizable, -- para cumplir esta función y además establecer que datos -- son necesarios para esta aplicación.

#### 6.1. DEFINICION DE PARAMETROS

- En una planta industrial tenemos que clasificar y dar denominaciones especiales a cada una de las áreas en la cual se hallan los equipos, para evitar al máximo posibles confusiones al momento de realizar el mantenimiento preventivo.

Es una codificación en forma numérica de cada una de las áreas, la misma que podría ser al azar, pero conservando luego, la primera denominación de el área por un tiempo considerable.

Hemos creído conveniente darle a esta codificación una característica numérica ascendente constituida de tres dígitos, lo cual nos daría margen hasta 999 áreas diferentes dentro de una planta industrial.

CODIGO DE AREA           XXX           NUMERICO

- Otro parámetro que nos permite establecer que equipo o parte ha entrado a este sistema de control secuencialmente en el tiempo, es el REGISTRO NRO., que nos dará una idea clara de que tiempo está en el sistema esta parte o la edad de servicio que tiene este.

Es aceptable el mantener para este caso un campo de cuatro dígitos numéricos, el mismo que nos permitirá tener hasta 9999 partes diferentes de equipos, este margen de cantidad que nos estamos dando, nos permiten incrementos futuros que ciertamente para plantas pequeñas no estaría siendo utilizado en toda su capacidad pero si se provee la expansión creciente a la que -- tiende toda industria.

REGISTRO NRO.                      XXXX                      NUMERICO

Debemos además considerar que es más sencillo la digitación de números antes que una combinación de números y letras que haría más engorroso el procedimiento, y además las posiciones que se están utilizando sea en memoria central o axiliar se reducen y nos hará más económico el proceso.

NUMERO DEL EQUIPO	<u>XX</u>	<u>XX</u>	<u>XX</u>	<u>XXX</u>	NUMERICO
					NUMERO DE LA PARTE
					NUMERO DE EQUIPO
					SISTEMA AL QUE PERTENECE
					PROVEEDOR USUAL

- Otro parámetro que debe realizar varias consideraciones es el NUMERO DE EQUIPO. Este dato debe guardar información y se la puede conformar de la siguiente manera:

XX Primero y Segundo Dígito, los mismos que nos indican que proveedor es el que dispone para una referencia inmediata al momento de la falla. También este presupuesto el establecimiento de los proveedores potenciales de este equipo.

XXXX Dígitos Tercero y Cuarto, los mismos que tienen un significado de que sistema es componente dentro de la planta así podríamos decir 10 sistema de enfriamiento, 20 sistema de lubricación.

XXXXXX Dígitos Quinto y Sexto, que será la especificación de que la parte pertenece al equipo al que nos referimos también esto dará origen a la conformación de una tabla la misma que contendrá todos los equipos existentes en la planta, y

XXXXXXXXX Dígitos, Séptimo, Octavo y Noveno que nos especifica el número de parte, el mismo que deberá ser codificado de acuerdo al manual de la máquina PART LIST - en el mismo que nos estamos refiriendo específicamente a cada una de las partes que constituyen la máquina o equipo específico.



- Consideramos además que otro de los parámetros a ser almacenados deberá ser el lubricante a ser utilizado, que deberá ser el resultado de el estudio de lubricación -- que debe ser realizado antes.

## DENOMINACION DE LUBRICANTE

NUMERO DE LUBRICANTE                   (15)                   ALFANUMERICO

- Un parámetro de mucha importancia es la fecha de la última realización de el mantenimiento o lubricación realizada, la misma que nos indicará cuando se debe realizar la siguiente:

FECHA ULTIMA                           AA/MM/DD                   NUMERICO

- Como parámetro fundamental también debemos considerar - la frecuencia, la misma que es otro dato que nos arroja el estudio de lubricación a los mandos de mantenimiento entregados por el fabricante.

FRECUENCIA                           X                   NUMERICO

- Creemos que como una consideración importante debemos - establecer alguna instrucción especial de la manera como realizar la obra, la misma que deberá ser entregada al momento que esta parte del equipo entre en el sistema de control.

INSTRUCCION DE APLICACION   X                   NUMERICO

- Debemos considerar que no todas las labores son necesariamente realizadas por personal de mano de obra califi

cada y este campo deberá tener en consideración que tipo de cuidado se debe tener en cuenta instrucción o experiencia que tenga a la persona que vamos a dar esta labor.

HABILIDAD

XXX

NUMERICO

Figura VI-1.- FORMULARIO PARA EL INGRESO DE INFORMACION

DATOS DE MANTENIMIENTO			EMPRESA			PLANTA				
AREA	REGISTRO SECUENCIA	NRO. DEL EQUIPO	NOMBRE DEL EQUIPO	NOMBRE DE PARTE	METODO PLICADO	LUBRICANTE	FECHA SEC. APLIC.	FREC.	INT. ESP.	HABILIDAD REQ.
(3)	(4)	(9)	(19)	(10)	(18)	(15)	(6)	(1)	(1)	(3)

6.2. ESPECIFICACIONES DE ENTRADAS Y SALIDAS

De acuerdo a los parámetros que hemos definido debemos especificar en dos grupos los mismos que de acuerdo a las necesidades deberán ser especificadas ya que no son los mismos para una actualización o solamente para una corrida.

### 6.2.1. DATOS DE ENTRADA

De acuerdo al tipo de proceso a realizarse se debe diferenciar que los datos no son los mismos, y debemos anotar de acuerdo a las necesidades.

Luego que el sistema ha pasado por los pasos anteriores de los parámetros, definición y codificación.

### PROCESO DE INCLUSIONES

Para este proceso se deberá incluir todos los parámetros - que se anotaron como parámetros válidos ya que se trata - de una inclusión de un nuevo juego de datos los mismos que - estarán incluidos en el almacenamiento auxiliar al que -- nos hemos referido para su posterior proceso.

Es de estimar que como se trata de nuevos datos a almacenarse se considera también dentro de estos a la carga inicial, la misma que tiene la única diferencia en el volumen de estos.

Figura -VI-2.- FORMULARIO PARA INCLUSION DE NUEVOS REGISTROS.

AREA	REGIS- TRO SE CUENC.	TRB. HJ.	NUMERO DEL EQUIPO	NOMBRE DEL EQUIPO	NOMBRE PARTE APLIC.	METODO LUBRIC UTILIZ.	LUBRIC.	FECHA SEGUI MIENT	FREC.	HRS EMP	HABI LI DAD
(3)	(4)	(1)	(9)	(19)	(10)	(8)	(15)	(6)	(1)	(1)	(3)

PROCESO DE CAMBIOS

En todo sistema se debe considerar que los datos entregados por primera vez no son los óptimos y este debe ser lo suficientemente flexible para permitirnos modificaciones - en los datos entregados con anterioridad.

Este proceso nos permite realizar cualquier cambio o modificación de todos o uno de los parámetros del registro almacenado, para esto es indispensable el entregarle al computador los siguientes datos:

AREA	REGISTRO SECUENC.	TRANSF.	CAMPOS A SER CAMBIADOS
(3)	(4)	(1)	(?)

Figura V-3.- FORMULARIO PARA REALIZAR ALGUN CAMBIO

PROCESOS DE ELIMINACION

Otro de los procesos necesarios debe ser el de borrado de registros ya que es del caso que eliminemos un equipo, el mismo que sería intrascendente el seguir manteniendo registros algo que ya no es necesario ya que además nos estaría ocupando área en el dispositivo sin ninguna utilidad y también llegaría el momento en que ya no podremos incluir uno solo más, por cuanto tendremos muchísimos que no presentan ninguna utilidad pero ocupan un sitio dentro de los dispositivos de almacenamiento.

Para este proceso es necesario entregar al computador como parámetros o datos:

- El área en el que se encuentra el equipo a eliminarse.
- El número de registro de este.

Con el cual logramos eliminar información que ya no es válida.

Figura VI-4.- FORMULARIO PARA ELIMINAR ALGUN REGISTRO.

AREA	REGISTRO SEC.	TRANSF.	
(3)	(4)	(1)	

## PROCESO DE CONTROL

Para este proceso necesitaremos como único dato al darle - al Computador la fecha a la que deseamos obtener estos - listados de control de mantenimiento, lo cual servirá co- mo parámetro de comparación y serán listados todos aque- llos equipos y tareas que cumplan con la condición de me- nor o igual que esta.

### 6.2.2. INFORMACION DE SALIDA

Si nuestro objetivo dentro del sistema es el de utilizar - el computador como una herramienta idónea que nos presta - innumerables ventajas por la velocidad de manipulación de información y aún más la exactitud de sus resultados. Es- ta utilización es para el control de mantenimiento preven- tivo.

Debemos esperar que los informes que se obtengan de esta - herramienta guarde ciertas características como:

- Claridad
- Precisión
- Suficiencia.

Claridad por cuanto el personal que utilizará estos repor- tes no necesariamente deberá tener mayor instrucción depen- diendo del trabajo que realiza y esta característica de-

berá permitirle una comprensión inmediata con solo mirar - lo registrado en estos.

Precisión además es indispensable que la labor a realizarse sea clara y precisa para que no permita posibles equivocaciones junto con indicación de que parte, de que máquina, de que área se debe realizar la actividad encomendada.

Suficientes en el sentido de que guarde todas las indicaciones necesarias para que no sea entorpecida la labor a realizar.

Estas tres características como en cualquier sistema de información son las necesarias ya que estamos utilizando a este como cualquier otro sistema de información y no sería dable que tratemos de hacer una diferenciación si para todas las aplicaciones un sistema de información cumple con su cometido.

Figura VI-5.- FORMATO DE SALIDA PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO

PLAN DE MANTENIMIENTO

FECHA XX/XX	AREA	XXXX	CODIGO DE HABILIDAD XXXXX				
			REALIZADO POR: .....				
EQUIPO NRO.	NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCION DE PARTE	METODO	LUBRICANTE	COD. INJT	REGISTRO NUMERO	
XXXXXX	-----	XXXXXXXXXXXXX	-----	XXXXXXXXXX	-----	XXXXXX	
XXXXXX	-----	XXXXXXXXXXXXX	-----	XXXXXXXXXX	-----	XXXXXX	
XXXXXX	-----	XXXXXXXXXXXXX	-----	XXXXXXXXXX	-----	XXXXXX	
XXXXXX	-----	XXXXXXXXXXXXX	-----	XXXXXXXXXX	-----	XXXXXX	
XXXXXX	-----	XXXXXXXXXXXXX	-----	XXXXXXXXXX	-----	XXXXXX	

Otros de los reportes necesarios para ser utilizados como un control propio del sistema es el que nos entregará al momento de realizar cualquier actualización un listado general de todos los registros que se hallan en los archivos, los mismos que cada vez que se realice estos procesos en los que modificaremos datos, borramos partes o máquinas que se dieran de baja o se añadieran nuevos equipos y cada una de las partes que requieren mantenimiento, el sistema nos entregará un listado de control actualizado al momento, lo cual puede ser utilizado en muchas unidades de la planta. Este tipo de reportes deberá contener toda la información que contiene el archivo fomateado de la siguiente manera:

REGISTRO DE EQUIPOS Y, PARTES

EMPRESA: ----- PLANTA: -----

FECHA : XX/XX/XX AREA : XXXXX

REG. NRO.	DE NOMBRE PARTE	METODO LUBRICAN	FECHA SI	INST. CODIGO
NRO. EQUIPO DEL E-	NOMBRE APLICA	TE UTILI	GUIENTE	FREC. ESP. HABIL.
QUIPO	DO	ZADO		
XXX	----- XXXXXX	----- XXXXXX	----- XXXXXXXXX	----- XXXXX
XXX	----- XXXXXX	----- XXXXXX	----- XXXXXXXXX	----- XXXXX
XXX	----- XXXXXX	----- XXXXXX	----- XXXXXXXXX	----- XXXXX
XXX	----- XXXXXX	----- XXXXXX	----- XXXXXXXXX	----- XXXXX
XXX	----- XXXXXX	----- XXXXXX	----- XXXXXXXXX	----- XXXXX

Figura VI-6.- FORMATO DE SALIDA DEL ARCHIVO MAESTRO

un aparato de este sistema. Dentro de esta aplicación nos es  
 necesario tener presente que el control de mantenimiento preventivo menor por  
 considerarse a este tipo de actividades que deben ser  
 llevadas con mayor cuidado, considerando que es verdadera-  
 mente este, el que nos da como resultado una adecuada ope-  
 ración de las máquinas y por uno de los factores que más  
 contribuye a la conservación de los mismos.

CAPITULO VII

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO -  
 PREVENTIVO (LUBRICACION)

7.1. DISEÑO DEL SISTEMA

Para el diseño de este sistema que tenga como objetivo --  
 principal, la aplicación y su control de mantenimiento pre-  
 ventivo menor debemos considerar que:

Los datos especificados en el capítulo anterior son los ne-  
 cesarios y suficientes para extender este control a cual--  
 quier tipo de mantenimiento programado, aún podríamos com-  
 prender que la extensión de la información almacenada de-  
 berá tener un fin especificado, la cual a menos de la indi-  
 cada puede incrementarse con la edad de la máquina o parte  
 de esta, precio, proveedor metalografía de su composición.

Toda esta información de incremento deberá ser almacenada  
 si el deseo de control se quiere extender hacia aplicacio-  
 nes más sofisticadas, lo mismo que las áreas a las que de-

ba apoyar este sistema. Dentro de esta aplicación nos limitamos a control de mantenimiento preventivo menor por - considerar a este una de las actividades que deben ser - llevados con mayor cuidado, considerando que es verdaderamente este, el que nos da como resultado una adecuada operación de las máquinas y ser uno de los factores que más pesan a la conservación de los mismos.

Debemos diferenciar varios procesos a seguirse:

#### PROCESO DE CARGA INICIAL

El mismo que servirá como proceso inicial de la utilización de el sistema al considerar dentro de esta actividad el introducir en archivos magnéticos todos los equipos, - sus características lapsos durante los cuales serán realizadas las labores que necesitan para cumplir este objetivo;

Esta es una labor que se realiza por una sola vez y que - tiene como subactividades: la codificación de acuerdo a - normas establecidas de los códigos de equipo, la codificación de tablas de referencia como la de habilidades, códigos de frecuencias de aplicación, y códigos de instruccion de la tarea, proveedores, costo (si se requiere).

Como se verá es una labor un tanto larga que nos ayudará en lo posterior a estandarizar todos los códigos que serán utilizados a lo largo de la explotación de este sistema.

Además debemos considerar que siendo una tarea que se realiza por una sola vez, la misma, al desarrollar el sistema debe estar en ejecución paralelamente con este y que si existe nuevos cambios en el tiempo de explotación serán realizados pero con la salvedad que solamente entrarán los registros nuevos y con modificación.

Para esta carga es necesario que se defina un programa de aplicación, el mismo que debe guardar las consideraciones hechas anteriormente.

Aceptar la información de entrada por medio de cualquier dispositivo definido para el caso y que tenga como salida la grabación en cinta o disco para mejorar la velocidad de acceso.

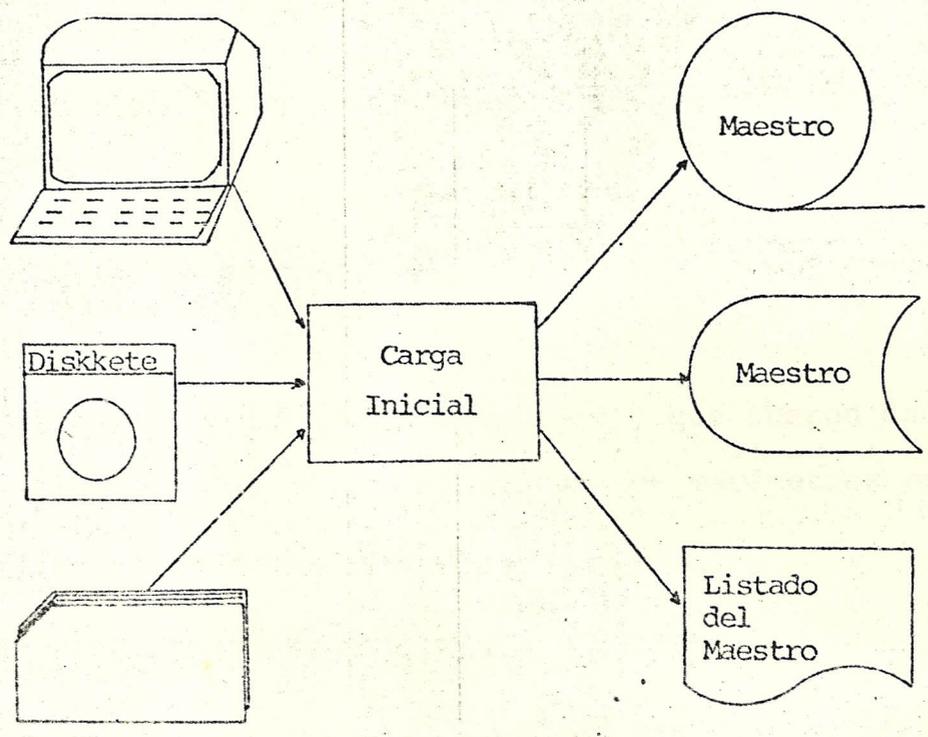


Figura VII-1.- DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE CARGA INICIAL

### PROCESO DE ACTUALIZACIONES

Este proceso debe tener como función el realizar cualquier cambio que se de en equipos o partes, los mismos que pueden diferenciarse en los siguientes:

#### INCLUSIONES

Debe ser el sistema lo suficientemente flexible para que acepte cualquier cantidad de equipos nuevos o reemplazos que lógicamente no van a tener las mismas características de los anteriores, siendo este un proceso que para el sistema será tomado como una actualización general, y que con los datos especificados anteriormente, entre al sistema todas las máquinas que estarán bajo este sistema y que aún pueden ser del caso que se trate de un olvido en la carga inicial.

#### BORRADO DE REGISTROS DE EQUIPOS

El sistema está en condiciones de eliminar uno o varios equipos que ya no están en actividad y que fueron dados de baja con solo entregarle al sistema los parámetros especificados.

#### CAMBIOS DE REGISTROS DE EQUIPOS O PARTES

Esta es una de las facilidades que nos ayudará en el mantenimiento ya que si consideramos que la especificación -

que hicimos con anterioridad no satisface nuestros requerimientos podremos cambiar cualquiera de los parámetros dentro de los archivos y aliminar los anteriores.

Los tres procesos anotados para mayor comprensión los definimos como actualizaciones de el archivo maestro el mismo que nos sirve para el control de mantenimiento.

Por disponer para el desarrollo, de un equipo grande de computación he definido un programa en lenguaje ANS-COBOL que nos presta muchas facilidades, el mismo que realiza en un solo programa los tres procesos enunciados ya que clasifica la información de entrada, luego buscará de acuerdo al proceso especificado como datos, la rutina que debe poner en actividad y luego de finalizado el proceso guarda el nuevo archivo maestro e imprime éste maestro actualizado.

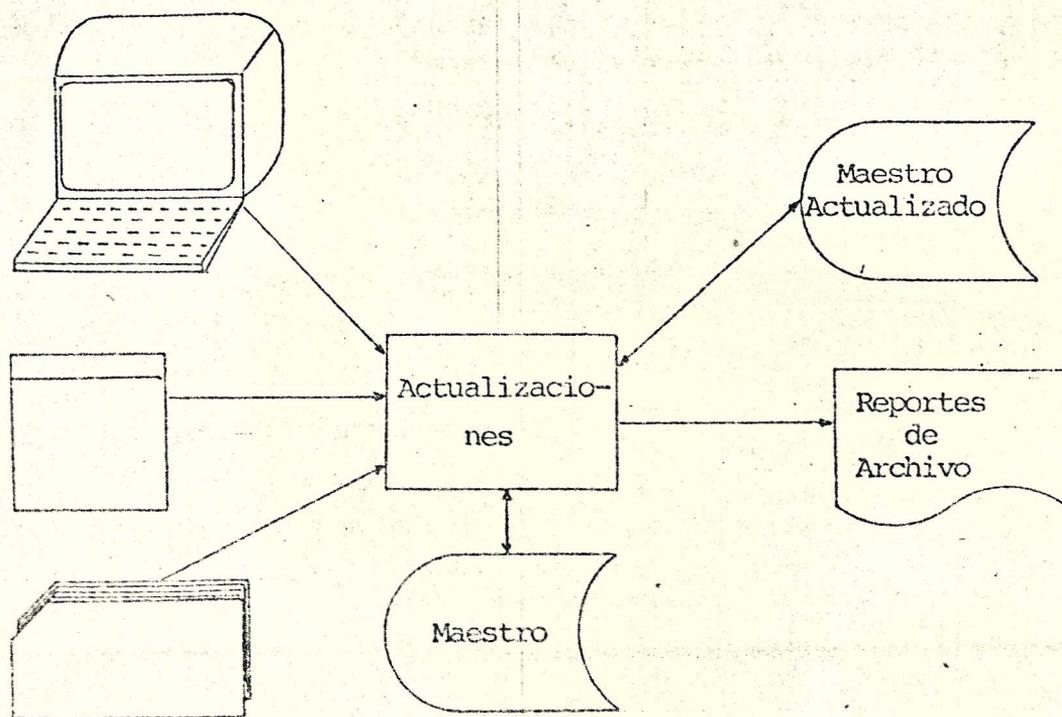


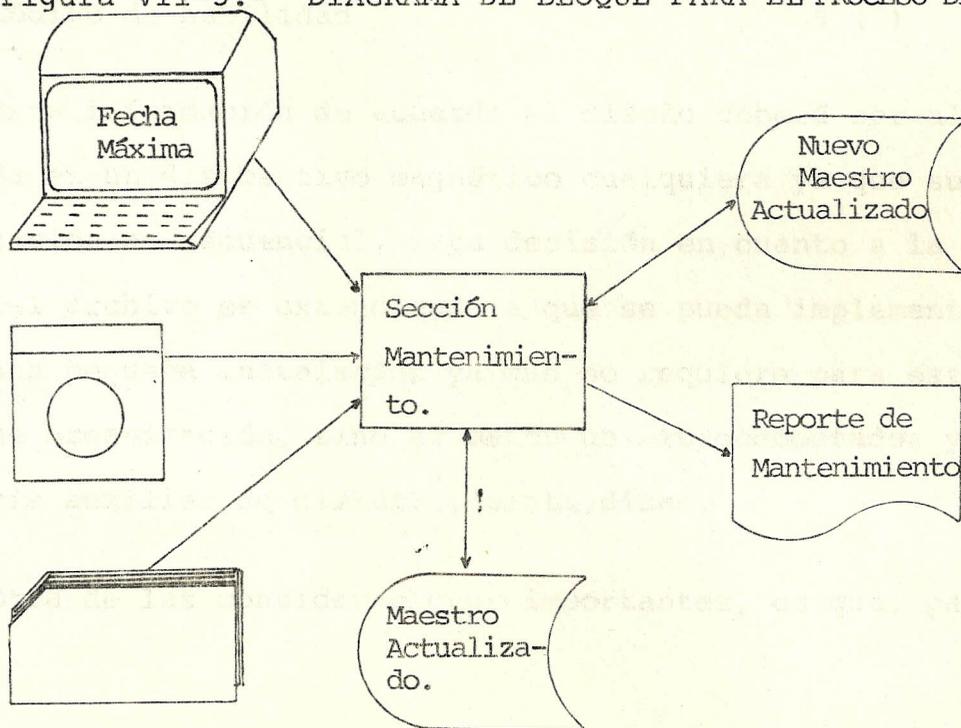
Figura VII-2.- DIAGRAMA DE BLOQUE PARA EL PROCESO DE ACTUALIZACIONES

PROCESO DE SELECCION DE MANTENIMIENTO

Este es el proceso central de la aplicación ya que este debe cumplir con la función específica con solo utilizar una ficha de corrida buscar de todo el archivo maestro los registros o equipos que deberán entrar en mantenimiento -- para esta fecha; actualizar el archivo maestro en el parámetro de la nueva fecha siguiente a ser mantenido en equipo e imprimir reportes, los mismos que estarán dándole con todos los parámetros especificados la actividad a realizar en una parte de la máquina a toda la máquina si es del caso.

Además deberá este programa regresar la misma información actualizar al archivo maestro que de esta manera queda listo para otra corrida posterior.

Figura VII-3.- DIAGRAMA DE BLOQUE PARA EL PROCESO DE SOLUCION



## 7.2. DEFINICION DE ARCHIVOS

Para la aplicación definida se debe considerar como información primaria indispensable los parámetros que fueron definidos en el capítulo anterior tales como:

Area a la que pertenece	9 (3)
Número de registro	9 (4)
Número de equipo	9 (9)
Nombre de equipo	X (19)
Nombre de parte	X (10)
Método de lubricación	X (8)
Lubricante utilizado	X (15)
Fecha de aplicación siguiente	9 (6)
Frecuencia de aplicación	9
Código de instrucción	9
Código de habilidad	9 (3)

Esta información de acuerdo al diseño deberá ser almacenada en un dispositivo magnético cualquiera ya que su organización es secuencial, esta decisión en cuanto a la forma del archivo es extendiendo a que se pueda implementar en una pequeña instalación ya que no requiere para esta forma de organización, sino al menos un microcomputador y memoria auxiliar de diskette, cinta, disco.

Otra de las consideraciones importantes, es que, para la

utilización se deberá definir dos archivos idénticos, los mismos que serán:

El primero como archivo maestro, el segundo como archivo de trabajo, ya que en todos los procesos debemos leer y actualizar el registro requerido lo cual supone utilizar a este archivo de trabajo para la grabación de información actualizada y que luego de finalizar el trabajo tenemos nuevamente que volcar la información contenida en el de trabajo al maestro, de tal manera que el archivo maestro se encuentre -- siempre actualizado.

Es de considerar que este sistema tiene como objetivo primordial el mantenimiento preventivo, el mismo que puede -- ser extendido para buscar apoyo a otras unidades de la empresa ya que si incluimos dentro de los archivos información sobre costo de cada actividad requerirá de otro archivo que podría contener datos en los que se encuentran las partes, los equipos al que pertenece con sus costos incurridos, lo cual daría como resultado un permanente costeo de la unidad y de producción, lógicamente que para esta -- nueva utilización se deben definir programas de acuerdo -- con las necesidades del departamento financiero que será -- el receptor de la información; y por otro lado nos permitirá conocer el costo de mantenimiento de cada equipo para -- decisiones de reemplazo del mismo haciendo consideración e conómica.

Una aplicación completa, disponiendo de un equipo computacional grande deberá considerar la utilización de base de datos, la que no solamente guardará la información actualizada sino también información histórica.

Para esta aplicación particular se definirán los archivos secuenciales y como soporte de esta información se utiliza disco duro magnético, en el caso se utiliza lenguaje de programación cobol y diskettes en el caso de la utilización de lenguaje basic para micro-computador.

### 7.3. DEFINICION DE PROGRAMAS

La definición de los programas se los ha realizado totalmente en la sección 7-1, al requerir la forma en el proceso los mismos que diferien en cuanto a las características especiales al utilizar lenguajes de programación diferentes, como son ANS - COBOL y BASIC.

### 7.4. CODIFICACION DE PROGRAMAS

Los programas codificados tanto en lenguaje ANS - COBOL -- como BASIC se encuentran los listados en el apéndice "C".

### 7.5. PRUEBAS

En las pruebas se incluyen los resultados tanto de el plan de mantenimiento como el listado del archivo maestro, las cuales se presentan a continuación.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
001	0001	010101001	BOMBA	DESCGA	BUNKER	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC2 *** REDIFLADO ****																																							
002	0002	010101002	BOMBA	TRANSF	BUNKER	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0003	010101003	BOMBA	TRANSF	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
001	0004	010101004	BOMBA	DESCGA	BUNKER	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0005	010101005	BOMBA	TRANSF	BUNKER	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0006	010101006	BOMBA	TRANSF	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
001	0007	010101007	BOMBA	2 SMNT	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
001	0008	010101008	BOMBA	3 SMNT	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
001	0009	010101009	BOMBA	4 SMNT	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0010	010101010	BOMBA	5 SMNT	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0011	010101011	BOMBA	6 SMNT	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0012	010101012	BOMBA	1 SMNT	DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
001	0013	010101013	BOMBA	DRNAJ	CCMLUST	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC1																																							
002	0014	010102002	BOMBA	TRANSF	BUNKER	VALVULA-MT	CHEQ/NIV	TALPA 40	84030E	3	1	CC3																																							
002	0015	010102002	BOMBA	TRANSF	DIESEL	VALVULA-MT	CHEQ/NIV	TALPA 40	84030E	3	1	CC3																																							
001	0016	010102003	BOMBA	TRANSF	DIESEL	VALVULA-MT	CHEQ/NIV	TALPA 40	84030E	3	1	CC3																																							
001	0017	010101014	PURIFICADCR	DIESEL	FILTRO	CHEQ/NIV	AS11#01	84030E	3	4	CC3																																								
001	0018	010101015	PURIFICAD 2	DIESEL	FILTRO	LIMP/NIV	AS123-TALPA 40	84030E	3	4	CC3																																								
001	0019	010101016	PURIFICADCR 3	DIESE	FILTRO	LIMP/NIV	AS123-TALPA 40	84030E	3	4	CC3																																								
001	0020	010101017	MOTOR	DIESEL # 1	BOME-DS-DI	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC3																																								
001	0021	010101018	MOTOR	DIESEL # 2	BO-DESC-DS	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC3																																								
001	0022	010101019	MOTOR	DIESEL # 3	BMB-U-DISL	MANUAL	ALBANIA #2	84030E	3	2	CC3																																								
001	0023	010102017	MOTOR	DIESEL # 1	BMB-A-TURB	MANUAL	TURBC CIL T-78	84030E	3	5	CC2																																								
001	0024	010102018	MOTOR	DIESEL # 2	BMB-A-TURB	MANUAL	TURBC CIL T-78	84030E	3	5	CC2																																								
001	0025	010102019	MOTOR	DIESEL # 3	BMB-A-TURB	MANUAL	TURBC CIL T-78	84030E	3	5	CC2																																								
001	0026	010103017	MOTOR	DIESEL # 1	BMB-A-BALC	MANUAL	ARGINA 40	84030E	3	4	CC2																																								
001	0027	010103018	MOTOR	DIESEL # 2	BMB-A-BALC	MANUAL	ARGINA 40	84030E	3	4	CC2																																								
001	0028	010103019	MOTOR	DIESEL # 3	BMB-A-BALC	MANUAL	ARGINA 40	84030E	3	4	CC2																																								
001	0029	010104017	MOTOR	DIESEL # 1	BMB-A-PURF	MANUAL	ARGINA 40	84030E	3	4	CC2																																								
001	0030	010104018	MOTOR	DIESEL # 2	BMB-A-PURF	MANUAL	ARGINA 40	84030E	3	4	CC2																																								
001	0031	010104019	MOTOR	DIESEL # 3	BMB-A-PURF	MANUAL	ARGINA 40	84030E	3	4	CC2																																								
001	0032	050401020	COMPRESOR # 1	ENGRANAJE	MANUAL	TURBC CIL T-33	84030E	3	5	CC3																																									
001	0033	050401021	COMPRESOR # 2	ENGRANAJE	MANUAL	TURBC CIL T-33	84030E	3	5	CC3																																									
001	0034	020705017	MOTOR	DIESEL # 1	FLTR-A-ADM	MANUAL	OMALA TX	84030E	4	4	CC2																																								
001	0035	020705018	MOTOR	DIESEL # 2	FLTR-A-ADM	MANUAL	OMALA TX	84030E	4	4	CC2																																								

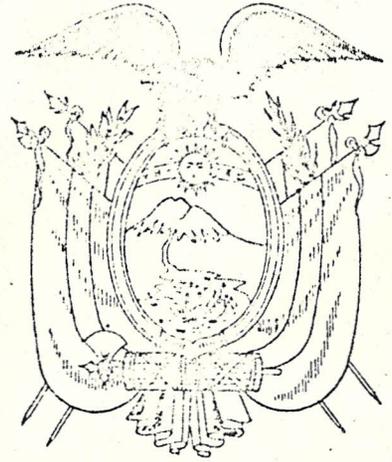
178

12	001	0037	010100017	MOTOR DIESEL # 1	FILTR-ADN	MANUAL		84030E	4	4	CC2
13	001	0038	010100019	MOTOR DIESEL # 3	TURB	COMPR	MANUAL	84030E	5	6	CC3
14	001	0039	010001022	REGULADOR VELOC #1	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA # 2	84030E	5	5	CC3
15	001	0040	010001023	REGULADOR VELOC #2	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA # 2	84030E	5	5	CC2
16	001	0041	010001024	REGULADOR VELOC #3	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA # 2	84030E	5	5	CC2

12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63

64

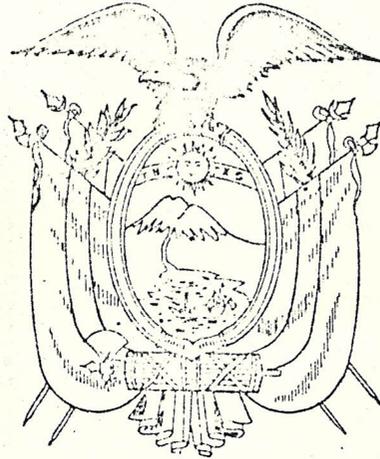
C26705017 MOTOR DIESEL # 1 FLTR-A-ADM MANJAL GUALA TX TRIMEST LINEIE FILTR CC24 001  
C16106019 MOTOR DIESEL # 3 TURB CUMPR MANJAL SEMESTR REEMPLACE CC36 001



MINISTERIO DE FINANZAS Y CREDITO PUBLICO

130

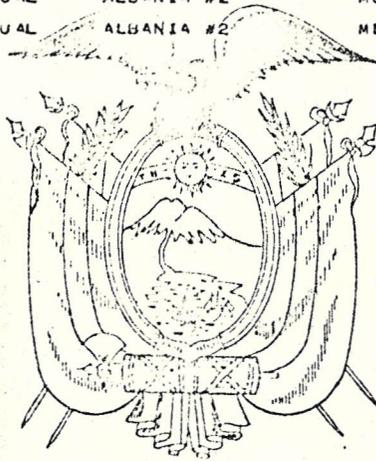
C1001022 REGULADOR VELOCIDAD #1 ENGRANAJE MANUAL ALDANIA # 2 SEMESTRAL CAMEIC ACEITE CC35 001  
C10102002 BOMBA TRANSFER DUNKER VALVULA-MT CHEQU/NIV TALPA 30 MENSUAL CHEGLEC CC14 002  
C10102002 BOMBA TRANSFER DIESEL VALVULA-MT CHEQU/NIV TALPA 40 MENSUAL CHEGLEC CC15 002



MINISTERIO DE FINANZAS Y CREDITO PUBLICO

181

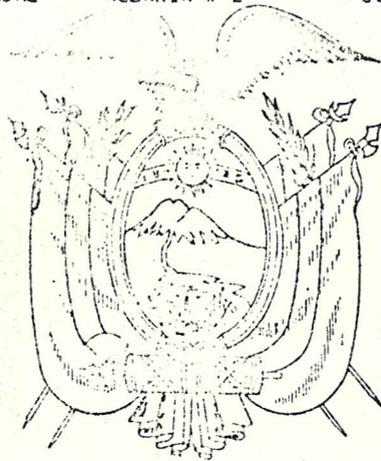
C1C1J1007	EDMBA 2 SMNT DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	MENSUAL	ENGRASE	CC07	001
C1C1J1008	EDMBA 3 SMNT DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	MENSUAL	ENGRASE	CC08	001
C1C1J1009	EDMBA 4 SMNT DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	MENSUAL	ENGRASE	CC09	001
C1C1J1010	EDMBA 5 SMNT DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	MENSUAL	ENGRASE	CC10	002
C1C1J1011	EDMBA 6 SMNT DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	MENSUAL	ENGRASE	CC11	002
C1C1J1012	EDMBA 1 SMNT DIESEL	ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA #2	MENSUAL	ENGRASE	CC12	002



MINISTERIO DE FINANZAS Y CREDITO PUBLICO

192

010102003	BOMBA TRANSF DIESEL VALVULA-MT	CHEO/NIV	TALPA 40	MENSUAL	CHECLEC	CC16	601
010101014	PURIFICADOR DIESEL FILTRO	CHEO/NIV	ASIIA01	MENSUAL	LIMPIE FILTR	CC17	601
010101016	PURIFICADOR 3 DIESEL FILTRO	LIMP/NIV	AS123.TALPA 40	MENSUAL	LIMPIE FILTR	CC15	601
090401020	COMPRESOR # 1 ENGRANAJE	MANUAL	TUKED CIL T-33	MENSUAL	CAMBIO ACEIT	CC32	401
010001023	RECILLADOR VELLUD #2 ENGRANAJE	MANUAL	ALBANIA # 2	SEMESTR	CAMBIO ACEIT	CC40	601



MINISTERIO DE FINANZAS Y CREDITO PUBLICO

183

### CONCLUSIONES

Podemos ver claramente que otras disciplinas pueden prestar ayuda abundante, como la Investigación Operativa y la Informática dentro del área de mantenimiento preventivo, las mismas que con una sorprendente simplicidad tratan el tema, y resuelven desde un punto de vista matemático en el primer caso, apoyado por la segunda y en el caso de la utilización de Sistemas de Información juntamente con un ordenamiento lógico de los elementos también resuelven -- parcialmente el complejo problema que se presenta en algunas plantas industriales como es el mantenimiento preventivo.

Esta simplicidad es el resultado de investigaciones primarias de cada uno de los problemas en particular para luego generalizarlo y que pueda ser utilizado con un alto -- grado de eficiencia en una gran mayoría de plantas con simi- milares características.

Es de anotar que en el caso de el capítulo que se refiere

al Sistema de Información que es como se maneja la actividad de mantenimiento preventivo este puede ser ampliado -- para que sea manejado como un MACRO-SISTEMA, el mismo que por la extensión y recursos que requiera solamente se ha llegado a la primera fase, la cual deja un amplio camino libre para configurar a este de tal manera que pueda prestar apoyo a casi todas las áreas de una empresa tales como:

Financiera  
 Adquisiciones  
 Producción  
 Bodegas

La limitación anotada deberá tomársela como un enmarcamiento dentro de los objetivos de el presente trabajo, y que -- como anoté en el párrafo precedente se debe a la gran investigación de campo que este requiere y los recursos necesarios tanto de máquina (computador) como de personas por su extensión.

### RECOMENDACIONES

Si bien se puso muchos énfasis en la lubricación por considerar que es una de las tareas que más pesan en el mantenimiento de equipos para su conservación, dentro de esta se trató de los análisis de aceites usados las mismas que son un apoyo real para esta actividad ya que nos permiten conocer de antemano que si no se toma alguna acción que corrija posibles deterioros de las partes sea esta por mala operación o cualquier otro motivo tendremos una falla que con toda seguridad tendrá un costo muy superior; siendo éste de tomarse muy en cuenta y especial cuidado en su aplicación.

Además otro de los apoyos para la actividad de mantenimiento es el de reemplazo de equipos por edad, consideración económica y la utilización de los resultados del aceite usado dándonos un programa de reemplazos de partes.

La formulación del modelo de mantenimiento y operación es en sí una práctica muy utilizada porque se ha demostrado

la utilidad que presta. Unicamente es de especial cuidado el anotar todas las restricciones que en la realidad se -- presentan, siendo este el paso de mayor importancia dentro del modelo, logicamente haciendo ciertas simplificaciones.

Para la utilización de el sistema de control de mantenimiento que es de tipo general, es de esperarse que quien esté frente de un departamento de mantenimiento, tenga en cuenta que si bien el trabajo de codificación de cada equipo - y dentro de éste de cada parte a ser mantenida, es considerable, por lo que no presta gran ayuda si se aplica en una pequeña planta, pero si esta aplicación se realiza a grandes factorías se puede inmediatamente considerar la utilidad que presta y si aún más, el sistema entrega información exacta y veraz a otras unidades, se puede decir que en -- ciertas empresas vendría este sistema a convertirse en una necesidad, y que unicamente como recomendación se debe anotar el mantener la información correctamente actualizada.

A P E N D I C E S

APENDICE A

TABLAS DE CONVERSION DE VISCOSIDAD

T A B L A N<sup>o</sup> 1  
CONVERSION DE VISCOSIDAD

N <sup>o</sup> VISCOSIDAD  SAE	CENTIPOISES		CENTISTOKES		S.U.S.		REDWOOD N <sup>o</sup> 1 Seg.		GRADOS ENGLER	
	VISCOSIDAD At. 0 F (-17.8C)									
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
5w	-	1.200	-	1,300	-	6,000	-	5,200	-	172
10w	1,200	2,400	1,300	2,600	6,000	12,000	5,200	10,500	172	343
10w	2,400	9,600	2,600	10,500	12,000	48,000	10,500	42,500	343	1.386
	VISCOSIDAD A 210 F ( 99 C)									
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
	20	4,7	7.9	5.7	9.6	45	58	41	52	1.45
30	7.9	10.6	9.6	12.9	58	70	52	62	1.80	2.12
40	10.6	13.8	12.9	16.8	70	85	62	75	2.12	2.52
50	13.8	18.7	16.8	22.7	85	110	75	98	2.52	3.19
-	3.2		3.9		39		36		1.31	
-	3.5		4.2		40		37		1.34	

TABLA N<sup>o</sup> 1 CONTINUACION

CONVERSION DE VISCOSIDAD

VISCOSIDAD SAE N <sup>o</sup>	CENTISTOKES				REDWOOD				ENGLER			
	O F (-17.8° C)		210 F (99°C)		O F (-17.8°C)		210 F (99°C)		O F (-17.8°C)		210 F (99°C)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
75	....	3.257	....	.....	.....	13,100	.....	.....	.....	430	.....	....
80	3,257	21,716	....	.....	13,100	87,600	.....	.....	430	2,867	.....	....
90	....	.....	14,24	25,0	.....	.....	66.4	106.6	.....	.....	2.25	3.47
140	....	.....	25,0	42,7	.....	.....	106.6	179.2	.....	.....	3.47	5.71
250	....	.....	42.7	....	.....	.....	179.2	.....	.....	.....	5.71	....
SUS	CENTISTOKES				REDWOOD				ENGLER			
48 210 F	6.66				43.3				1.536			
750,000 OF	162.900				657,000				21.500			

T A B L A N º 2

VISCOSIDAD SAE PARA ACEITES DE CARTER

NUMERO DE VISCOSIDAD SAE	UNIDADES DE VISCOSIDAD	RANGO DE VISCOSIDAD			
		At. 0 F (-17.8C)		At. 210 F (99 C)	
		Min.	Max.	Min.	Max.
SAE 5 W	CENTIPOISES Segundos Saybolt Universal		menos que 1,200 1,300 6,000		
SAE 10W	CENTIPOISES Segundos Saybolt Universal	1,200 (a) 1,300 6,000	menos que 2,400 2,600 12,000		
SAE 20W	CENTIPOISES Segundos Saybolt Universal	2,400 (B) 2,600 12,000	menos que 9,600 10,500 48,00		
SAE 20	CENTISTOKES Segundos Saybolt Universal			5.7 45	menor que 9.6 58
SAE 30	CENTISTOKES Segundos Saybolt Universal			9.6 58	menor que 12.9 70
SAE 40	CENTISTOKES Segundos Saybolt Universal			12.9 70	menor que 16.8 85
SAE 50	CENTISTOKES Segundos Saybolt Universal			16.8 85	menor que 22.7 110

## LUBRICACION

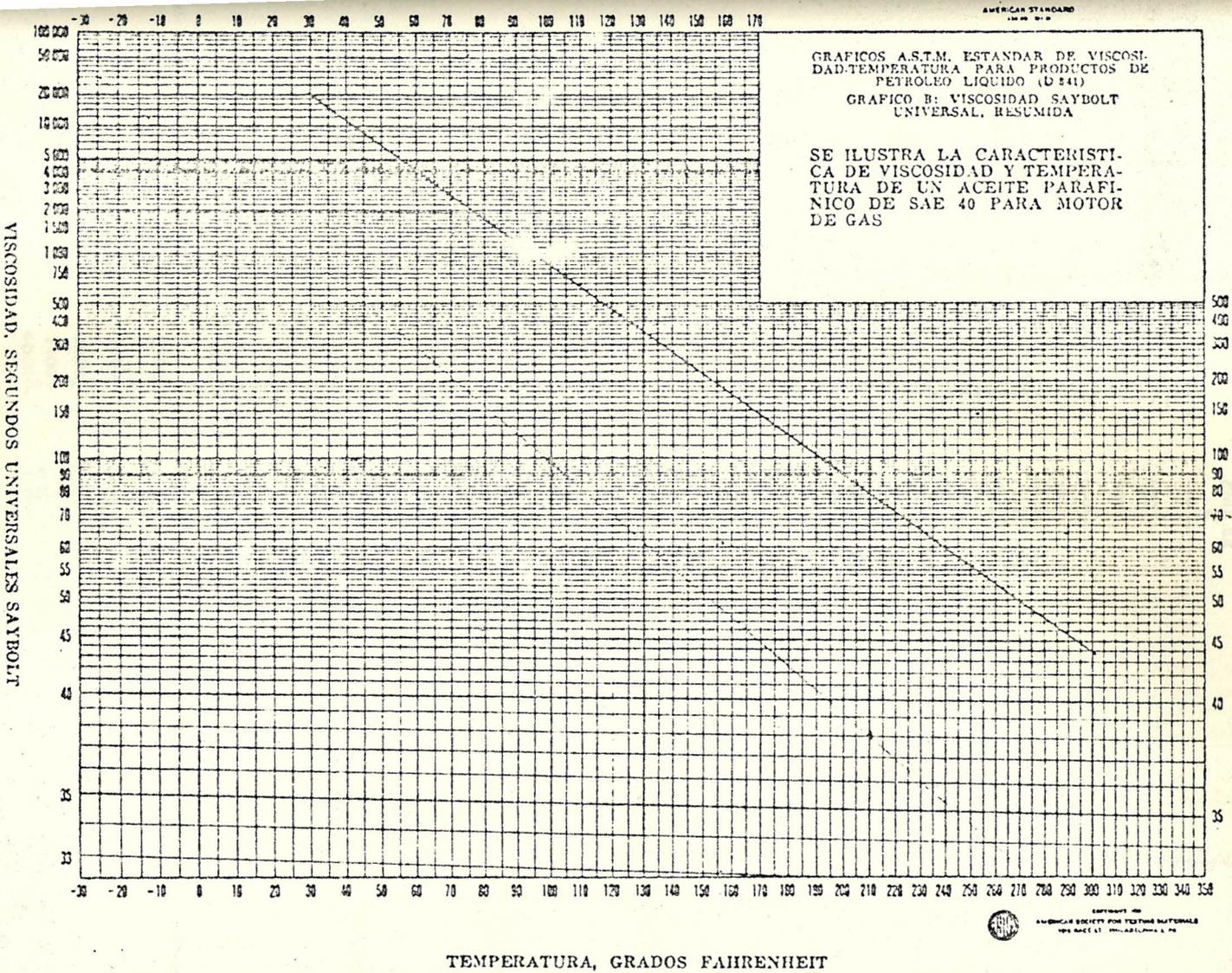
T A B L A N<sup>o</sup> 3NUMERO SAE PARA LUBRICANTES DE EJES Y TRANSMISION

NUMERO DE VISCOSIDAD SAE	RANGO DE VISCOSIDAD			
	SEGUNDOS SAYBOLT		UNIVERSAL	
	0 F (117.8°C)		210 F (99°C)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
75	.....	15,000	.....	.....
80	15,000 (a)	100,000	.....	.....
90	.....	.....	75	120 (b)
140	.....	.....	120	200
250	.....	.....	200	.....

Gráfico de viscosidad temperatura ASTM con una escala para los aceites y lubricios  
de SAE 40 para motor de gas.

GRAFICOS A.S.T.M. ESTANDAR DE VISCOSIDAD-TEMPERATURA PARA PRODUCTOS DE PETROLEO LIQUIDO (D 241)  
GRAFICO B: VISCOSIDAD SAYBOLT UNIVERSAL, RESUMIDA

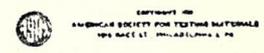
SE ILUSTRA LA CARACTERISTICA DE VISCOSIDAD Y TEMPERATURA DE UN ACEITE PARAFINICO DE SAE 40 PARA MOTOR DE GAS



LUBRICACION

VISCOSIDAD, SEGUNDOS UNIVERSALES SAYBOLT

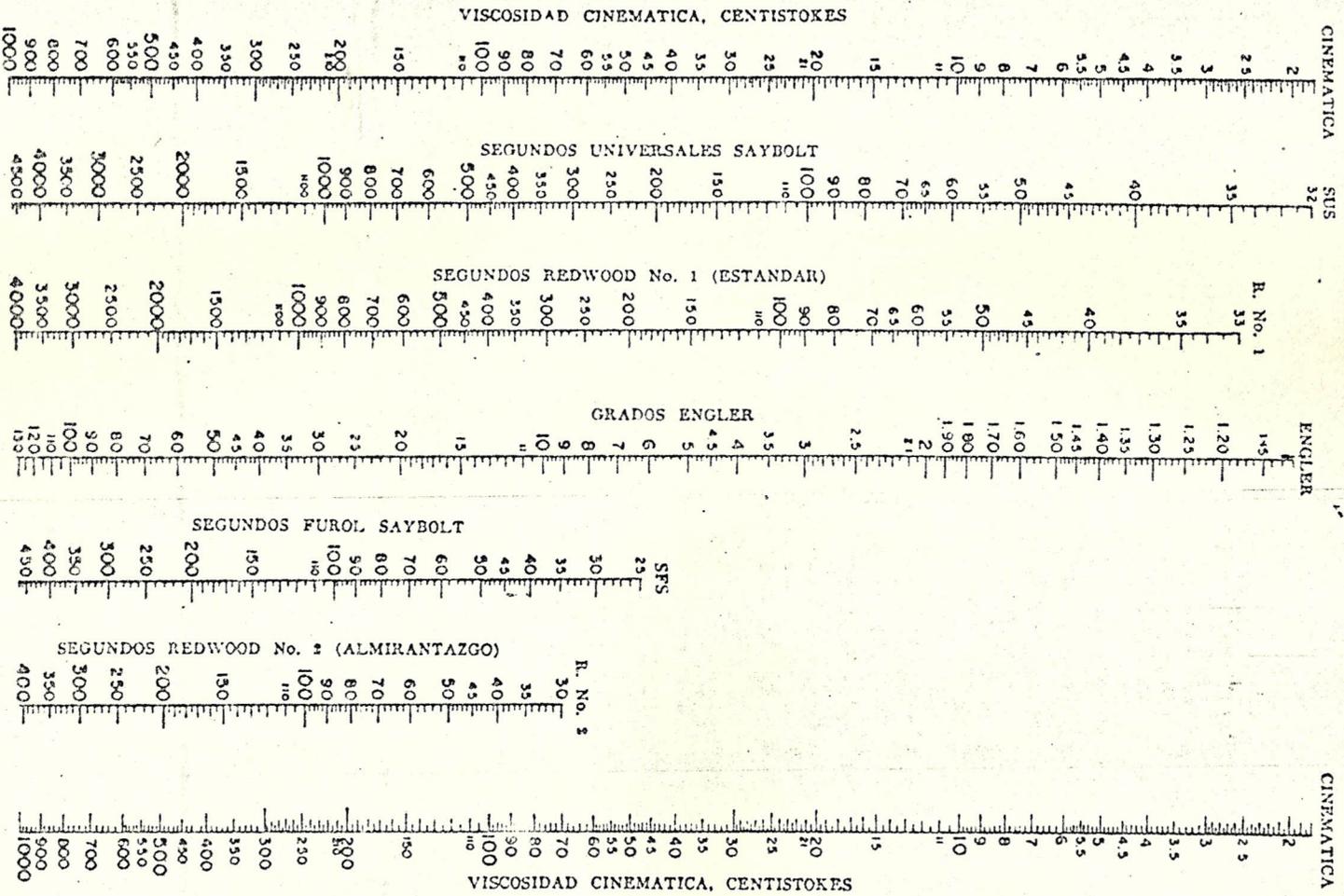
TEMPERATURA, GRADOS FAHRENHEIT



— Gráfico de viscosidad-temperatura ASTM con una curva para un aceite parafínico de SAE 40 para motor de gas.

VISCOSIDAD, SEGUNDOS UNIVERSALES SAYBOLT

LUBRICACION



Alinee el borde recto de forma que el valor en centistokes sea el mismo en ambas Escalas Cinemáticas. Entonces, las viscosidades a la misma temperatura en ambas escalas son equivalentes.

Para extender el alcance de solo las escalas Cinemática Saybolt Universal, Redwood No. 1 y Engler, multiplíquese por 10 las viscosidades en esas escalas entre 100 y 1000 centistokes en la escala Cinemática y las viscosidades correspondientes en las otras 3 escalas. Para extenderlo aun más, multiplíquese estas escalas según lo que antecede por 100 o una potencia mayor de 10.

(Ejemplo: 1500 centistokes 150 x 10 est. 005 x 10 SUS 0050 SUS)

— Nomografía de la conversión de la viscosidad.

APENDICE B

PROGRAMAS DE SIMULACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA

6 MOTORES DIESEL-ELECTRICOS

```

EM PROGRAMA DE SIMULACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
EM PARA UN GRUPO DE GENERACION ELECTRICA CON 6 MOTORES DIESEL
EM REALIZADO POR JORGE ENRIQUE ZURITA RIOS
EM ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
EM ESPECIALIZACION INGENIERIA MECANICA
DIM A(12,120),F(12,120)
DIM B(12),B1(12)
DIM C(12),G(2,12)
DIM D(12),O(12)
DIM V(12),N(12),M(12),H$(2)
SW1=0:SW2=0:SW3=0:SW4=0:SW5=0:G=1:M=0:N=0:SWA=0:SWB=0
FOR J=1 TO 12
FOR I=1 TO 120
A(J,I)=9:F(J,I)=9
NEXT I
B(J)=0
C(J)=0:D(J)=0:V(J)=0:N(J)=0:M(J)=0:G(1,J)=0:G(2,J)=0:O(J)=0:B(J)=0
NEXT J
D=1
PRINT "NUEVO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO      COD=1"
PRINT "ACTUALIZACION DE PROGRAMA EXISTENTE COD=2"
INPUT Z
IF Z=1 THEN 120
IF Z=2 THEN 2650
PRINT "CODIGO DE PROCESO ERRADO TRATE NUEVAMENTE"
GOTO 102
PRINT "HOROMETRO DE MAQUINA # ";D
INPUT H
IF H=9 THEN GOTO 170
C(D)=H:G(1,D)=D:G(2,D)=D
D=D+1
GOTO 120
D=D-1
FOR J=1 TO D
PRINT C(J)
NEXT J
LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"      HOROMETROS INICIALES ";CHR$(20)
LPRINT :LPRINT
LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"#-SM MQ-1 MQ-2 MQ-3 MQ-4 MQ-5 MQ-6 TOT";CHR$(20)
LPRINT
LPRINT "      ",C(1),C(2),C(3),C(4),C(5),C(6)
LPRINT
IF SWA=1 THEN GOTO 2980
PRINT "SEMANAS DE ANALISIS"
INPUT F
FOR I=1 TO D
IF C(I)>75000 THEN B(I)=C(I)-75000:D(I)=75000:B1(I)=B(I)
IF C(I)>67500 THEN B(I)=C(I)-67500:D(I)=67500:B1(I)=B(I)
IF C(I)>60000 THEN B(I)=C(I)-60000:D(I)=60000:B1(I)=B(I)
IF C(I)>52500 THEN B(I)=C(I)-52500:D(I)=52500:B1(I)=B(I)
IF C(I)>45000 THEN B(I)=C(I)-45000:D(I)=45000:B1(I)=B(I)
IF C(I)>37500 THEN B(I)=C(I)-37500:D(I)=37500:B1(I)=B(I)
IF C(I)>30000 THEN B(I)=C(I)-30000:D(I)=30000:B1(I)=B(I)
IF C(I)>22500 THEN B(I)=C(I)-22500:D(I)=22500:B1(I)=B(I)
IF C(I)>15000 THEN B(I)=C(I)-15000:D(I)=15000:B1(I)=B(I)
IF C(I)>7500 THEN B(I)=C(I)-7500:D(I)=7500:B1(I)=B(I)
IF C(I)<7500 THEN B(I)=C(I):B1(I)=B(I)
IF SWA=1 THEN GOTO 2760
NEXT I
FOR J=1 TO D
FOR I=1 TO D
IF B1(J)<B1(I) THEN GOTO 379

```

```

B1(J)=B1(I):G(2,J)=G(2,I)
B1(I)=AU:G(2,I)=A1
NEXT I
NEXT J
FOR P=1 TO D
I=G(2,P):K=1
FOR J=K TO F
IF A(I,J)=0 THEN GOTO 970
IF J=1 AND M(I)>0 THEN SW4=M(I):M(I)=0
IF B(I)=7500 AND G>1 AND J=1 THEN GOTO 790
IF B(I)=7500 AND SW4>0 AND SW5>0 THEN GOTO 940
IF B(I)=7500 AND SW4=0 THEN B(I)=0:D(I)=D(I)+7500
IF B(I)=2500 AND SW2=1 THEN GOTO 460
IF B(I)=5000 AND SW3=1 THEN GOTO 610
IF B(I)=7500 AND SW4=6 THEN GOTO 790
IF B(I)>4999 THEN GOTO 710
IF B(I)>2499 THEN GOTO 540
A=RND(1)
GOSUB 1000
B(I)=B(I)+Z
A(I,J)=Z
IF B(I)<2500 THEN GOTO 970
A(I,J)=B(I)-2500
A(I,J)=Z-A(I,J)
B(I)=2500
SW2=1
IF A(I,J)=0 THEN GOTO 460
GOTO 970
H=0
FOR K=1 TO D
IF A(I,J)=0 THEN H=H+1
NEXT K
IF H<2 THEN A(I,J)=0:SW2=0:GOTO 970
A(I,J)=999
GOTO 970
A=RND(0)
GOSUB 1000
B(I)=B(I)+Z
A(I,J)=Z
IF B(I)<5000 THEN GOTO 970
A(I,J)=B(I)-5000
A(I,J)=Z-A(I,J)
B(I)=5000
SW3=1
IF A(I,J)=0 THEN GOTO 610
=0
FOR K=1 TO D
IF A(K,J)=0 THEN L=L+1
NEXT K
IF L<2 THEN A(I,J)=0:SW3=0:GOTO 970
(I,J)=999
GOTO 970
=RND(1)
GOSUB 1000
(I,J)=Z
(I)=B(I)+Z
IF B(I)<7500 THEN GOTO 970
(I,J)=B(I)-7500
(I,J)=Z-A(I,J)
(I)=7500
M4=6
IF A(I,J)=0 THEN GOTO 790
GOTO 970
=0
=0

```

```

FOR K=1 TO D
IF A(K,J+R-1)=0 THEN H=H+1
IF A(K,J+R-1)=0 AND A(K,J+R-2)=0 THEN L=1
NEXT K
IF H<2 THEN V(R)=0:GOTO 870
V(R)=1
NEXT R
FOR K=1 TO 6
IF V(K)=0 THEN GOTO 910
L=L+1
NEXT K
IF L>0 THEN A(I,J)=999:GOTO 970
SW5=6
A(I,J)=0
SW4=SW4-1
SW5=SW5-1
NEXT J
IF SW4=1 THEN GOTO 2970
IF SW5>0 THEN N(I)=SW5:SW5=0
IF SW4>0 THEN M(I)=SW4:SW4=0
NEXT P
GOTO 1060
0 Z=0:A=0:A=RND(0)
1 IF A<0.2 THEN Z=105
0 IF A>0.2 AND A<0.4 THEN Z=120
0 IF A>0.4 AND A<0.6 THEN Z=126
0 IF A>0.6 AND A<0.8 THEN Z=140
0 IF A>0.8 THEN Z=168
0 RETURN
0 LPRINT
4 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"MATRIZ DE FUNCIONAMIENTO SIMULADA";CHR$(20)
8 LPRINT
0 FOR J=1 TO F
1 IF A(1,J)<>999 THEN U=U+A(1,J)
2 IF A(2,J)<>999 THEN U=U+A(2,J)
3 IF A(3,J)<>999 THEN U=U+A(3,J)
4 IF A(4,J)<>999 THEN U=U+A(4,J)
5 IF A(5,J)<>999 THEN U=U+A(5,J)
6 IF A(6,J)<>999 THEN U=U+A(6,J)
0 LPRINT J,A(1,J),A(2,J),A(3,J),A(4,J),A(5,J),A(6,J),U
U=0
0 NEXT J
LPRINT :LPRINT :LPRINT
SW4=0:SW5=0:SW2=0:SW3=0:Q=0:J=0
FOR I=1 TO D
Q=0:J=0
FOR K=1 TO F
J=J+1
IF SWB=1 AND A(I,K)=0 THEN F(I,K)=0:GOTO 1260
IF K=F AND SWB=1 AND A(I,K)=999 THEN F(I,K)=0:GOTO 1260
IF K=F AND SWB=1 AND A(I,K)=0 THEN F(I,K)=0:GOTO 1260
IF K=F AND SWB=1 THEN F(I,K)=A(I,K):GOTO 1260
IF F=K AND SWB=0 AND A(I,K)=999 THEN GOSUB 2000:GOTO 1260
IF F=K AND SWB=0 AND A(I,K)=0 THEN F(I,K)=0:GOSUB 2000:GOTO 1260
IF F=K AND SWB=0 THEN GOSUB 2000:GOTO 1260
IF A(I,K)=0 THEN F(I,K)=0:GOSUB 2000
IF A(I,K)=999 THEN GOTO 1260
Q=Q+A(I,K)
SWB=0
NEXT K
NEXT I
LPRINT
LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"MATRIZ DE FUNCIONAMIENTO PRORRATEADA";CHR$(
LPRINT
FOR J=1 TO F

```

```

290 LPRINT I,F(1,I),F(2,I),F(3,I),F(4,I),F(5,I),F(6,I),U
293 O(1)=O(1)+F(1,I):O(2)=O(2)+F(2,I):O(3)=O(3)+F(3,I):O(4)=O(4)+F(4,I)
294 O(5)=O(5)+F(5,I):O(6)=O(6)+F(6,I)
295 NEXT I
300 GOTO 2450
301 J=J-1
302 IF J<1 THEN M=Q:GOTO 2010
305 M=INT(Q*10/J):M=M/10
310 Q=Q-M
315 IF F=K AND SWB=0 THEN H=K:GOTO 2020
316 H=K-1
320 FOR L=1 TO H
330 IF F(I,L)<>9 THEN GOTO 2050
340 F(I,L)=M
350 NEXT L
355 SWB=1
370 J=0
380 RETURN
390 END
400 FOR L=1 TO K
410 IF F(I,L)<>9 THEN GOTO 2430
420 F(I,L)=A(I,L)
430 NEXT L
440 RETURN
450 OPEN #1,8,0,"D2:PROGMANT"
461 FOR I=1 TO D
472 A=C(I)
483 PRINT #1,A
494 NEXT I
505 FOR I=1 TO D
510 FOR J=1 TO F
520 U=F(I,J)
530 PRINT #1,U
540 NEXT J
550 NEXT I
565 LPRINT
570 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"TOTAL HORAS TRABAJADAS";CHR$(20)
580 U=O(1)+O(2)+O(3)+O(4)+O(5)+O(6)
592 LPRINT
600 LPRINT " ",O(1),O(2),O(3),O(4),O(5),O(6),U
610 LPRINT :LPRINT
620 B1(1)=C(1)+O(1)
630 B1(2)=C(2)+O(2)
640 B1(3)=C(3)+O(3)
650 B1(4)=C(4)+O(4)
660 B1(5)=C(5)+O(5)
670 B1(6)=C(6)+O(6)
680 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);" HOROMETROS FINALES";CHR$(20)
690 LPRINT
700 LPRINT " ",B1(1),B1(2),B1(3),B1(4),B1(5),B1(6)
710 FOR L=1 TO D
720 A=B1(L)
730 PRINT #1,A
740 NEXT L
750 CLOSE #1
760 END
770 SWA=1
780 PRINT "NUMERO DE MAQUINA A CORREGIRSE"
790 INPUT Z1
800 PRINT "NUMERO DE SEMANA QUE SALIO DE SERVICIO"
810 INPUT Z2
820 PRINT "NUMERO DE SEMANA QUE ENTRA A SERVICIO"
830 INPUT Z3
840 PRINT "HOROMETRO DE LA MAQUINA"
850 INPUT Z4

```

```
30 GOTO 300
30 PRINT "CARGUE DISKETTE DE PROGRAMANT UNIDAD 2; DIGITE SI"
30 INPUT H$
30 IF H$="SI" THEN GOTO 2810
30 GOTO 2760
30 F=52:D=6
30 OPEN #1,4,0,"D2:PROGRAMANT"
31 FOR K=1 TO D
32 INPUT #1,A
33 C(K)=A
34 NEXT K
30 FOR I=1 TO D
30 FOR J=1 TO F
30 INPUT #1,A
30 A(I,J)=A
30 NEXT J
30 NEXT I
30 I=Z1:Z5=Z3-1
30 FOR J=Z2 TO F
30 IF J>Z5 THEN A(I,J)=9:GOTO 2930
30 A(I,J)=0
30 NEXT J
35 CLOSE #1
30 K=Z3
30 GOTO 383
30 GOTO 174
30 GOTO 1060
```

APENDICE C

PROGRAMAS DE CONTROL DE MANTENIMIENTO Y SELECCION

RDCOPY MODE SET

ADY

JOB JNM=MANTEN00,CLASS=0,USER=J-ZURITA

JOB MANTEN00 I05105 8141

OPTION CATAL

BASE XCHANT00,\*

EXEC FCOBOL

FLOW,STATE

ID DIVISION.

PROGRAM-ID. MANTEN00.

AUTHOR. J-ZURITA.

ENVIRONMENT DIVISION.

INPUT-OUTPUT SECTION.

FILE-CONTROL.

SELECT MAST-O ASSIGN SYS006-UT-3340-S.

SELECT MAST-I ASSIGN SYS007-UT-3340-S.

SELECT REC ASSIGN SYS008-UR-3505-S.

DATA DIVISION.

FILE SECTION.

FD MAST-O

RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS

BLOCK CONTAINS 50 RECORDS

RECORDING F

LABEL RECORD STANDARD.

01 OMAST.

05 OUT-AREA PIC X(3).

05 OUT-REC-NO PIC X(4).

05 OUT-EQUIP-NO PIC X(9).

05 OUT-EQUIP-NAME PIC X(19).

05 OUT-PART-NAME PIC X(10).

05 OUT-LUB-METHOD PIC X(8).

05 OUT-LUBRICANT PIC X(15).

05 OUT-DATE-NEXT PIC X(6).

05 OUT-FREQ PIC X.

05 OUT-SPEC-INST PIC X.

05 OUT-SKILL PIC X(3).

05 FL PIC X.

FD MAST-I

RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS

BLOCK CONTAINS 50 RECORDS

RECORDING F

LABEL RECORD STANDARD.

01 IMAST PIC X(80).

FD REC

LABEL RECORD OMITTED.

01 INMAST.

05 MASTER-CONTROL.

10 IN-AREA PIC X(3).

10 IN-REC-NO PIC X(4).

05 FILLER PIC X.

05 IN-EQUIP-NO PIC X(9).

05 IN-EQUIP-NAME PIC X(19).

05 IN-PART-NAME PIC X(10).

05 IN-LUB-METHOD PIC X(8).

05 IN-LUBRICANT PIC X(15).

05 IN-DATE-NEXT.

10 NEXT-YR PIC 9(2).

05 IN-SKILL

PIC X(3).

WORKING-STORAGE SECTION.

77 PRE-CARD

PIC X(7) VALUE SPACES.

77 CON

PIC 99 VALUE 0.

77 MESSAGE

PIC X(20) VALUE SPACES.

PROCEDURE DIVISION.

OPEN INPUT REC

OUTPUT MAST-O MAST-I.

READ-IN.

READ REC AT END GO TO END-JOB.

MOVE INMAST TO OMAST IMAST.

WRITE OMAST INVALID KEY GO TO END-JOB.

WRITE IMAST INVALID KEY GO TO END-JOB.

ADD 1 TO CON.

END-JOB.

CLOSE MAST-O MAST-I.

DISPLAY 'REGISTROS GRABADOS = ' CON.

STOP RUN.

LBLTYF TAPE

EXEC LNKEDT

## EOJ

END PRINT

READY

\*HARDCOPY MODE SET

\*READY

\* \$\$ JOB JNM=MANTEN01,CLASS=0,USER=J-ZURITA

// JOB MANTEN01 I05105 8141

// OPTION CATAL

PHASE XCMANT01,\*

// EXEC FCOBOL

CBL FLOW,STATE

ID DIVISION.  
PROGRAM-ID. MANTEN01.  
AUTHOR. J-ZURITA.  
ENVIRONMENT DIVISION.  
INPUT-OUTPUT SECTION.  
FILE-CONTROL.

SELECT MAST-I ASSIGN SYS006-UT-3340-S.  
SELECT MAST-O ASSIGN SYS007-UT-3340-S.  
SELECT ACTUAL1 ASSIGN SYS008-UR-3505-S.  
SELECT PRIN-O ASSIGN SYS009-UR-1403-S.

DATA DIVISION.  
FILE SECTION.

FD MAST-I  
RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS  
BLOCK CONTAINS 50 RECORDS  
RECORDING F  
LABEL RECORD STANDARD.

01 INMAST.  
05 MASTER-CONTROL.  
    10 IN-AREA                  PIC X(3).  
    10 IN-REC-NO                PIC X(4).  
05 IN-EQUIP-NO                  PIC X(9).  
05 IN-EQUIP-NAME                PIC X(19).  
05 IN-PART-NAME                 PIC X(10).  
05 IN-LUB-METHOD              PIC X(8).  
05 IN-LUBRICANT                 PIC X(15).  
05 IN-DATE-NEXT.  
    10 NEXT-YR                  PIC 9(2).  
    10 NEXT-MON                 PIC 9(2).  
    10 NEXT-DAY                 PIC 9(2).  
05 IN-FREQ                      PIC X.  
05 IN-SPEC-INST                 PIC X.  
05 IN-SKILL                     PIC X(3).  
05 FILLER                       PIC X.

FD MAST-O  
RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS  
BLOCK CONTAINS 50 RECORDS  
RECORDING F  
LABEL RECORD STANDARD.

01 OMAST.  
05 OUT-AREA                     PIC X(3).  
05 OUT-REC-NO                  PIC X(4).  
05 OUT-EQUIP-NO                 PIC X(9).  
05 OUT-EQUIP-NAME                PIC X(19).  
05 OUT-PART-NAME                 PIC X(10).  
05 OUT-LUB-METHOD              PIC X(8).  
05 OUT-LUBRICANT                 PIC X(15).  
05 OUT-DATE-NEXT                PIC X(6).  
05 OUT-FREQ                      PIC X.

FD ACTUAL1

RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS

RECORDING F

LABEL RECORD OMITTED.

01 INCARD.

05 CARD-CONTROL.

10 CARD-AREA PIC X(3).

10 CARD-REC-NO PIC X(4).

05 CARD-TRANSACTION PIC X.

05 CARD-EQUIP-NO PIC X(9).

05 CARD-EQUIP-NAME PIC X(19).

05 CARD-PART-NAME PIC X(10).

05 CARD-LUB-METHOD PIC X(8).

05 CARD-LUBRICANT PIC X(15).

05 CARD-DATE-NEXT PIC X(6).

05 CARD-FREQ PIC X.

05 CARD-SPEC-INST PIC X.

05 CARD-SKILL PIC X(3).

FD PRIN-0

RECORD CONTAINS 133 CHARACTERS

LABEL RECORD OMITTED

REPORT IS PRINTER-0.

WORKING-STORAGE SECTION.

77 PRE-CARD PIC X(7) VALUE SPACES.

77 MESSAGE PIC X(20) VALUE SPACES.

REPORT SECTION.

RD PRINTER-0

CONTROL FINAL

PAGE LIMIT 80 LINES

HEADING 3

FIRST DETAIL 11

LAST DETAIL 80.

01 TYPE PH.

05 LINE 3.

10 COLUMN 45 PIC X(42)

VALUE 'LISTADO DEL ARCHIVO MAESTRO DE LUBRICACION'.

05 LINE 4.

10 COLUMN 45 PIC X(42)

VALUE '\*\*\*\*\*'.

05 LINE 7.

10 COLUMN 2 PIC X(66)

VALUE '-----'.

10 COLUMN 68 PIC X(64)

VALUE '-----'.

05 LINE 8.

10 COLUMN 2 PIC X(4) VALUE 'AREA'.

10 COLUMN 8 PIC X(5) VALUE 'REG +'.

10 COLUMN 15 PIC X(8) VALUE 'EQUIP +'.

10 COLUMN 26 PIC X(16) VALUE 'NOMBRE DE EQUIPO'.

10 COLUMN 44 PIC X(12) VALUE 'NOMBRE PARTE'.

10 COLUMN 59 PIC X(6) VALUE 'METODO'.

10 COLUMN 69 PIC X(10) VALUE 'LUBRICANTE'.

10 COLUMN 85 PIC X(5) VALUE 'FECHA'.

10 COLUMN 93 PIC X(4) VALUE 'FREC'.

10 COLUMN 99 PIC X(5) VALUE 'I-COD'.

10 COLUMN 105 PIC X(5) VALUE 'HAVIL'.

05 LINE 9.

10 COLUMN 2 PIC X(66)

VALUE '-----'.

10 COLUMN 68 PIC X(64)

VALUE '-----'.

05	COLUMN 3	PIC X(3) SOURCE OUT-AREA.
05	COLUMN 8	PIC X(4) SOURCE OUT-REC-NO.
05	COLUMN 15	PIC X(9) SOURCE OUT-EQUIP-NO.
05	COLUMN 25	PIC X(19) SOURCE OUT-EQUIP-NAME.
05	COLUMN 45	PIC X(10) SOURCE OUT-PART-NAME.
05	COLUMN 56	PIC X(8) SOURCE OUT-LUB-METHOD.
05	COLUMN 66	PIC X(15) SOURCE OUT-LUBRICANT.
05	COLUMN 83	PIC X(6) SOURCE OUT-DATE-NEXT.
05	COLUMN 93	PIC X SOURCE OUT-FREQ.
05	COLUMN 98	PIC X SOURCE OUT-SPEC-INST.
05	COLUMN 103	PIC X(3) SOURCE OUT-SKILL.
05	COLUMN 107	PIC X(20) SOURCE MESSAGE.

## PROCEDURE DIVISION.

OPEN INPUT ACTUAL1 MAST-I  
OUTPUT MAST-O PRIN-O.

## READ-MAST.

READ MAST-I AT END MOVE ALL '9' TO MASTER-CONTROL.

## EXIT-READ.

EXIT.

## READ-CARD.

READ ACTUAL1 AT END MOVE ALL '9' TO CARD-CONTROL.

IF CARD-CONTROL > PRE-CARD

MOVE CARD-CONTROL TO PRE-CARD

GO TO COMPARE-INPUT.

DISPLAY 'REGISTRO FUERA DE SECUENCIA O DUPLICADO ' INCARD.

GO TO READ-CARD.

## COMPARE-INPUT.

IF MASTER-CONTROL < CARD-CONTROL

GO TO NO-UPDATE.

IF MASTER-CONTROL > CARD-CONTROL

GO TO TEST-A.

IF MASTER-CONTROL = ALL '9'

GO TO END-JOB.

IF CARD-TRANSACTION = '1'

MOVE INMAST TO OMAST

MOVE '\*\*\* DELETEDADO \*\*\*\*\*' TO MESSAGE

PERFORM PRINT-ROUTINE

GO TO READ-MAST.

IF CARD-TRANSACTION = '2' NEXT SENTENCE

ELSE GO TO BAD-CARD.

IF CARD-EQUIP-NO = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-EQUIP-NO TO IN-EQUIP-NO.

IF CARD-EQUIP-NAME = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-EQUIP-NAME TO IN-EQUIP-NAME.

IF CARD-PART-NAME = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-PART-NAME TO IN-PART-NAME.

IF CARD-LUB-METHOD = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-LUB-METHOD TO IN-LUB-METHOD.

IF CARD-LUBRICANT = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-LUBRICANT TO IN-LUBRICANT.

IF CARD-DATE-NEXT = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-DATE-NEXT TO IN-DATE-NEXT.

IF CARD-FREQ = SPACES NEXT SENTENCE

ELSE

MOVE CARD-FREQ TO IN-FREQ.

IF CARD-SPEC-INST = SPACES NEXT SENTENCE

MOVE CARD-SPEC-INST TO IN-SPEC-INST.  
IF CARD-SKILL = SPACES NEXT SENTENCE  
ELSE

216

MOVE CARD-SKILL TO IN-SKILL;  
MOVE INMAST TO OMAST.  
MOVE '\*\*\* MODIFICADO \*\*\*\*\*' TO MESSAGE.  
PERFORM PRINT-ROUTINE.  
WRITE OMAST INVALID KEY GO TO END-JOB.  
GO TO READ-MAST.

NO-UPDATE.

MOVE INMAST TO OMAST.  
PERFORM PRINT-ROUTINE.  
WRITE OMAST INVALID KEY GO TO END-JOB.  
PERFORM READ-MAST THRU EXIT-READ.  
GO TO COMPARE-INPUT.

TEST-A.

IF CARD-TRANSACTION = '3'  
GO TO ADD-ROUTINE  
ELSE

GO TO BAD-CARD.

ADD-ROUTINE.

MOVE SPACES TO OMAST.  
MOVE CARD-AREA TO OUT-AREA.  
MOVE CARD-REC-NO TO OUT-REC-NO.  
MOVE CARD-EQUIP-NO TO OUT-EQUIP-NO.  
MOVE CARD-EQUIP-NAME TO OUT-EQUIP-NAME.  
MOVE CARD-PART-NAME TO OUT-PART-NAME.  
MOVE CARD-LUB-METHOD TO OUT-LUB-METHOD.  
MOVE CARD-LUBRICANT TO OUT-LUBRICANT.  
MOVE CARD-DATE-NEXT TO OUT-DATE-NEXT.  
MOVE CARD-FREQ TO OUT-FREQ.  
MOVE CARD-SPEC-INST TO OUT-SPEC-INST.  
MOVE CARD-SKILL TO OUT-SKILL.  
MOVE '\*\*\* INCLUIDO \*\*\*\*\*' TO MESSAGE.  
PERFORM PRINT-ROUTINE.  
WRITE OMAST INVALID KEY GO TO END-JOB.  
GO TO READ-CARD.

BAD-CARD.

DISPLAY 'INVALIDA ACTUALIZACION' INMAST.  
GO TO READ-CARD.

PRINT-ROUTINE.

GENERATE LINEA.  
MOVE SPACES TO MESSAGE.

PRINT-ROUTINE-EXIT.

EXIT.

END-JOB.

DISPLAY 'FIN DE ACTUALIZACION'.  
CLOSE MAST-I MAST-O ACTUALI PRIN-O  
OPEN INPUT MAST-O  
OUTPUT MAST-I.

READ-TWO.

READ MAST-O AT END GO TO END-JOB-TWO.  
MOVE OMAST TO INMAST.  
WRITE INMAST INVALID KEY GO TO END-JOB-TWO.  
GO TO READ-TWO.

FND-JOB-TWO.

CLOSE MAST-O MAST-I  
STOP RUN.

LBLTYP TAPE  
EXEC LNKEBT

\* EQU  
D PRINT

ARDCOPY MODE SET

READY

\$\$ JOB JNM=MANTEN02,CLASS=0,USER=J-ZURITA

JOB MANTEN02 I05105 8141 J-ZURITA

OPTION CATAL

HASE XCMANT02,\*

EXEC FCOBOL

BL FLOW,STATE

ID DIVISION.

PROGRAM-ID. MATEN02

AUTHOR. ZURITA.

\*\*\*\*\*  
 ESTE PROGRAMA SELECCIONA LAS PARTES A SER LUBRICADAS EL METODO Y LA \*  
 FECHA QUE LES CORRESPONDE DE ACUERDO A LA FECHA QUE INDICA LA FICHA \*  
 DE ENTRADA; ACTUALIZA EL ARCHIVO MAESTRO E IMPRIME LO SELECCIONADO \*  
 \*\*\*\*\*

ENVIRONMENT DIVISION.

INPUT-OUTPUT SECTION.

FILE-CONTROL.

SELECT MAST-I ASSIGN SYS006-UT-3340-S.

SELECT MAST-O ASSIGN SYS007-UT-3340-S.

SELECT SORT-I ASSIGN SYS001-UT-3340-S-SORTWK1.

SELECT PRINT-O ASSIGN SYS008-UR-3203-S.

SELECT CARD-I ASSIGN SYS009-UR-3505-S.

DATA DIVISION.

FILE SECTION.

FD MAST-I

RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS

BLOCK CONTAINS 50 RECORDS

RECORDING F

LABEL RECORD STANDARD.

01 INMAST.

05 IN-DATA-1 PIC X(68).

05 IN-DATE-NEXT.

10 IN-YEAR PIC 9(2).

10 IN-MONTH PIC 9(2).

10 IN-DAY PIC 9(2).

05 IN-FREQ PIC X.

05 IN-DATA-2 PIC X(5).

FD MAST-O

RECORD CONTAINS 80 CHARACTERS

BLOCK CONTAINS 50 RECORDS

RECORDING F

LABEL RECORD STANDARD.

01 OMAST PIC X(80).

SD SORT-I

RECORDING F

LABEL RECORD STANDARD.

01 SHED-REC.

05 S-AREA PIC X(3).

05 S-REC-NO PIC X(4).

05 S-EQUIP-NO PIC X(9).

05 S-EQUIP-NAME PIC X(19).

05 S-PART-NAME PIC X(10).

05 S-LUB-METHOD PIC X(8).

05 S-LUBRICANT PIC X(15).

	10 S-MONTH	PIC X(2).	
	10 S-DAY	PIC X(2).	
	05 S-FREQ	PIC X.	
	05 S-SPEC-INST	PIC X.	
	05 S-SKILL	PIC X(3).	
	05 FL	PIC X.	
FD	PRINT-O		
	RECORDING F		
	LABEL RECORD OMITTED		
	REPORT IS LISTA.		
FD	CARD-I		
	RECORDING F		
	LABEL RECORD OMITTED.		
01	CARD-IN.		
	02 DATE-CARD.		
	05 CARD-YEAR	PIC 9(2).	
	05 CARD-MONTH	PIC 9(2).	
	05 CARD-DAY	PIC 9(2).	
	02 FL	PIC X(74).	
	WORKING-STORAGE SECTION.		
	77 JUL	PIC 9(3) VALUE 0.	
	77 TOT	PIC S9(3) VALUE +0.	
	77 I	PIC S99 USAGE COMP SYNC.	
	77 LYEAR	PIC V99 VALUE 0.	
	77 LLYEAR	PIC 99V99 VALUE 0.	
01	MONTHS.		
	05 MONTH-TABLE.		
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 29.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 30.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 30.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 30.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 30.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 30.	
	10 FL	PIC 9(2) VALUE 31.	
	05 MONTH-TABLE-A REDEFINES MONTH-TABLE.		
	10 MONTH OCCURS 12 TIMES PIC 99.		
01	SAVE-CONTROL.		
	05 SAVE-DATE	PIC X(6).	
	05 SAVE-AREA	PIC X(3).	
	05 SAVE-SKILL	PIC X(3).	
01	PREVIOUS-CONTROL.		
	05 PREV-DATE.		
	10 P-YEAR	PIC 9(2) VALUE 0.	
	10 P-MONTH	PIC 9(2) VALUE 0.	
	10 P-DAY	PIC 9(2) VALUE 0.	
	05 FREQ	PIC X(7) VALUE SPACES.	
	05 SPEC-INST	PIC X(12) VALUE SPACES.	
	REPORT SECTION.		
RD	LISTA		
	CONTROL FINAL S-DATE		
	PAGE LIMIT 80 LINES		
	HEADING 2		
	FIRST DETAIL 16		
	LAST DETAIL 90.		
01	TYPE PH.		
	05 LINE 2.		
	10 COLUMN 38	PIC X(32) VALUE	
	'LUBRICACION GENERAL DE LA PLANTA'.		
	05 LINE 7.		

10 COLUMN 13 PIC X(2) SOURCE S-MONTH.

10 COLUMN 15 PIC X VALUE '-'

10 COLUMN 16 PIC X(2) SOURCE S-YEAR.

10 COLUMN 66 PIC X(33) VALUE

'LUBRICADOR

10 COLUMN 101 PIC X(12) VALUE 'GRAD-HABILI.'

10 COLUMN 114 PIC X(3) SOURCE S-SKILL.

05 LINE 10.

10 COLUMN 2 PIC X(6) VALUE 'EQ'IP'.

10 COLUMN 48 PIC X(6) VALUE 'METODO'.

10 COLUMN 90 PIC X(4) VALUE 'SPEC'.

10 COLUMN 103 PIC X(7) VALUE 'REGISTR'.

10 COLUMN 114 PIC X(4) VALUE 'AREA'.

05 LINE 12.

10 COLUMN 2 PIC X(6) VALUE 'NUMERO'.

10 COLUMN 13 PIC X(16) VALUE 'NOMBRE DE EQUIPO'.

10 COLUMN 34 PIC X(11) VALUE 'DESCR. PART'.

10 COLUMN 47 PIC X(6) VALUE 'LUBRIC'.

10 COLUMN 59 PIC X(10) VALUE 'LUBRICANTE'.

10 COLUMN 79 PIC X(4) VALUE 'FREC'.

10 COLUMN 90 PIC X(5) VALUE 'INSTR'.

10 COLUMN 104 PIC X(6) VALUE 'NUMERO'.

10 COLUMN 113 PIC X(6) VALUE 'CODIGO'.

05 LINE 13.

10 COLUMN 1 PIC X(66) VALUE ALL '-'

10 COLUMN 67 PIC X(66) VALUE ALL '-'

01 LINEA TYPE DE  
LINE PLUS 2.

05 COLUMN 2 PIC X(9) SOURCE S-EQUIP-NO.

05 COLUMN 14 PIC X(19) SOURCE S-EQUIP-NAME.

05 COLUMN 35 PIC X(10) SOURCE S-PART-NAME.

05 COLUMN 48 PIC X(8) SOURCE S-LUB-METHOD.

05 COLUMN 59 PIC X(15) SOURCE S-LUBRICANT.

05 COLUMN 79 PIC X(7) SOURCE FREQ.

05 COLUMN 90 PIC X(12) SOURCE SPEC-INST.

05 COLUMN 104 PIC X(4) SOURCE S-REC-NO.

05 COLUMN 115 PIC X(3) SOURCE S-AREA.

01 TYPE OF S-DATE

NEXT GROUP NEXT PAGE.

PROCEDURE DIVISION.

OPEN INPUT MAST-I CARD-I

OUTPUT MAST-O PRINT-O.

READ CARD-I AT END GO TO SORTEA.

SORTEA.

SORT SORT-I ASCENDING KEY S-DATE S-SKILL S-AREA S-REC-NO

INPUT PROCEDURE READ-MASTER THRU CHECK-YEAR-E

OUTPUT PROCEDURE PRINT-REP THRU PRINT-REP-E

IF SORT-RETURN NOT = 0 GO TO PRINT-REP-E.

GO TO PRINT-REP-E.

READ-MASTER SECTION.

READ MAST-I AT END GO TO CHECK-YEAR-E.

IF IN-MONTH &lt; 1 OR IN-MONTH &gt; 12 GO TO INVALID-DATE.

IF IN-DAY &gt; MONTH (IN-MONTH) GO TO INVALID-DATE.

IF IN-DATE-NEXT &gt; DATE-CARD

GO TO WRITE-NEW-MASTER.

PERFORM CHECK-YEAR.

CALCULATE-NEW-DATE.

MOVE INMAST TO SHED-REC

MOVE 1 TO I.

MOVE 0 TO JUL.

CONVERT-JUL.

IF IN-MONTH = 1 GO TO ADD-DAY.

ADD MONTH (I) TO JUL.

COMPUTE JUL = JUL + IN-DAY.

IF IN-FREQ = '1'

COMPUTE JUL = JUL + 1.

GO TO CALC-YEAR.

IF IN-FREQ = '2'

COMPUTE JUL = JUL + 7

GO TO CALC-YEAR.

IF IN-FREQ = '3'

GO TO MONTHLY-ROUTINE.

IF IN-FREQ = '4'

COMPUTE JUL = JUL + 91

GO TO CALC-YEAR.

IF IN-FREQ = '5'

COMPUTE JUL = JUL + 182

GO TO CALC-YEAR.

IF IN-FREQ = '6'

COMPUTE JUL = JUL + 364

GO TO CALC-YEAR.

GO TO INVALID-FREQ.

MONTHLY-ROUTINE.

IF CARD-MONTH = 3 OR = 6 OR = 9 OR = 12

COMPUTE JUL = JUL + 35

ELSE

COMPUTE JUL = JUL + 28.

CALC-YEAR.

MOVE 0 TO TOT.

COMPUTE TOT = MONTH (2) + JUL

COMPUTE TOT = TOT - 393

IF TOT > 0

COMPUTE IN-YEAR = IN-YEAR + 1

MOVE TOT TO JUL

PERFORM CHECK-YEAR.

MOVE 0 TO TOT.

MOVE 0 TO I.

CALC-MONTH-DAY.

ADD 1 TO I.

COMPUTE TOT = TOT + MONTH (I).

IF JUL > TOT

GO TO CALC-MONTH-DAY.

MOVE I TO IN-MONTH.

COMPUTE JUL = JUL + MONTH (I).

COMPUTE IN-DAY = JUL - TOT.

RELEASE SHED-REC.

IF IN-DATE-NEXT > DATE-CARD

GO TO WRITE-NEW-MASTER

ELSE

DISPLAY 'NO SE REALIZO MANTENIMIENTO DE EQUIPO =' S-EQUIP-NO.

DISPLAY 'EN FECHA = ' IN-DATE-NEXT.

COMPUTE IN-DAY = CARD-DAY + 7.

WRITE-NEW-MASTER.

MOVE INMAST TO OMAST

WRITE OMAST INVALID KEY GO TO CHECK-YEAR-E.

GO TO READ-MASTER.

INVALID-FREQ.

DISPLAY INMAST 'INVALID CODIGO DE FRECUENCIA'.

GO TO WRITE-NEW-MASTER.

INVALID-DATE.

DISPLAY INMAST 'INVALIDO CAMPO DE FECHA'.

GO TO WRITE-NEW-MASTER.

CHECK-YEAR.

MOVE IN-YEAR TO LLYEAR.

COMPUTE LYEAR = LLYEAR / 4

ELSE

MOVE 29 TO MONTH (2).

CHECK-YEAR-E.

EXIT.

PRINT-REP SECTION.

RETURN SORT-I AT END GO TO PRINT-REP-E.

IF S-FREQ = '1'

MOVE 'DIARIA' TO FREQ.

IF S-FREQ = '2'

MOVE 'SEMANAL' TO FREQ.

IF S-FREQ = '3'

MOVE 'MENSUAL' TO FREQ.

IF S-FREQ = '4'

MOVE 'TRIMEST' TO FREQ.

IF S-FREQ = '5'

MOVE 'SEMESTR' TO FREQ.

IF S-FREQ = '6'

MOVE 'ANUAL' TO FREQ.

IF S-SPEC-INST = '1'

MOVE 'CHEQUED' TO SPEC-INST.

IF S-SPEC-INST = '2'

MOVE 'ENGRASE' TO SPEC-INST.

IF S-SPEC-INST = '3'

MOVE 'NIVEL ACEITE' TO SPEC-INST.

IF S-SPEC-INST = '4'

MOVE 'LIMPIE FILTR' TO SPEC-INST.

IF S-SPEC-INST = '5'

MOVE 'CAMBIO ACEIT' TO SPEC-INST.

IF S-SPEC-INST = '6'

MOVE 'REEMPAQUE' TO SPEC-INST.

IF S-SPEC-INST = '7'

MOVE 'OBTE MUESTRA' TO SPEC-INST.

GENERATE LINEA.

GO TO PRINT-REP.

PRINT-REP-E.

EXIT.

EXIT-1.

CLOSE MAST-I CARD-I MAST-O PRINT-O

OPEN INPUT MAST-O

OUTPUT MAST-I.

READ-MAST-O.

READ MAST-O AT END GO TO END-JOB-EXIT.

MOVE OMAST TO INMAST

WRITE INMAST INVALID KEY GO TO CHECK-YEAR-E.

GO TO READ-MAST-O.

END-JOB-EXIT.

CLOSE MAST-O MAST-I

STOP RUN.

LRLTYP TAPE  
EXEC LNKEDT\$ EOJ  
ID PRINT  
ADY

## HARDCOPY MODE SET

```

READY
010 REM PROGRAMA MODELO DE CONTROL PARA LUBRICACION Y MANTENIMIENTO
020 REM PREVENTIVO EN PLANTAS INDUSTRIALES
030 REM REALIZADO POR JORGE ENRIQUE ZURITA R.
040 REM ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
050 DIM N$(40),F$(6),RE$(80),SE$(80),SI$(2),C$(80),C1$(80),C2$(80)
055 DIM B$(80)
060 ? "CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO"
070 ? "*****"
080 ?
090 ? "CARGA INICIAL CODIGO" = 1"
100 ?
110 ? "INCLUSION DE REGISTROS" = 2"
120 ?
130 ? "MODIFICACION DE CAMPOS" = 3"
140 ?
150 ? "BORRADO DE REGISTROS" = 4"
160 ?
170 ? "CORRIDA DE CONTROL MANINMTO" = 5"
180 ?
190 ? "DIGITE EL CODIGO CORRESPONDIENTE"
200 TRAP 200:INPUT CO
210 IF CO<1 OR CO>5 THEN ? "CODIGO ERRADO RE-DIGITE":GOTO 200
220 ON CO GOTO 600,230,850,440,1250
230 GOSUB 2620
250 TRAP 280:INPUT #1,A,R,N,M,F,FR,IN,HA,N#
260 PRINT #2;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N#
270 R1=R:GOTO 250
280 ? "ULTIMO REGISTRO GRABADO = ";R1
290 ? "AREA A LA QUE PERTENECE ";:TRAP 290;:INPUT A
300 R1=R1+1
310 ? "CODIGO DE EQUIPO Y PARTE ";:TRAP 310;:INPUT N
320 ? "METODO DE APLICACION MNTNMTO";:TRAP 320;:INPUT M
330 ? "FECHA PROXIMA DE MNTNMTO AAMMDD";:TRAP 330;:INPUT F
340 ? "FRECUENCIA DE APLICACION MNTNMTO";:TRAP 340;:INPUT FR
350 ? "INSTRUCCION ESPECIAL EN APLICACION";:TRAP 350;:INPUT IN
360 ? "CODIGO DE HABILIDAD NECESARIA ";:TRAP 360;:INPUT HA
370 ? "NOMBRE DEL EQUIPO Y PARTE ";:INPUT N#
380 PRINT #2;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N#
390 ? "EXISTE OTRA INCLUSION ? ";:INPUT SI#
400 IF SI#="SI" GOTO 280
410 GOSUB 2650
420 GOTO 2680
430 REM -----
440 REM RUTINA DE BORRADO DE REGISTROS
450 REM -----
460 ? "PROCESO DE BORRADO DE REGISTROS"
470 ? "*****"
480 ?
490 GOSUB 2620
500 ? "AREA A LA QUE PERTENECE ";:TRAP 460;:INPUT A1
510 ? "NUMERO DE SECUENCIA DE REGISTRO";:TRAP 470;:INPUT R1
520 TRAP 580:INPUT #1,A,R,N,M,F,FR,IN,HA,N#
530 IF A(>)A1 GOTO 560
540 IF R(>)R1 THEN GOTO 560
550 ? "DESEA BORRAR OTRO REGISTRO ? ";:INPUT SI#

```

```

0560 PRINT #2;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N$
0570 GOTO 520
0580 GOSUB 2650
0590 GOTO 2680
0600 REM -----
0610 REM RUTINA DE CARGA INICIAL
0620 REM -----
0630 ? "PROCESO DE CARGA INICIAL"
0640 ? "*****"
0650 OPEN #1,8,0,"D:MANT1"
0660 OPEN #2,8,0,"D:MANT2"
0670 R=0
0680 R=R+1
0690 ? "SECUENCIA DEL REGISTRO A GRABAR = ";R
0700 ? "AREA A LA QUE PERTENECE ";:TRAP 700;:INPUT A
0710 ? "CODIGO DE EQUIPO Y PARTE ";:TRAP 710;:INPUT N
0720 ? "METODO DE APLICACION MNTNMTO";:TRAP 720;:INPUT M
0730 ? "FECHA PROXIMA DE MNTNMTO AAMMDD";:TRAP 730;:INPUT F
0740 ? "FRECUENCIA DE APLICACION MNTNMTO";:TRAP 740;:INPUT FR
0750 ? "INSTRUCCION ESPECIAL EN APLICACION";:TRAP 750;:INPUT IN
0760 ? "CODIGO DE HABILIDAD NECESARIA ";:TRAP 760;:INPUT HA
0770 ? "NOMBRE DEL EQUIPO Y PARTE ";:INPUT N$
0780 PRINT #2;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N$
0790 PRINT #1;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N$
0800 ? "EXISTE OTRO REGISTRO ? ";:INPUT SI$
0810 IF SI$="SI" THEN GOTO 680
0820 GOSUB 2650
0830 GOTO 2680
0840 REM -----
0850 REM RUTINA DE MODIFICACIONES
0860 REM -----
0870 ? "PROCESO DE MODIFICACIONES"
0880 ? "*****"
0890 ?
0900 GOSUB 2620
0910 ? "DIGITE EL AREA QUE PERTENECE";:TRAP 910;:INPUT A1
0920 ? "DIGITE EL NUMERO DE SECUENCIA";:TRAP 920;:INPUT R1
0930 ? "DIGITE EL NUMERO DE CAMPO A MODIFICAR";:TRAP 930;:INPUT N1
0940 IF N1<1 OR N1>9 THEN ? "NUMERO DE CAMPO ERRADO":GOTO 930
0950 TRAP 1220:INPUT #1,A,R,N,M,F,FR,IN,HA,N$
0960 IF A=A1 AND R=R1 THEN GOTO 990
0970 PRINT #2;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N$
0980 GOTO 950
0990 IF N1=1 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";N
1000 IF N1=2 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";M
1010 IF N1=3 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";F
1020 IF N1=4 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";FR
1030 IF N1=5 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";IN
1040 IF N1=6 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";HA
1050 IF N1=7 THEN ? "CONTENIDO ACTUAL DEL CAMPO = ";N$:GOTO 1150
1060 ? "DIGITE EL NUEVO CONTENIDO DE CAMPO"
1070 TRAP 1070:INPUT M1
1080 IF N1=1 THEN N=M1
1090 IF N1=2 THEN M=M1
1100 IF N1=3 THEN F=M1
1110 IF N1=4 THEN FR=M1
1120 IF N1=5 THEN IN=M1
1130 IF N1=6 THEN HA=M1
1140 GOTO 1170
1150 ? "DIGITE DE 40 POSICIONES NUEVO NOMBRE DE EQUIPO"
1160 INPUT N$
1170 ? "MODIFICACION REALIZADA"
1180 PRINT #2;A;"",R;"",N;"",M;"",F;"",FR;"",IN;"",HA;"",N$
1190 ? "SI TIENE OTRA MODIFICACION DIGITE 'SI' ";:INPUT SI$

```

```

220 GOSUB 2650
230 GOTO 2680
240 REM -----
250 REM RUTINA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO
260 REM -----
270 ? *PROCESO DE CONTROL DE MANTENIMIENTO
280 ? ******
290 ?
300 ? *DIGITE A LA FECHA QUE SE EXTIENDE EL CONTROL*:CL=1
310 TRAP 1310:INPUT F1
320 GOSUB 2620
330 TRAP 1850:INPUT #1,A,R,N,M,F,FR,IN,HA,N#
340 IF F>F1 THEN GOTO 1800
350 REM -----
360 REM RUTINA DE ACTUALIZACION DE PROCESO
370 REM -----
380 GOSUB 3150
390 IF FR=1 THEN AUX=AUX+7
400 IF FR=2 THEN AUX=AUX+15
410 IF FR=3 THEN AUX=AUX+21
420 IF FR=4 THEN AUX=AUX+30
430 IF FR=5 THEN AUX=AUX+90
440 IF FR=6 THEN AUX=AUX+180
450 IF FR=7 THEN AUX=AUX+360
460 IF AUX<32 THEN MM=1:DD=AUX
470 IF AUX>31 AND AUX<61 THEN MM=2:DD=AUX-31
480 IF AUX>60 AND AUX<92 THEN MM=3:DD=AUX-60
490 IF AUX>91 AND AUX<123 THEN MM=4:DD=AUX-91
500 IF AUX>122 AND AUX<154 THEN MM=5:DD=AUX-121
510 IF AUX>153 AND AUX<184 THEN MM=6:DD=AUX-152
520 IF AUX>183 AND AUX<215 THEN MM=7:DD=AUX-182
530 IF AUX>214 AND AUX<246 THEN MM=8:DD=AUX-213
540 IF AUX>245 AND AUX<276 THEN MM=9:DD=AUX-243
550 IF AUX>275 AND AUX<307 THEN MM=10:DD=AUX-274
560 IF AUX>306 AND AUX<338 THEN MM=11:DD=AUX-305
570 IF AUX>337 AND AUX<366 THEN MM=12:DD=AUX-335
580 IF AUX>365 THEN AA=AA+1:AUX=AUX-365:GOTO 1460
590 M#=STR$(MM)
600 A#=STR$(AA)
610 D#=STR$(DD)
620 IF LEN(M#)=1 THEN M#(2,2)=M#:M#(1,1)="0"
630 IF LEN(D#)=1 THEN D#(2,2)=D#:D#(1,1)="0"
640 F#(1,2)=A#
650 F#(3,4)=M#(1,2)
660 F#(5,6)=D#(1,2)
670 F=VAL(F#)
680 REM -----
690 REM RUTINA DE IMPRESION DE REPORTES DE CONTROL
700 REM -----
710 RE$(2,9)=STR$(N)
720 RE$(10,49)=N#(1,32)
730 RE$(43,43)=STR$(M)
740 RE$(44,49)=STR$(F)
750 RE$(50,50)=STR$(FR)
760 RE$(51,51)=STR$(IN)
770 RE$(52,52)=STR$(HA)
772 RE$(55,57)=STR$(R)
774 RE$(59,62)=STR$(A)
776 RE$(63,63)=STR$(L)
780 PRINT #3,RE#
790 F1=F
800 PRINT #2,A; ", ",R; ", ",N; ", ",M; ", ",F; ", ",FR; ", ",IN; ", ",HA; ", ",N#
810 GOTO 1330
820 REM -----

```

```

1860 OPEN #3,4,0,"D:IMPRESN"
1870 OPEN #4,8,0,"D:IMPRESN1"
1880 GOSUB 1940
1890 GOSUB 1990
1900 IF SW2=1 THEN PRINT #4,SE$:GOTO 2040
1910 IF SW1=1 PRINT #4,RE$:GOTO 2040
1920 IF F3>F4 THEN PRINT #4,SE$:GOSUB 1990:SW=1:GOTO 1900
1930 PRINT #4,RE$:GOSUB 1940:GOTO 1900
1940 TRAP 1970:INPUT #3,RE$
1950 F3=VAL(RE$(44,49))
1960 GOTO 1980
1970 SW2=1
1980 RETURN
1990 TRAP 2020:INPUT #3,SE$
2000 F4=VAL(SE$(44,49))
2010 GOTO 2030
2020 SW1=1
2030 RETURN
2040 CLOSE #3
2050 CLOSE #4
2060 IF SW(>)0 THEN GOSUB 3300:GOTO 1860
2070 OPEN #4,4,0,"D:IMPRES1"
2080 TRAP 3140:INPUT #4,RE$
2090 M=VAL(RE$(43,43))
2100 FR=VAL(RE$(50,50))
2110 IF VAL(RE$(44,49))(>)F1 THEN GOSUB 2390
2120 IF CL>79 OR CL=1 THEN GOSUB 2390
2130 IF M=1 THEN B$(3,14)="MANUAL"
2140 IF M=2 THEN B$(3,14)="DESARM MIDA"
2150 IF M=3 THEN B$(3,14)="CHEQ Y NIVEL"
2160 IF M=4 THEN B$(3,14)="LIMP Y NIVEL"
2170 IF M=5 THEN B$(3,14)="DREN Y LIMP"
2180 IF M=6 THEN B$(3,14)="CAMBIO FILTRO"
2185 T=VAL(RE$(63,63))
2190 IF SW3=1 THEN GOTO 2830
2200 IF FR=1 THEN B$(30,39)="SEMANAL"
2210 IF FR=2 THEN B$(30,39)="QUINCENAL"
2220 IF FR=3 THEN B$(30,39)="MENSUAL"
2230 IF FR=4 THEN B$(30,39)="BIMESTRAL"
2240 IF FR=5 THEN B$(30,39)="TRIMESTAL"
2250 IF FR=6 THEN B$(30,39)="SEMESTRAL"
2260 IF FR=7 THEN B$(30,39)="ANUAL"
2265 IF SW1=1 THEN GOTO 2850
2270 IF T=1 THEN B$(41,55)="ALBANIA # 2"
2280 IF T=2 THEN B$(41,55)="TALPA # 40"
2290 IF T=3 THEN B$(41,55)="ASI1101"
2300 IF T=4 THEN B$(41,55)="AS123 TALPA 3 40"
2310 IF T=5 THEN B$(41,55)="TURBO OIL T-78"
2320 IF T=6 THEN B$(41,55)="ARGINA # 40"
2330 IF T=7 THEN B$(41,55)="TURBO OIL T-33"
2340 IF T=8 THEN B$(41,55)="OMALA TX"
2350 LPRINT
2360 LPRINT RE$(1,41);" ";B$(1,55);" "RE$(51,62):F1=VAL(RE$(44,49))
2370 GOTO 2080
2380 REM -----
2390 REM ESCRITURA DE CABECERAS
2400 REM -----
2410 LPRINT CHR$(27);CHR$(12)
2420 CL=1:C$(1,20)="....."
2430 LPRINT TAB(49);"CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO"
2440 LPRINT TAB(49);"*****"
2450 LPRINT
2460 LPRINT

```

```

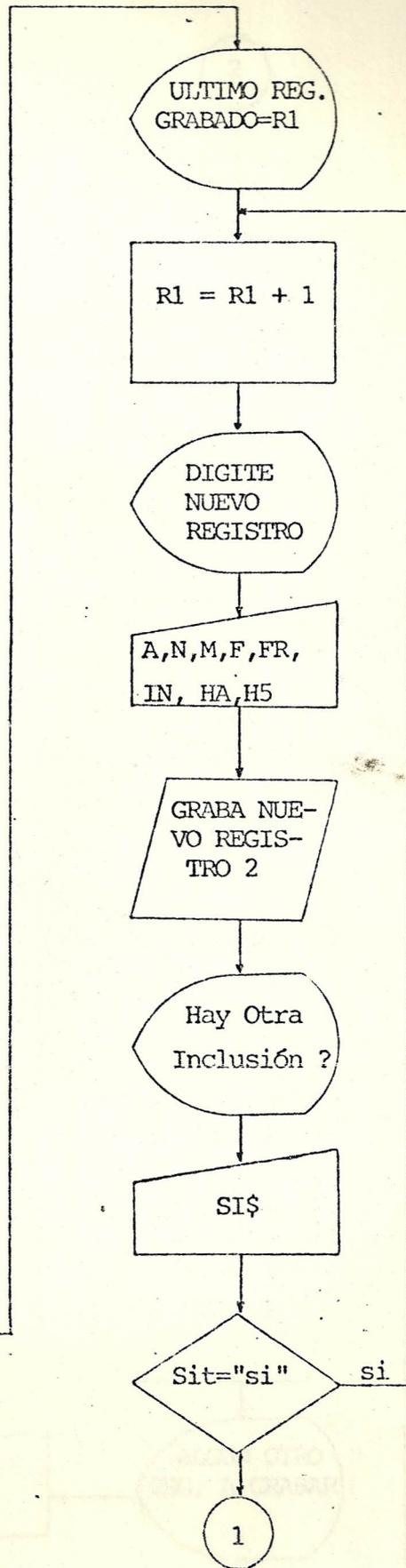
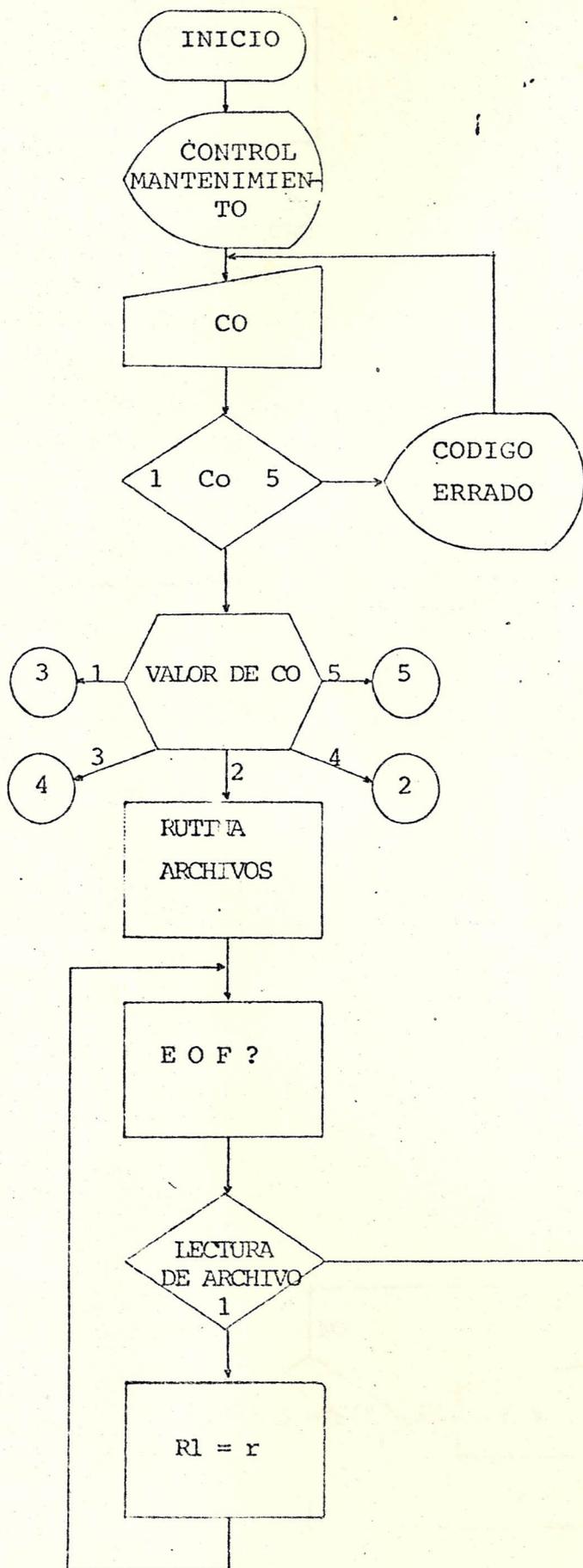
2490 C$="EQUIP
2500 C1$="SPEC
2510 LPRINT C$;C1$
2520 LPRINT
2530 C$="NUMERO NOMBRE DE EQUIPO DESCR. PART LUBRIC
2540 C1$=" LUBRICANTE FREC INSTR NUMERO
2550 C2$=" CODIGO
2560 LPRINT C$;C1$;C2$
2570 C$="-----"
2580 C1$="-----"
2590 C2$="-----"
2600 LPRINT C$;C1$;C2$;CL=10
2610 RETURN
2620 OPEN #1,4,0,"D:MANT1"
2630 OPEN #2,8,0,"D:MANT2"
2640 RETURN
2650 CLOSE #1
2660 CLOSE #2
2670 RETURN
2680 REM -----
2690 REM RUTINA DE IMPRESION DE ARCHIVO MAESTRO ACTUALIZADO
2700 REM -----
2710 OPEN #1,8,0,"D:MANT1"
2720 CL=1
2730 OPEN #2,4,0,"D:MANT2"
2740 ? FAVOR DIGITAR LA FECHA DE ACTUALIZACION DD/MM/AA"
2750 INPUT F$
2760 TRAP 3140:INPUT #2,A,R,N,M,F,FR,IN,HA,N$
2770 PRINT #1;A;" ";R;" ";N;" ";M;" ";F;" ";FR;" ";IN;" ";HA;" ";N$
2780 IF CL=1 OR CL>79 THEN GOSUB 2950
2790 RE$(2,4)=STR$(A)
2800 RE$(12,20)=STR$(N)
2810 RE$(22,53)=N$
2820 SW3=1:GOTO 2130
2830 RE$(55,66)=B$(3,14)
2840 GOTO 2270
2850 RE$(68,80)=B$(41,53)
2860 SE$(1,2)=B$(54,55)
2870 SE$(6,12)=STR$(F)
2880 SE$(16,16)=STR$(FR)
2890 SE$(20,20)=STR$(IN)
2900 SE$(25,27)=STR$(HA)
2910 CL=CL+2
2920 LPRINT
2930 LPRINT RE$;SE$
2940 GOTO 2760
2950 REM -----
2960 REM RUTINA DE CABECERAS PARA LISTADO DE MAESTRO ACTUALIZADO
2970 REM -----
2980 LPRINT CHR$(27);CHR$(12)
2990 LPRINT
3000 LPRINT TAB(38);"LISTADO DEL ARCHIVO MAESTRO ACTUALIZADO"
3010 LPRINT TAB(38);"*****"
3020 LPRINT
3030 LPRINT TAB(110);"A LA FECHA = ";F$
3040 LPRINT
3050 C$(1,50)="-----"
3060 C$1(1,50)="-----"
3070 C$2(1,30)="-----"
3080 LPRINT C$;C1$;C2$
3090 RE$="AREA REG # EQUIP # NOMBRE DE EQUIPO NOMBRE PARTE
3100 SE$="METODO LUBRICANTE FECHA FREC I-COD HABIL"
3110 LPRINT RE$;SE$
3120 CL=9

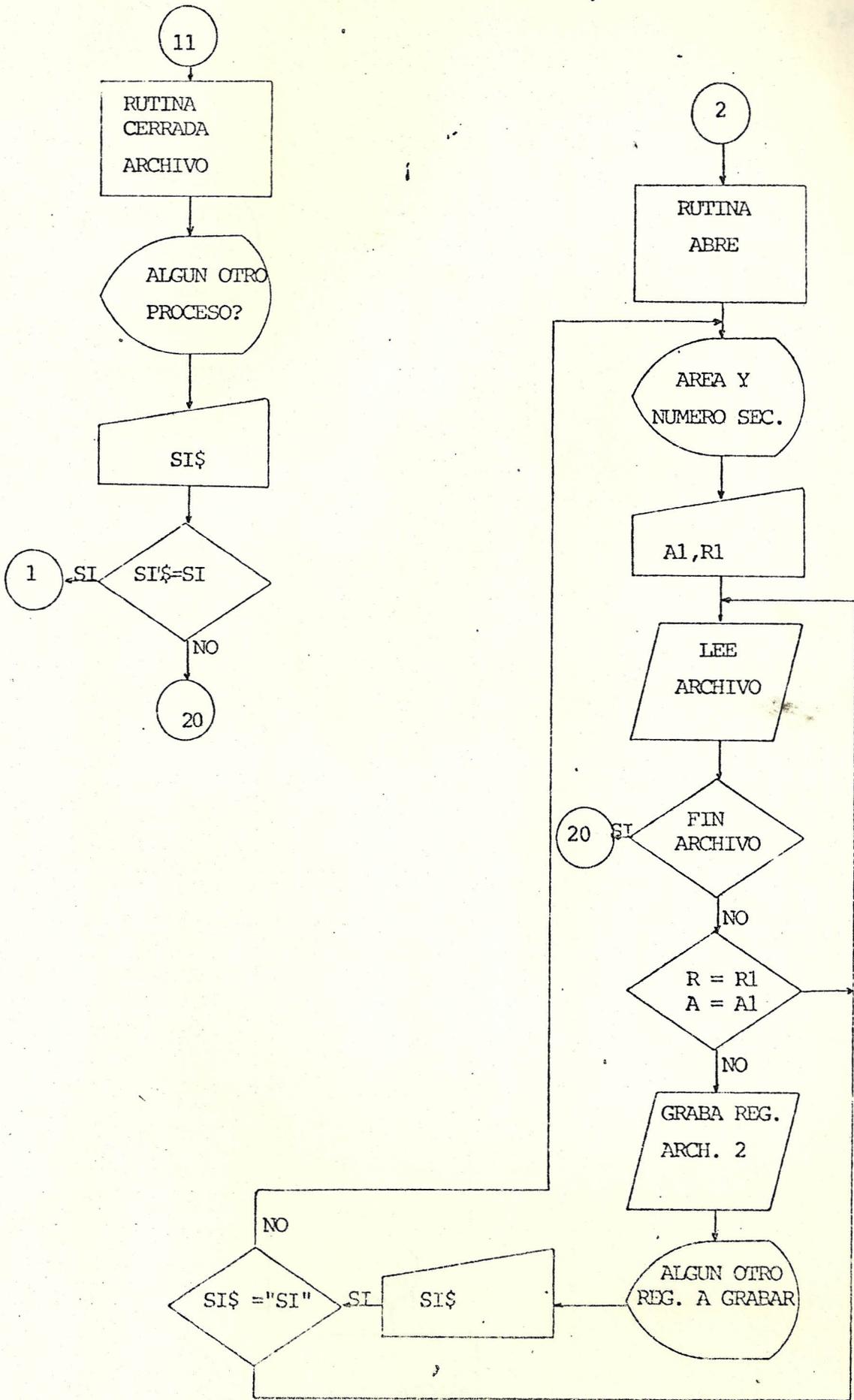
```

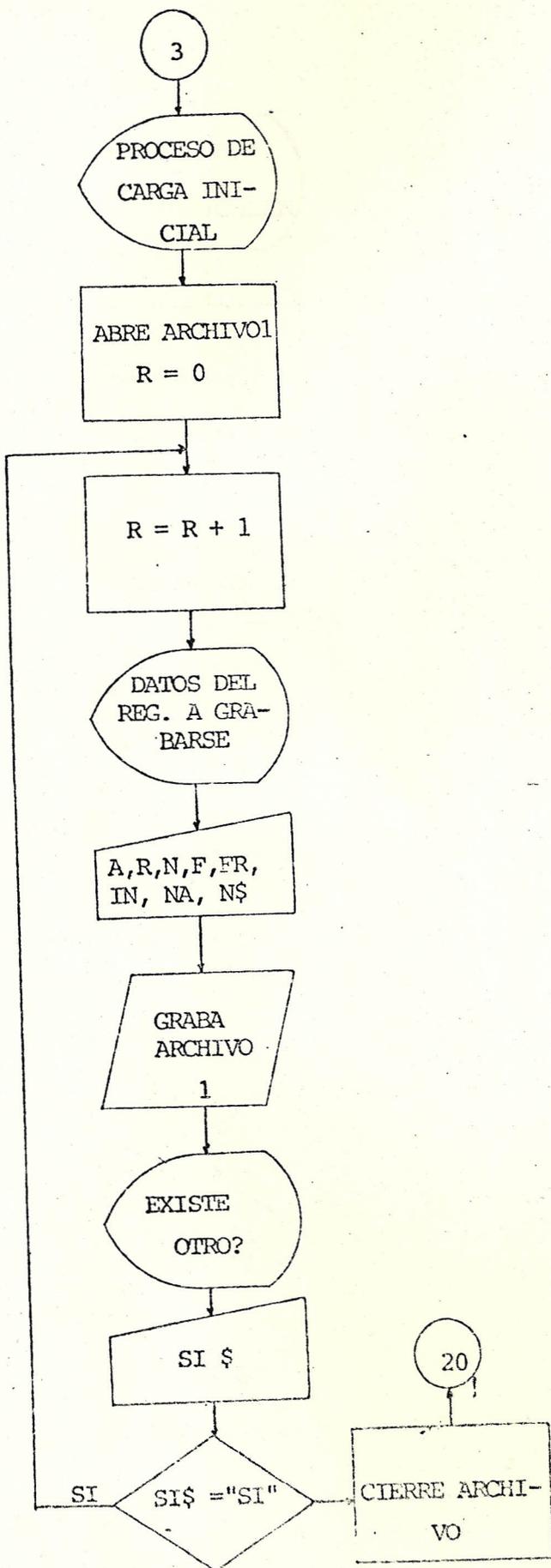
```

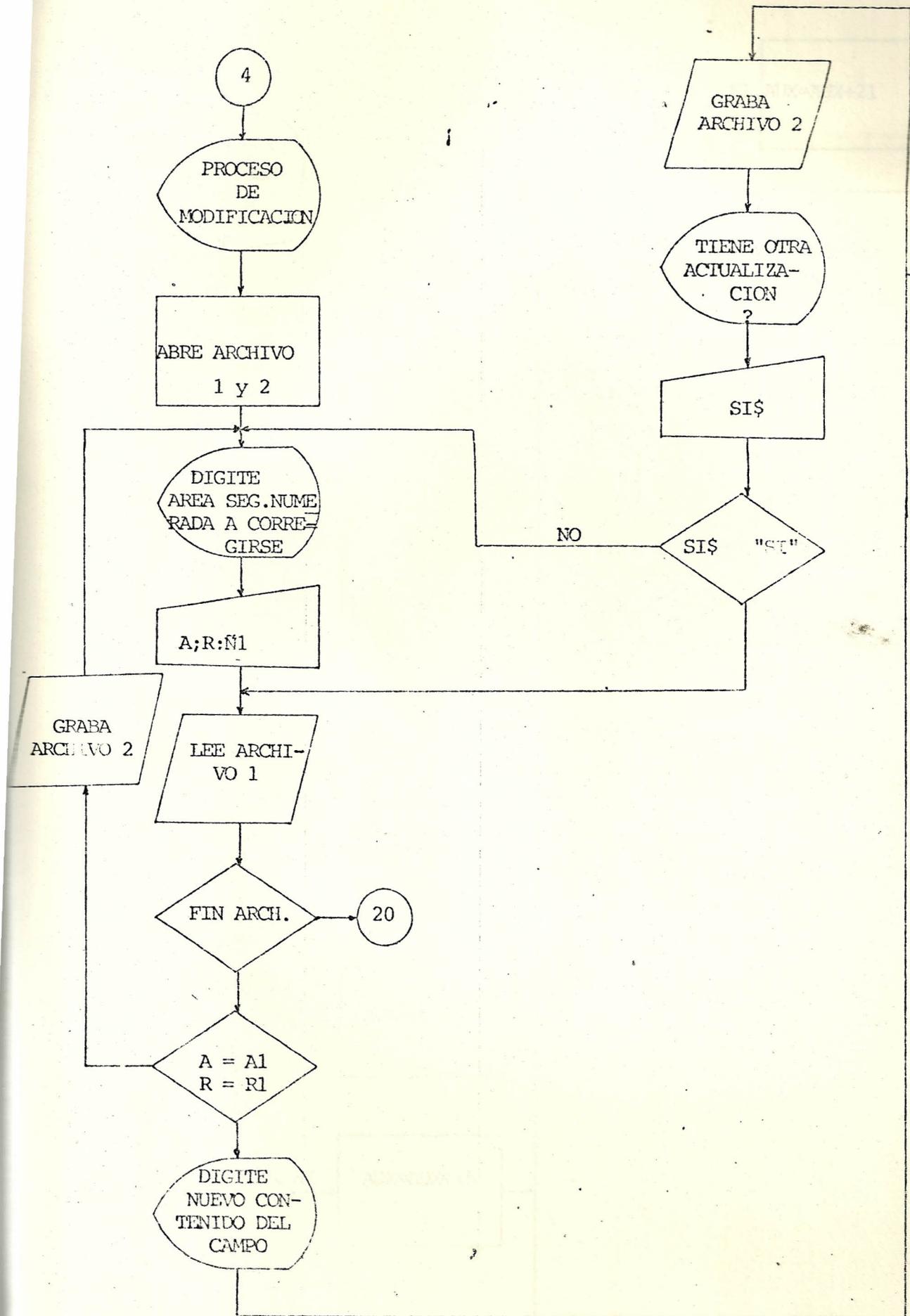
0150 F#=STR$(F)
0160 IF VAL(F$(3,4))=1 THEN AUX=0
0170 IF VAL(F$(3,4))=2 THEN AUX=31
0180 IF VAL(F$(3,4))=3 THEN AUX=60
0190 IF VAL(F$(3,4))=4 THEN AUX=91
0200 IF VAL(F$(3,4))=5 THEN AUX=121
0210 IF VAL(F$(3,4))=6 THEN AUX=152
0220 IF VAL(F$(3,4))=7 THEN AUX=182
0230 IF VAL(F$(3,4))=8 THEN AUX=213
0240 IF VAL(F$(3,4))=9 THEN AUX=244
0250 IF VAL(F$(3,4))=10 THEN AUX=274
0260 IF VAL(F$(3,4))=11 THEN AUX=304
0270 IF VAL(F$(3,4))=12 THEN AUX=334
0280 AUX=AUX+VAL(F$(5,6))
0290 RETURN
0300 OPEN #3,8,0,"D:IMPERSN"
0310 OPEN #4,4,),"D:IMPRESN1"
0320 TRAP 3360:INPUT #4,RE#
0330 PRINT #3,RE#
0350 GOTO 3320
0360 CLOSE #3
0370 CLOSE #4
0380 RETURN
*END PRINT
*READY

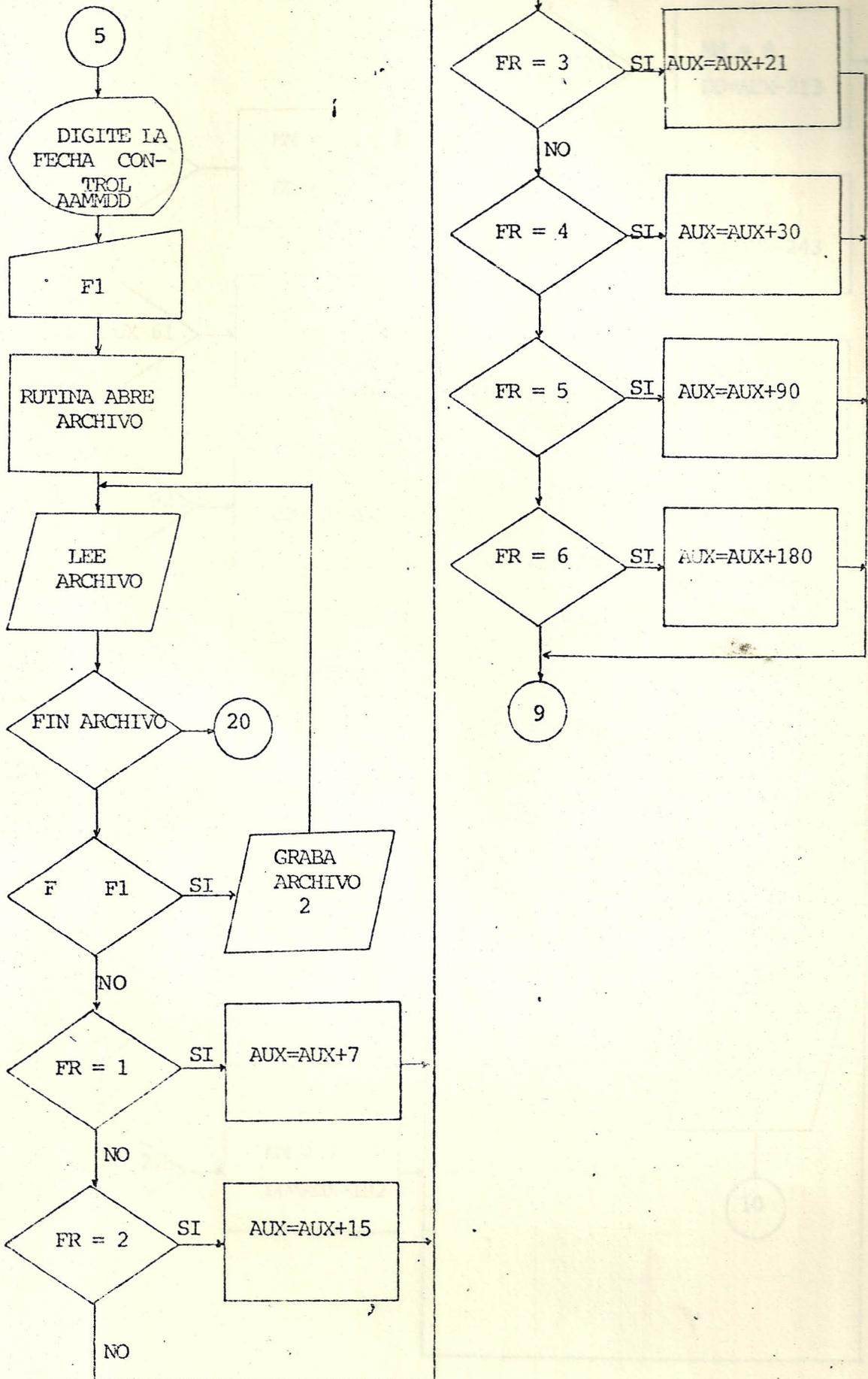
```

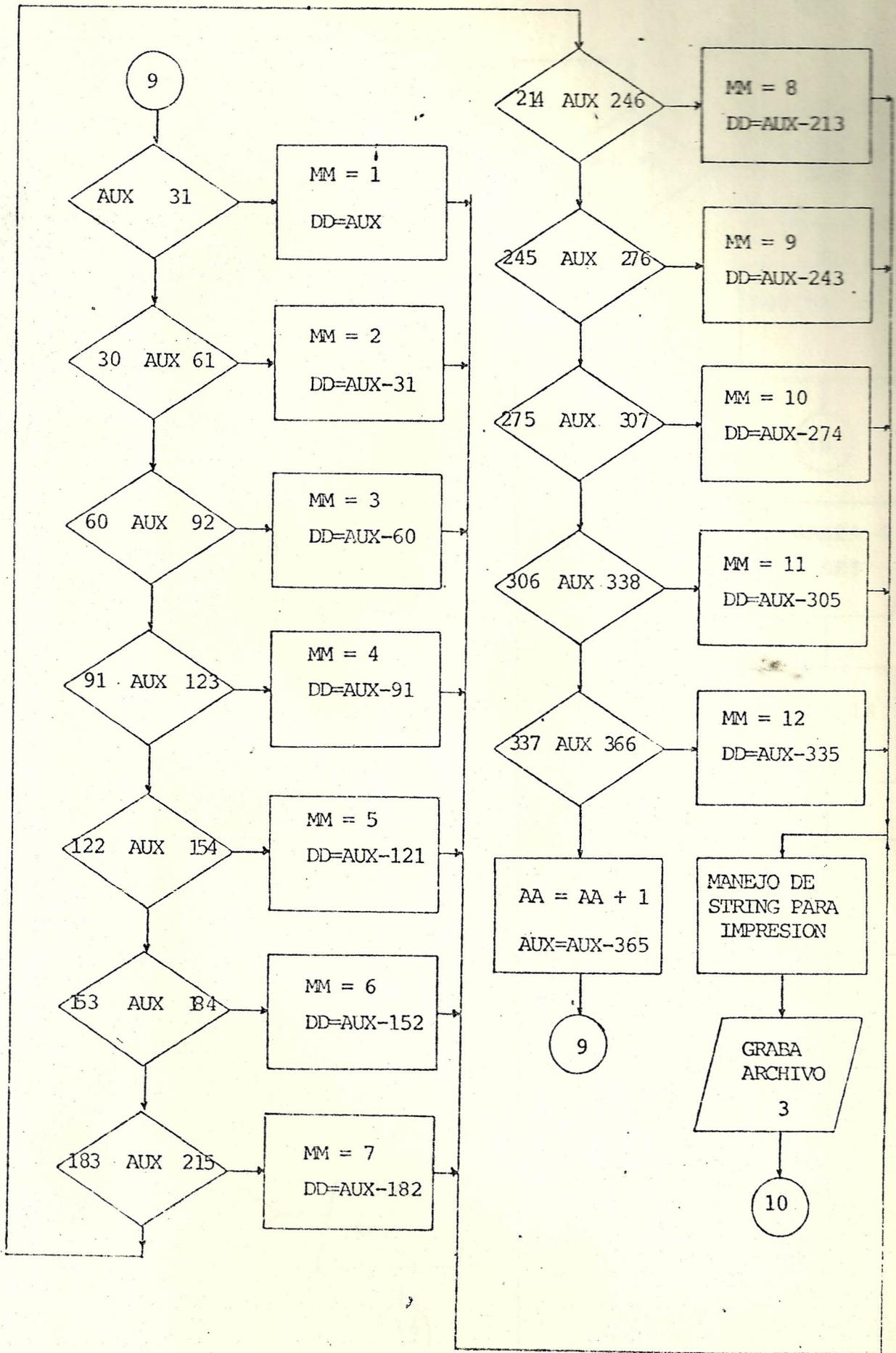


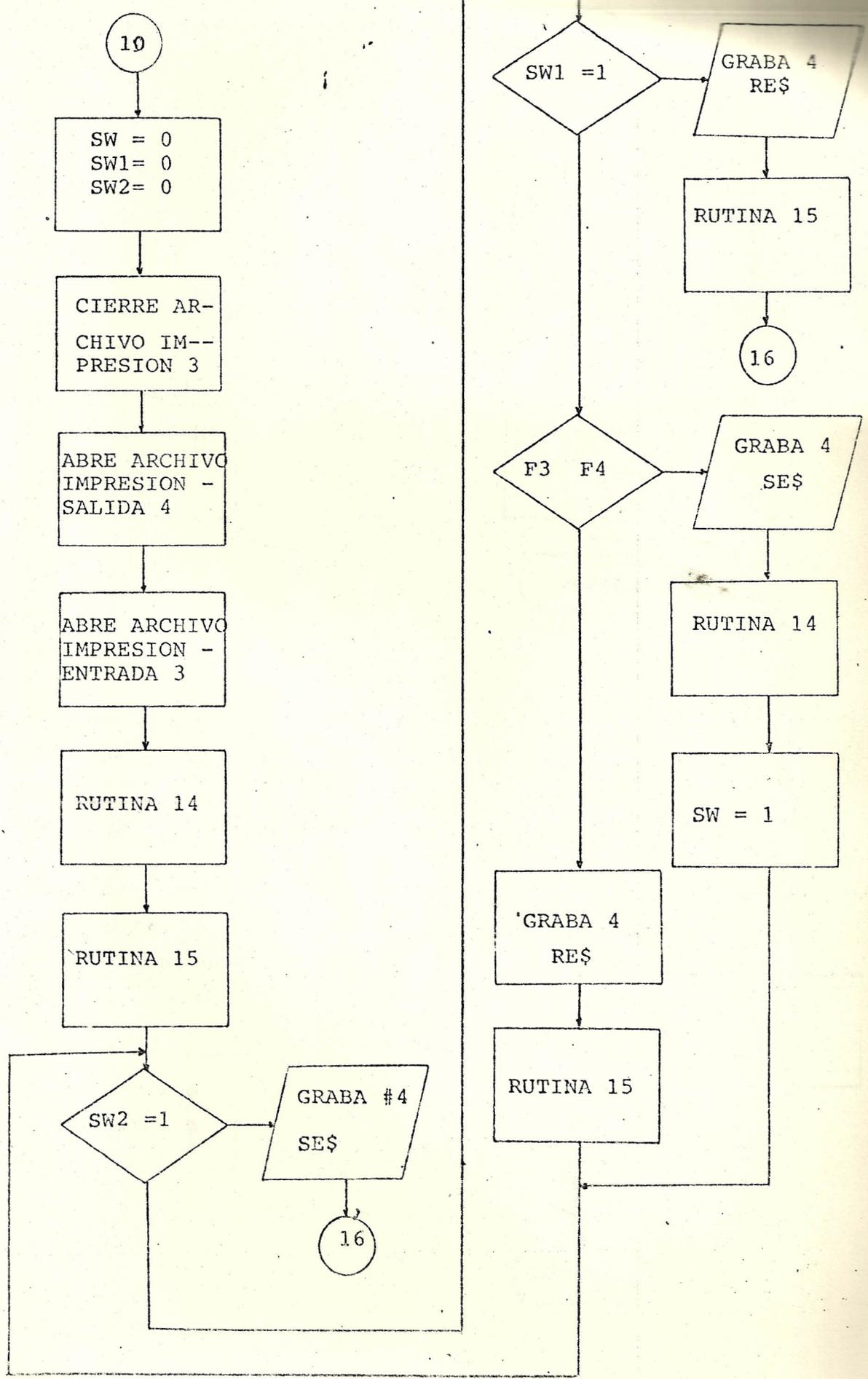


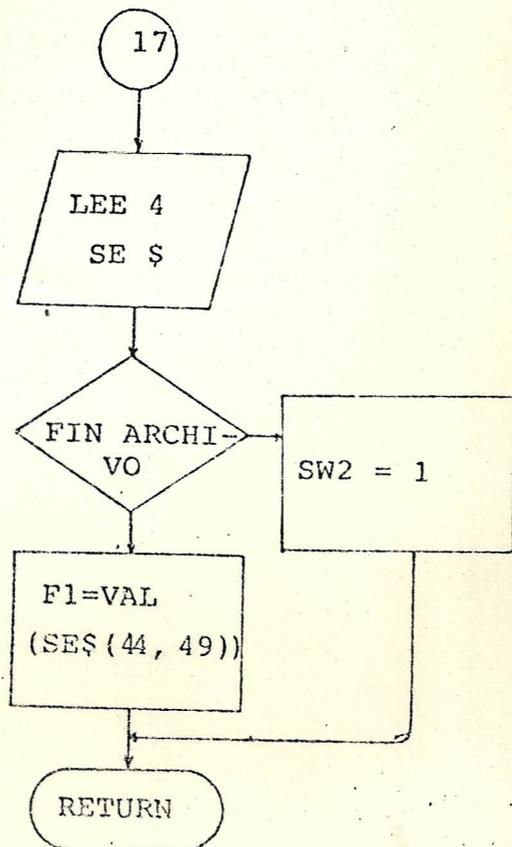
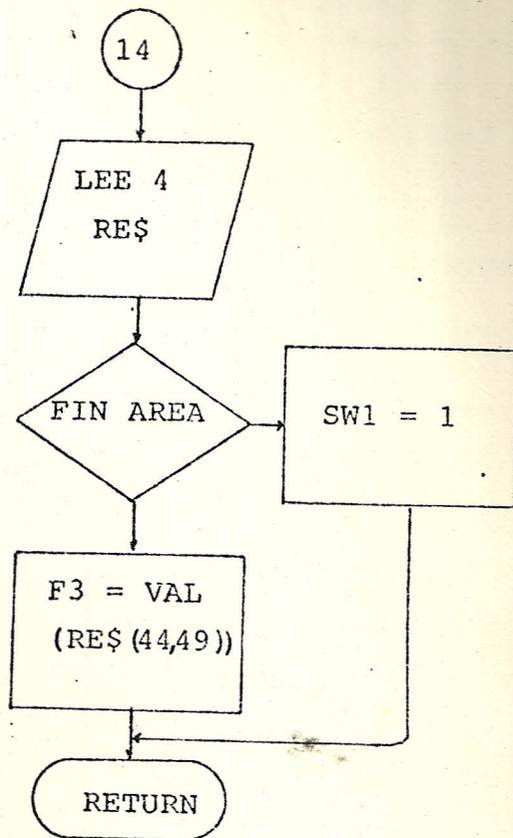
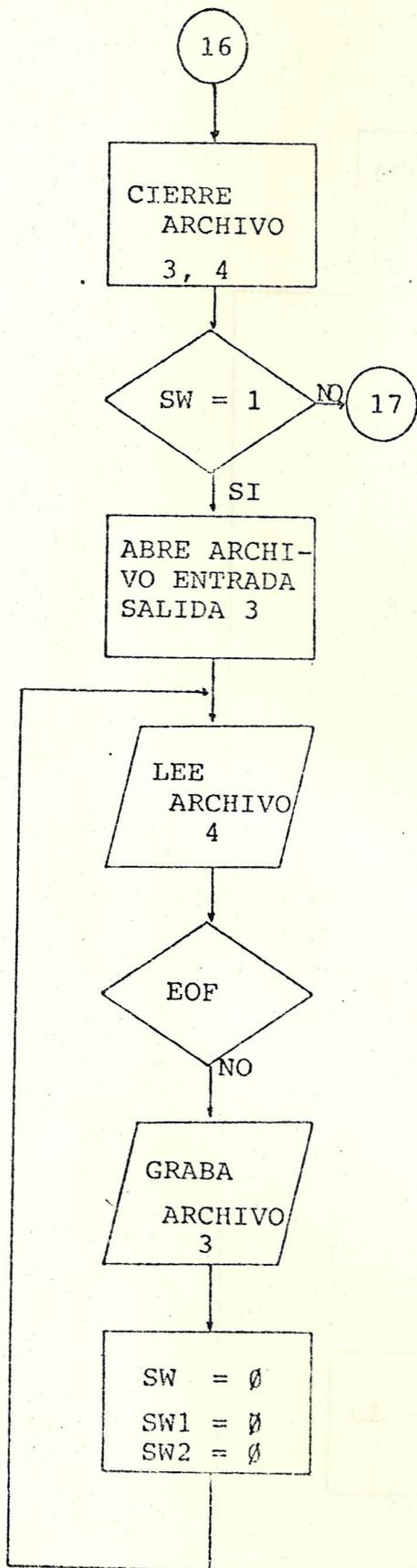


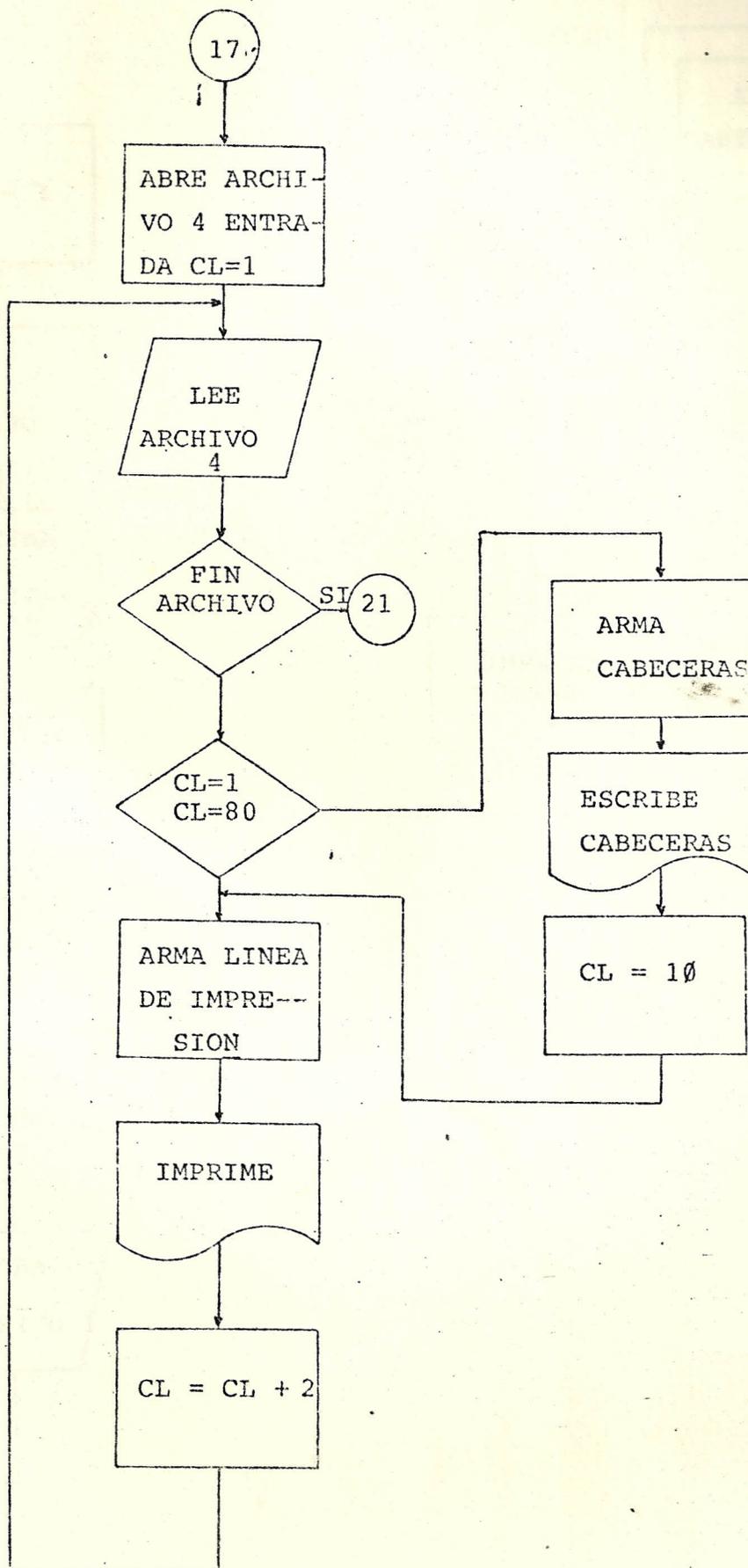




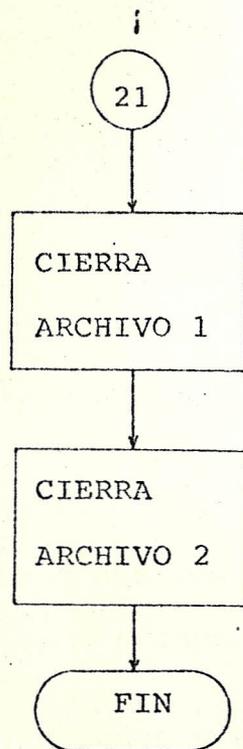












BIBLIOGRAFIA

1. DIMITRI KECECIOGLU, mantenimiento preventivo por reemplazos de edades y sus ventajas. Revista "Calidad" - (Universidad Tucson Arizona)
2. KAUFFMAN CECIL, Métodos y Modelos de la Investigación Operativa, Editorial CECSA, 1980, 231 a 257 p.
3. NEWBROUGH E.T., y Personal de Albert Ramond Inc., Administración al Mantenimiento Industrial. Editorial Diana S.A., México 1.979, 115 a 135 y 371 a 381 p.
4. HALPIN JAMES F., Zero Defects, Editorial CEAC S.A. - 1.970, 143 a 168 p.
5. SANCHEZ RODRIGUEZ MANUEL, Técnicas de Pert - Cpm, Editorial CEAC S.A., 1973, 126 - 134 p.
6. PUBLICACIONES PERIODICAS, Texaco, Manual del Lubricador (Varias).
7. MORROW D., Manual de Mantenimiento Industrial. Cía. E-

- ditorial. Mc. Gran Hill Int. 1.974.
8. VARGAS ANGEL, Operación y Mantenimiento de Motores a Diesel Máximo, Editado ESPL.
  9. Ensayos Laboratorio, Texaco (Varios).
  10. Plano de Acabado para Suministros, MNT, Mitusubishi, Harvey Industria Ltda. (Varios 1.972).