

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA

12
Ejerc.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Mantenimiento y Diagnóstico de Transformadores de Potencia
por medio de un Programa en Computadora.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

GREGORIO OREJAS FONG

GUADALAJARA, JAL. 1984



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAGS.
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I. FORMULACION DEL PROBLEMA.	3
CAPITULO II. ANALISIS DEL PROBLEMA.	4
CAPITULO III. ESTUDIO Y SELECCION DE AL- TERNATIVAS A UNA SOLUCION.	38
CAPITULO IV. MODELO DEL PROGRAMA.	84
CONCLUSIONES.	88
BIBLIOGRAFIA.	89

I N T R O D U C C I O N

El objetivo de este estudio es el de proporcionar un programa que sea practico y eficiente, el cual conjunta ideas y experiencias en la realización de pruebas a los transformadores de potencia. Unifica criterios, en la determinación de las condiciones que guardan los materiales que integran los aislamientos de los transformadores y normalizamos la interpretación de resultados en el programa, de tal manera que este juzga y detecta las condiciones de degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos.

Es de vital importancia la confiabilidad y calidad del programa, así como la realización de las pruebas para que este nos dé un diagnóstico acertado, por eso es que daremos una eficiente y práctica explicación de cada una de las pruebas que vamos a analizar. Revisando detenidamente los efectos atmosféricos que influyen y afectan la toma de lecturas, junto con las precauciones necesarias para evitar resultados erróneos.

En este programa se seleccionarán parametros, que deben cumplir los transformadores para poderse poner en servicio o que continúen proporcionandolo, esta comparación se llevará a cabo entre los datos que tiene el programa y los resultados de las pruebas aplicadas al transformador. En caso de que los resultados de las pruebas no vayan de acuerdo a los parámetros estipulados, el programa sera capaz de proporcionar una respuesta que defina que parte tenemos que investigar del transformador y como debemos de proceder en base a estudios y la experiencia adquiridos con la familiarización de las pruebas.

Asicionalmente el programa llevará un curriculum desde el momento en que se puso por primera vez en servicio el transformador, así como un registro de las pruebas y

manobras que se han llevado en el mismo.

CAPITULO I.

La gran cantidad de transformadores de potencia que se maneja en "Comisión Federal de Electricidad" nos ha -
conducido a realizar un estudio que facilite la labor de
mantenimiento y archivo de cada uno de los transformado -
res.

Es de gran importancia para la empresa conocer la -
vida de servicio de cada uno de los transformadores que -
tiene en uso, así como realizar métodos prácticos y efi -
cientes que nos proporcionen información cuando ésta sea
necesaria de cada transformador.

Además es necesario actualizar los métodos de archi -
vo ya que actualmente se maneja el sistema de "Carpetas -
de Archivo" que va aumentando conforme se va poniendo más
transformadores en servicio. Es sumamente necesario archi -
var esta información de una manera más práctica y con mas
detalle de cada maniobra que se ha realizado en cada una
de las unidades puestas en servicio.

Adicionalmente pocas personas son las que están ca -
pacitadas para dar una interpretación de los resultados -
de las pruebas aplicadas a cada transformador u se preten -
de unificar la experiencia adquirida, los procedimientos -
que se han seguido en la solución de diversas situaciones
de una manera rápida y accesible.

Mejorar los programas de mantenimiento con el propó -
sito de detectar fallas peligrosas en los aislamientos, an -
tes de que la falla ocurra, de esta manera previene pérdi -
das de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno
de los aislamientos que están sujetos a los efectos de -
agentes destructivos como el agua, el calor, efecto, coro -
na, etc...

C A P I T U L O I I .

El presente analisis pretende abarcar las restricciones, criterios y especificaciones a que está sujeto nuestro estudio de acuerdo a los recursos disponibles.

Como se comentó anteriormente nuestro objetivo es el de realizar un programa en computadora que mejore la tarea en el mantenimiento de transformadores de potencia.

Para lograr un análisis más riguroso primeramente analizaremos nuestro problema desde el punto de vista eléctrico.

Existe gran cantidad de pruebas electricas que se le pueden efectuar a un transformador, pero estamos restringidos porque muchos instrumentos de medición no son portátiles y solo se utilizan en laboratorio, lo cual dificulta la toma de lecturas al efectuar las pruebas en el campo.

Actualmente "Comisión Federal de Electricidad" cuenta con dispositivos de medición portátiles que satisfacen nuestras necesidades para lograr nuestro propósito. Además esta empresa cuenta con gran experiencia e información al respecto.

Las pruebas que nosotros utilizaremos para determinar si un transformador está en posibilidades de seguir prestando servicio son las siguientes: prueba de resistencia, de aislamiento, prueba de factor de potencia, prueba del aceite, prueba de corriente de excitación, prueba de collar y prueba de boquillas. Las características principales de las pruebas mencionadas anteriormente serán explicadas al final de este capítulo.

El Depto. de Transmisión y Líneas de C.F.E., tiene a su cargo cientos de transformadores de potencia a los cuales tiene que prestar servicio de mantenimiento con

-tinuamente. Debido a la gran cantidad de datos que arroja este proceso de mantenimiento es necesario un medio económico que almacene, maneje a altas velocidades y procese información para poder mejorar este servicio.

La computadora es el medio o la herramienta que nos ayuda a almacenar y recuperar información donde hay demasiados objetos. Además busca y procesa información mucho más rápido que el trabajo humano.

Ahora nuestro objetivo es el de construir un programa (sistema) práctico y eficiente que conjunte todos aquellos conocimientos eléctricos necesarios para poder mejorar el servicio de mantenimiento.

En éste programa se seleccionarán parámetros que deben de cumplir los transformadores para poderse poner en servicio o que continúen proporcionándolo, ésta comparación se llevará a cabo entre los datos que tiene el programa y los resultados de las pruebas aplicadas al transformador. En caso de que los resultados de las pruebas no vayan de acuerdo a los parámetros estipulados, el programa será capaz de proporcionar una respuesta que defina que parte tenemos que investigar y como debemos de proceder en base a estudios y la experiencia adquiridos con la familiarización de las pruebas.

Adicionalmente el programa llevará un curriculum desde el momento en que se puso por primera ocasión en servicio el transformador, así como un registro de las pruebas y maniobras que se han llevado en el mismo.

A continuación se describe y define en términos generales la: prueba de resistencia de aislamiento, prueba de factor de potencia, prueba del aceite, prueba de corriente de excitación, prueba del collar, prueba de boquilla. Se revisan los efectos que afectan o cambian dichas pruebas y se recomienda el uso de métodos y conexiones para medirlas, junto con algunas de las precauciones necesarias para evitar resultados erróneos.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia (en megohms) que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo; como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 minutos.

Corriente de Aislamiento.

A la corriente resultante de la aplicación del voltaje de corriente directa a un aislamiento, se le denomina corriente de aislamiento y consiste de dos componentes principales:

- a) La corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento compuesta de:
 - 1) Corriente Capacitiva: Es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración, que decrece rápidamente a un valor despreciable (generalmente un tiempo máximo de 15 segundos).
 - 2) Corriente de Absorción dieléctrica: Esta corriente decrece gradualmente con el tiempo desde un valor relativamente alto a un valor cercano a cero, siguiendo una función exponencial.

Esta corriente tarda desde unos cuantos minutos a varias horas en alcanzar un valor despreciable.

- 3) Corriente de conducción irreversible. Esta corriente fluye a través del aislamiento y es prácticamente constante y predomina después que la corriente de absorción se hace insignificante.
- b) La corriente que fluye sobre la superficie del aislamiento y que se conoce como corriente de fuga. Esta corriente al igual que la de conducción permanece constante y ambas constituyen el factor primario para juzgar las condiciones de aislamiento.

ABSORCION DIALECTRICA.

La resistencia varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente al área del mismo; cuando repentinamente se aplica un voltaje de corriente directa a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse.

A la curva obtenida cuando se grafican valores de resistencia de aislamiento contra tiempo se le denomina curva de absorción dieléctrica y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento. Si el aislamiento está húmedo o sucio se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

INDICES DE ABSORCION Y POLARIZACION.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica - puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la misma prueba. A la relación de 60 segundos a 30 segundos se le conoce como "INDICE DE ABSORCION", y a la relación de 10 minutos como "INDICE DE POLARIZACION".

FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.

A continuación se expondrán algunos de los factores que pueden ser causa de grandes errores en la medición de la resistencia de aislamiento.

EFFECTO DE LA HUMEDAD. Una gran parte de los materiales utilizados en los sistemas de aislamiento - como son el aceite, el papel, el cartón y algunas cintas, son higroscópicos y por tanto capaces de absorber humedad y ocasionan una reducción en la resistencia de aislamiento. El polvo depositado sobre las superficies aislantes ordinariamente no es conductor cuando este esta seco, pero cuando se expone a la humedad se vuelve particularmente conductor y decrece entonces la resistencia de aislamiento.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA. La resistencia de aislamiento varía inversamente con la temperatura en la mayor parte de los materiales aislantes. Es necesario efectuar las mediciones a la misma temperatura, o convertir una misma medición a una misma base. Esta conversión se efectua con la siguiente ecuación:

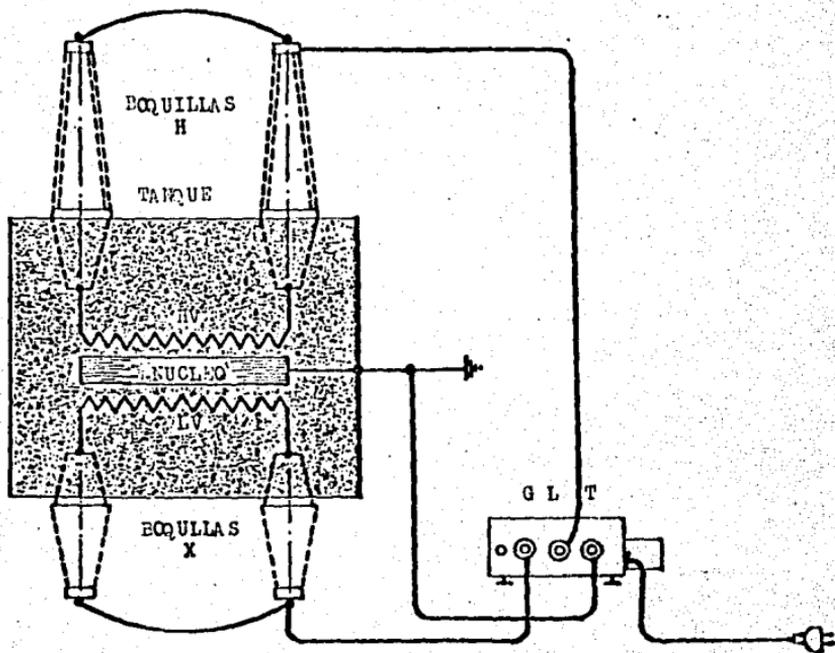
$$R_c = K_t \times R_t$$

R_c : Resistencia de aislamiento (en megohms) corregida a la temperatura base.

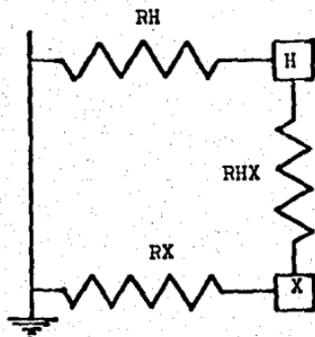
R_t : Resistencia de aislamiento a la temperatura en que se efectuó la prueba.

K_t : Coeficiente de corrección por temperatura.

Nota: Se pueden utilizar los factores de corrección aproximadamente que se indican en la siguiente figura.

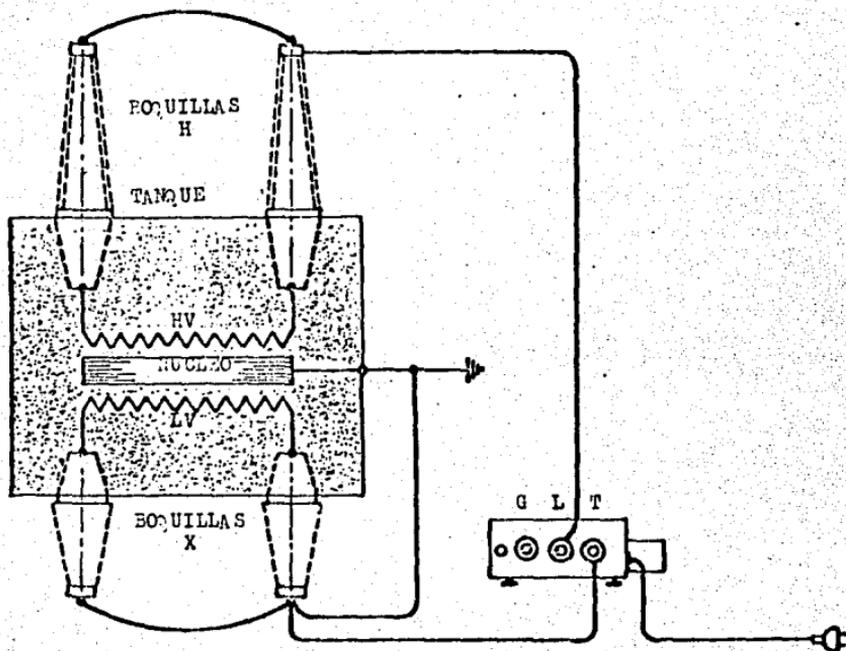


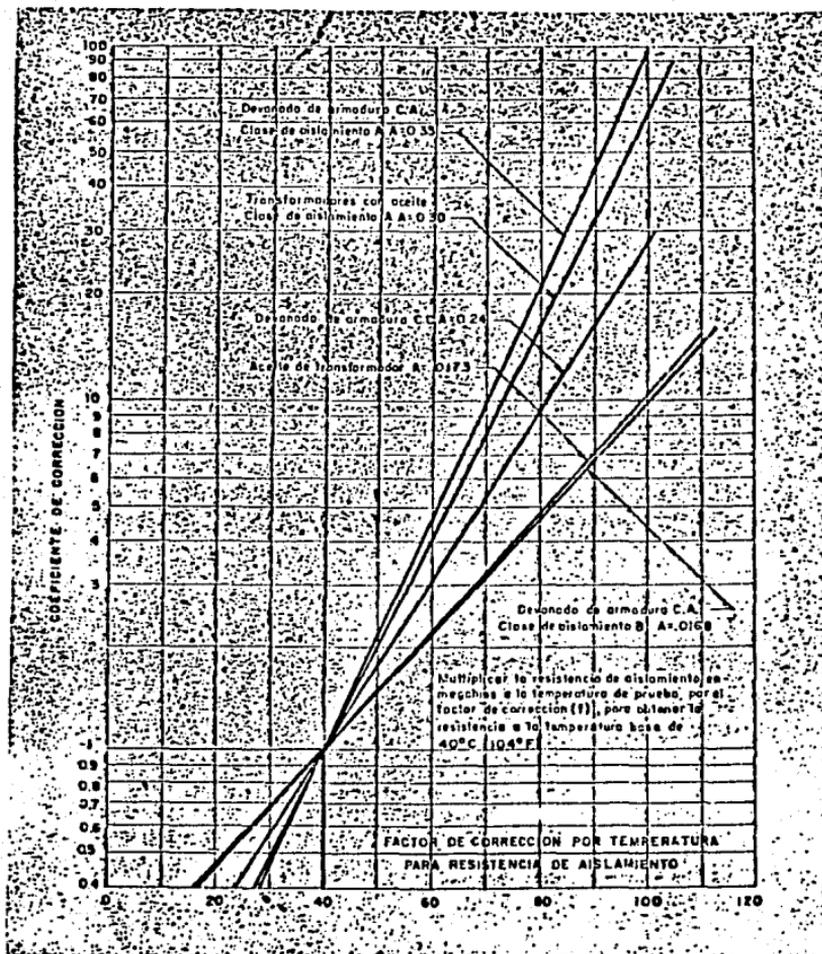
PRUEBA No. 1



PRUEBA	CONEXIONES			MIDE
	L	T	G	
1	H	$\frac{H}{\perp}$	X	RH
2	H	X	$\frac{H}{\perp}$	RHX
3	X	$\frac{H}{\perp}$	H	RX
4	H	$\frac{X}{\perp}$	-	RH-RHX
5	X	$\frac{H}{\perp}$	-	RX-RHX
6	HX	$\frac{H}{\perp}$	-	RH-RX

PRUEBA No. 4





"COEFICIENTE DE CORRECCION"

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es uno de los medios más confiables para juzgar con un mayor criterio las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos siendo particularmente recomendada para la detección de degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos. Esta prueba es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El factor de potencia es un aislamiento es el coseno del ángulo entre el vector de la corriente de carga y el vector del voltaje aplicado, obteniendo los valores directos de estos factores a través de la medición de los volts-amperes de carga y las pérdidas de watts del diéctrico bajo prueba, a un voltaje dado, medidos con un equipo especial.

Algunos de los equipos más comunes para la prueba de factor de potencia son el de marca James G. Biddle de 10 KV y el otro marca Doble Engineering en sus dos tipos, el MEU-2500 y el MH-10 KV.

El equipo "Doble" es el de mayor confiabilidad, precisión y versatilidad para el tipo de pruebas que nos interesan, y está diseñado para usarse tanto en el campo como en pruebas de laboratorio.

Para pruebas a voltajes mayores de 2.5 KV.

Cálculo de f.p. al equipo probado.

$$\% \text{ F.P.} = \frac{\text{MW}}{\text{MVA}} \text{ por } 100$$

Para pruebas a voltajes menores de 2.5 KV.

Por lo que respecta a los valores de los MVA y MW para el cálculo de factor de potencia deberán corregirse en la forma siguiente.

$$MVA = 0.16 \cdot (MVA \text{ medidos}) (KV \text{ de prueba})^2$$

$$MW = 0.16 \cdot (MW \text{ medidos}) (KV \text{ de prueba}) \cdot 2$$

$$\% F.P. = \frac{MW}{MVA} \text{ por } 100$$

Los aislamientos que constituyen transformadores de dos devanados se muestran en la siguiente página. () Representan tanto a un transformador monofásico como trifásico y las consideraciones para ambos son las mismas.

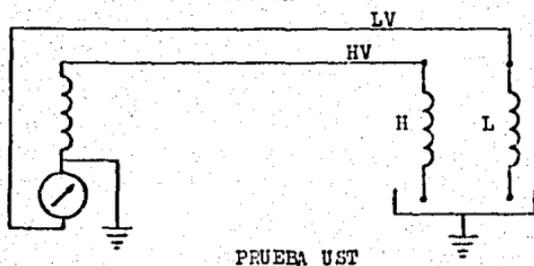
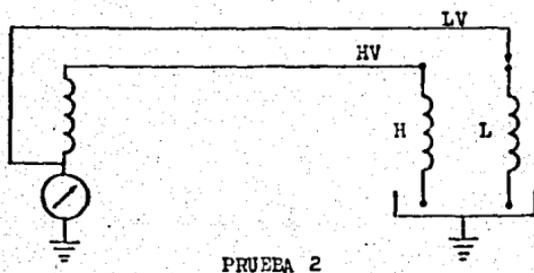
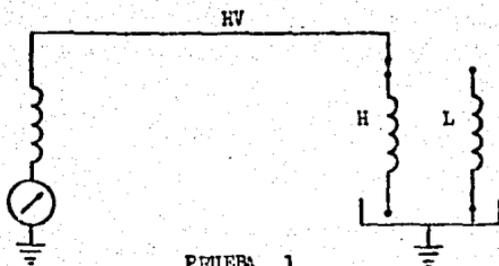
Los aislamientos representados como Ch, C1 y Ch1 son respectivamente los aislamientos entre el devanado de alta tensión y tierra, entre el devanado de baja tensión y tierra y el aislamiento entre los devanados de alta y baja tensión. Estos aislamientos aunque están distribuidos a lo largo de los devanados, se muestran como un solo capacitor para mayor simplicidad. Estos aislamientos no es tan compuestos de un solo dieléctrico: por ejemplo, Ch incluye boquillas, el aislamiento entre el devanado de alta y tierra y el de aceite entre devanado y tierra. Los valores de Ch y C1 se leen directamente cuando el devanado de alta es energizado y el devanado de baja se conecta a guarda se mide Ch. Cuando el devanado de baja es energizado y el devanado de alta es conectado a guarda, se mide C1.

VALORES DE PRUEBA DE LOS TRANSFORMADORES.

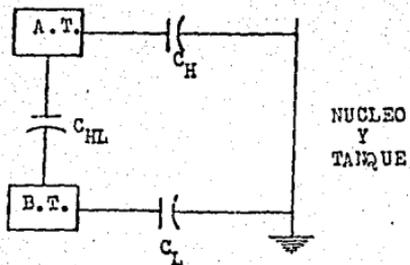
Los criterios a utilizar para considerar un valor de F.P. en % a 20' C, aceptable para entrar en servicio un transformador a operación por primera vez, es decir nuevo, deberá tomarse como base un valor no mayor de 0.5%.

Los valores aceptables de F.P. a 20' C de transformadores que se encuentran en operación, deberán de considerarse de orden de 0.5 a 2.0%.

Para valores mayores al 2% que se cita anteriormente, es recomendable que se investigue el valor, el cual puede ser originado por condiciones de degradamiento del aceite aislante, o bien algún posible daño en algunas de las boquillas, así como algún agente externo que pudiera estar influenciando en la elevación de dicho valor.



PRUEBA	ENERGIZAR DEVANADO	DEVANADO A TIERRA	DEVANADO A GUANDA	AISLAMIENTO MEDIDO
1	H	L	-	-
2	H	-	L	C _H
3	L	H	-	-
4	L	-	H	C _L



AISLAMIENTOS DE TRANSFORMADORES DE DOS
DEVANADOS.

PRUEBAS DE CORRIENTE DE EXCITACION

Los transformadores sufren frecuentemente fallas por daños en sus devanados y núcleos por los esfuerzos mecánicos de los corto circuitos por golpes en su transportación, los cuales provocan corto circuitos entre espiras, sobrecalentamientos, desplazamientos de devanados y núcleos, los métodos más usados para detectar estos daños, son normalmente por pruebas e inspecciones visuales.

La corriente de excitación de un transformador, es aquella que se obtiene en el devanado primario al aplicar a éste un voltaje, manteniendo al transformador sin carga, es decir, el secundario en circuito abierto.

La magnitud de la corriente de excitación, depende en parte del voltaje aplicado, del número de vueltas en el devanado, de las dimensiones del devanado, de la reluctancia y de otras condiciones eléctricas que existen en el transformador.

Una corriente excesiva, puede deberse a un corto circuito entre una o varias espiras de devanado, cuyo valor se adiciona a la corriente normal de excitación. También el exceso de corriente puede deberse a efectos dentro del circuito magnético, como por ejemplo a fallas en el aislamiento de los tornillos de sujeción del núcleo, o al aislamiento entre laminación.

En un transformador trifásico conectado en estrella, la corriente de excitación puede medirse aplicando voltaje independiente a cada una de las fases y conectando un ampérmetro en serie entre el neutro y tierra, en este caso podemos observar que la corriente de excitación correspondiente a la priena central es menor que en las otras dos fases, debido a que la reluctancia del circui-

-to magnético es menor.

Para devanados conectados en delta, el problema para medir las corrientes de excitación de los devanados se complica.

En la figura (pag.) podemos apreciar el núcleo de un transformador trifásico con una bobina en cada fase. La bobina 1-1', esta devanada en la pierna "A" la bobina 2-2' en la pierna "B", y la bobina 3-3', en la pierna "C". En la misma hoja aparece el mismo devanado conectado en delta.

Suponiendo que los voltajes aplicados a las fases A B y C estan balanceados, la corriente en cada devanado sera la corriente de excitación en cada pierna, teniendo entre el voltaje y la corriente aplicada, un angulo muy próximo a 90'. La suma de corrientes instantaneas en cualquier instante será igual a cero. Así mismo la suma de los tres voltajes también será igual a cero.

- a) En las figuras de la Pág. el voltaje de prueba es de 10 KV R.M.S.
- b) El voltaje en terminales es de valor máximo positivo en ese instante.
- c) Por tanto, la magnitud y dirección de los flujos en el núcleo, se basa en estas condiciones anteriores.

La figura de la pag. muestra el flujo producido en el núcleo por la corriente en los dos devanados, la dirección puede determinarse fácilmente aplicando la regla de la mano derecha.

El devanado 1-1' se produce un flujo hacia arriba en la pierna central "A, dividido por igual en las otras dos piernas. La corriente en el devanado 3-3' produce un flujo hacia abajo en la pierna "C", que regresa a tra

-vés de las piernas "A" y "B". Una gran parte de este flujo va a través de la pierna "A", en virtud de que su trayectoria es mucho más corta que por la pierna "C" nótese que ambos flujos están en conjunción en las piernas "A" y "C" siendo el coeficiente de acoplamiento de un alto valor; en la pierna "B" los dos flujos se encuentran en oposición, por lo que el flujo resultante inducido en el devanado 2-2' en la pierna "B" es menor.

Refiriéndonos a la figura (pag.) el devanado de la pierna "B", el ampérmetro y la tierra, constituyen una malla o circuito cerrado, y circula una corriente inducida de un valor conocido por la fuente del aparato sin pasar por el medidor.

Bajo estas condiciones de prueba es común caer en el error de considerar que la corriente medida sea la corriente total de excitación, podemos decir que la interrelación de flujos, en los tres devanados, juega un papel de mucha importancia.

FACTORES QUE AFECTAN LAS PRUEBAS DE CORRIENTE DE EXCITACION.

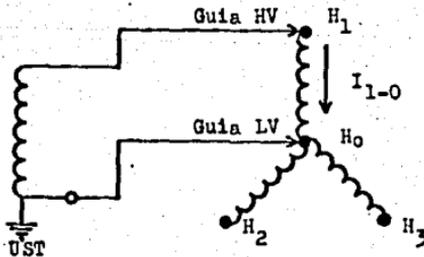
Un factor que afecta relevantemente las lecturas al hacer pruebas de corriente de excitación es el magnetismo remanente en el núcleo del transformador bajo prueba. Ya que por lo general el núcleo queda magnetizado por estar desplazadas las corrientes 120' y por lo tanto, dos de las piernas necesariamente quedarán con magnetismo, en virtud de que si suponemos que una de dichas corrientes esta en cero grados, las otras dos corrientes quedarán en 120' y 240' respectivamente, lo que llegará a producir el citado efecto.

El método más simple y más seguro es el de aplicar una corriente directa inversa al devanado, este método se basa en utilizar corrientes altas, las cuales pueden ser obtenidas con acumuladores, aprovechando la baja resistencia ohmica de los devanados del transformador. La corriente desmagnetizante inicial deberá ser igual para las tres fases y de preferencia cercana a la normal. La ventaja de este método es que podemos aplicar voltajes de 6, 12 ó 24 volts que normalmente se utilizan en acumuladores de automóviles y por lo tanto estas fuentes se consiguen con facilidad.

RESULTADOS DE PRUEBAS

Se recomienda que las pruebas se comparen entre unidades similares, cuando se carece de datos anteriores o alguna estadística sobre el equipo bajo prueba, que permita efectuar dicha comparación.

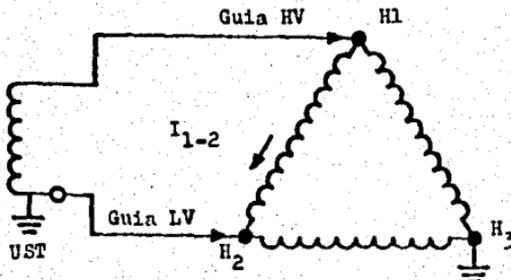
Para conexión estrella, como regla general se tiene que en dos fases deben obtenerse resultados similares, pero un valor alto en la tercera (generalmente es el doble de las anteriores).



MEDICION DE I_0 EN UN TRANSFORMADOR CONECTADO EN ESTRELLA
(PRUEBA DE RUTINA)

I_0	ENERGIZAR	UST	FLOTANDO
H_1-H_2	H_1	H_0	$H_2 H_3, X_1 X_2 X_3$
H_2-H_0	H_2	H_0	$H_1 H_3, X_1 X_2 X_3$
H_3-H_0	H_3	H_0	$H_1 H_2, X_1 X_2 X_3$

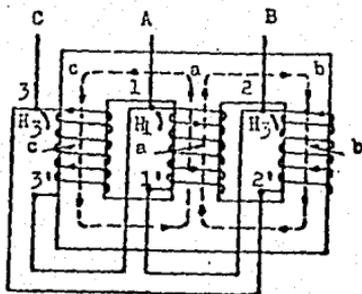
SI BAJA ES ESTRELLA ATERRIZA X_0



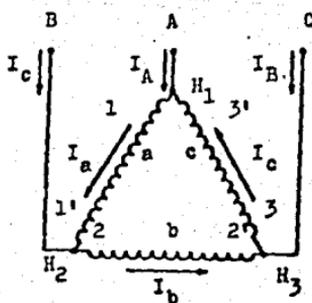
MEDICION DE I_0 EN UN TRANSFORMADOR CONECTADO EN DELTA
(PRUEBA DE RUTINA)

I_0	ENERGIZAR	UST	ATERRIZAR	FLOTANDO
H_1-H_2	H_1	H_2	H_3	$X_1 X_2 X_3$
H_2-H_3	H_2	H_3	H_1	$X_1 X_2 X_3$
H_3-H_1	H_3	H_1	H_2	$X_1 X_2 X_3$

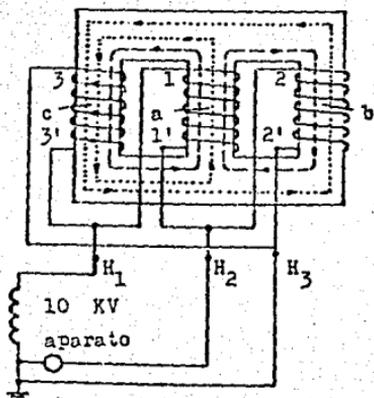
SI BAJA ESTA EN ESTRELLA ATERRIZAR X_0



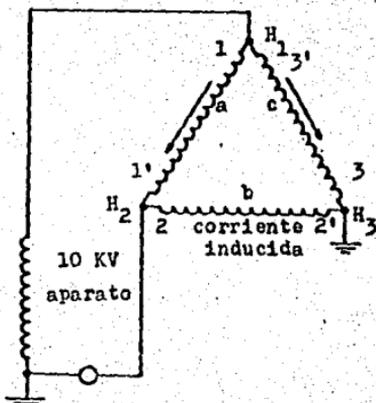
TRANSFORMADOR DE COLUMNAS CON
NUCLEO , DEVANADOS Y FLUJOS



CONEXION DE DEVANADOS
EN UN TRANSFORMADOR
TRIFASICO



1-1' DEVANADO MEDIDO
3-3' DEVANADO ENERGIZADO



NUCLEO, DEVANADO Y FLUJOS
correspondientes a la fig. der.

ACEITES AISLANTES

El aceite dentro de los equipos eléctricos cumple - con varias funciones principales, como medio aislante, como medio refrigerante (disipación de calor) en el caso de transformadores.

RIGIDEZ DIELECTRICA EN ACEITES AISLANTES

La determinación del valor de la rigidez dieléctrica - de un aceite aislante tiene importancia como una medida - de su habilidad para soportar esfuerzos eléctricos sin fallar. Es el voltaje al que se presenta la ruptura die - léctrica del aceite entre dos electrodos bajo determinadas condiciones. También sirve para indicar la presencia de - agentes contaminantes, tales como agua, suciedad o parti - culas contaminantes conductoras en el aceite, una o más - de las cuales pueden estar presentes cuando se encuentran bajo valores de rigidez durante la prueba.

Un alto valor de rigidez dieléctrica no indica sin embargo la ausencia de todos los contaminantes.

Existen varios aparatos para medir la rigidez dieléctrica, pero es muy recomendable utilizar el siguiente.

- a) Que sea portátil: Se sugiere adquirir un probador de rigidez dieléctrica de aceites aislantes marca "Hipotronics" modelo OC-60-A tipo BS-14-603 o similar.
- b) Electrodos intercambiables para cubrir las necesidades tanto con: discos o electrodos planos como esféricos.
- c) Rango de voltaje de 0 a 60 KV.

- d) Que el incremento de voltaje sea automático
La relación de elevación de la tensión debe ser -
de 500 volts/seg 20%.

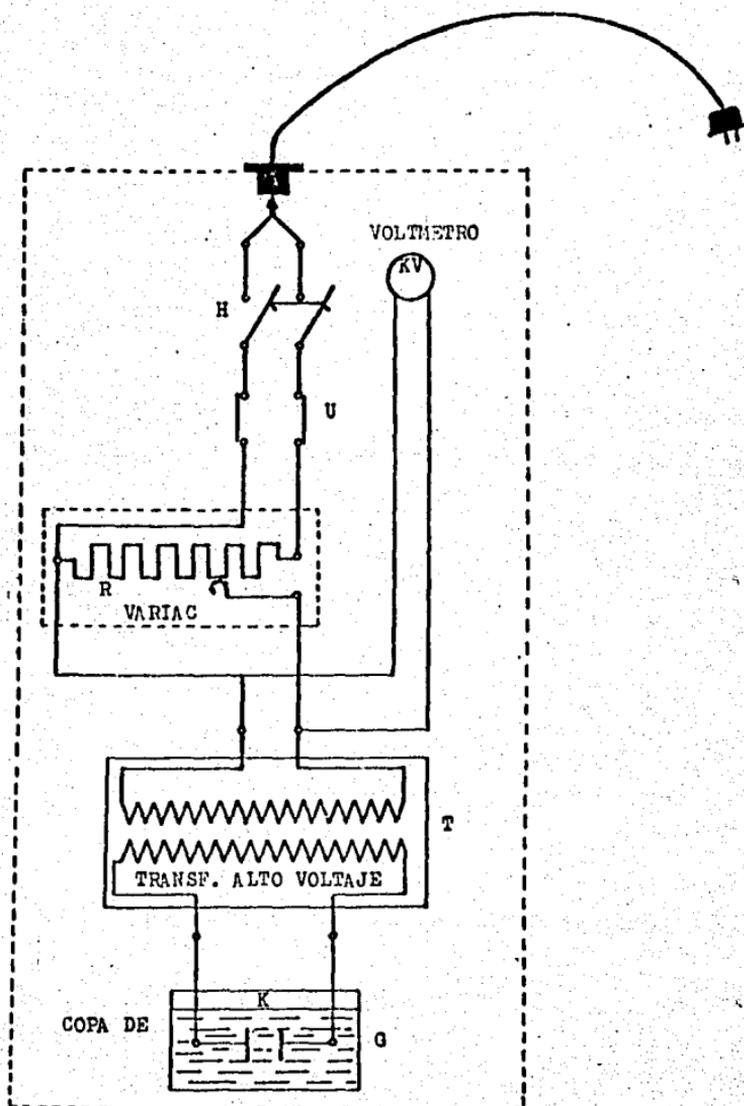
PRUEBAS DE RUTINA

Cuando se requiere determinar la rigidez dieléctrica en un aceite en base rutinaria se efectuará una prueba de ruptura en dos llenados sucesivos de la copa de prueba.

Si ninguno de los dos valores es menor del valor mínimo aceptable especificado fijado en 26 KV, no se requerirán pruebas posteriores y se reportará el promedio de los dos valores de ruptura con la rigidez dieléctrica de la muestra.

TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA:

Electrodos planos (2.54 mm).	30 KV min.
Electrodos semiesféricos (1.02 mm). . .	20 KV min.



ESQUEMA DEL EQUIPO PROBADOR DE RIGIDEZ DIELECTRICA

FACTOR DE POTENCIA EN EL ACEITE AISLANTE

El factor de potencia de un aceite es la relación de la potencia disipada en watts en el aceite al producto del voltaje efectivo y la corriente expresado en voltamperes. Esto es numéricamente equivalente al coseno del ángulo de fase o al seno del ángulo de pérdidas. Es una cantidad adimensional normalmente expresada en porcentaje.

El factor de potencia es una indicación de los cambios en el aceite resultantes de la influencia del deterioro y contaminación.

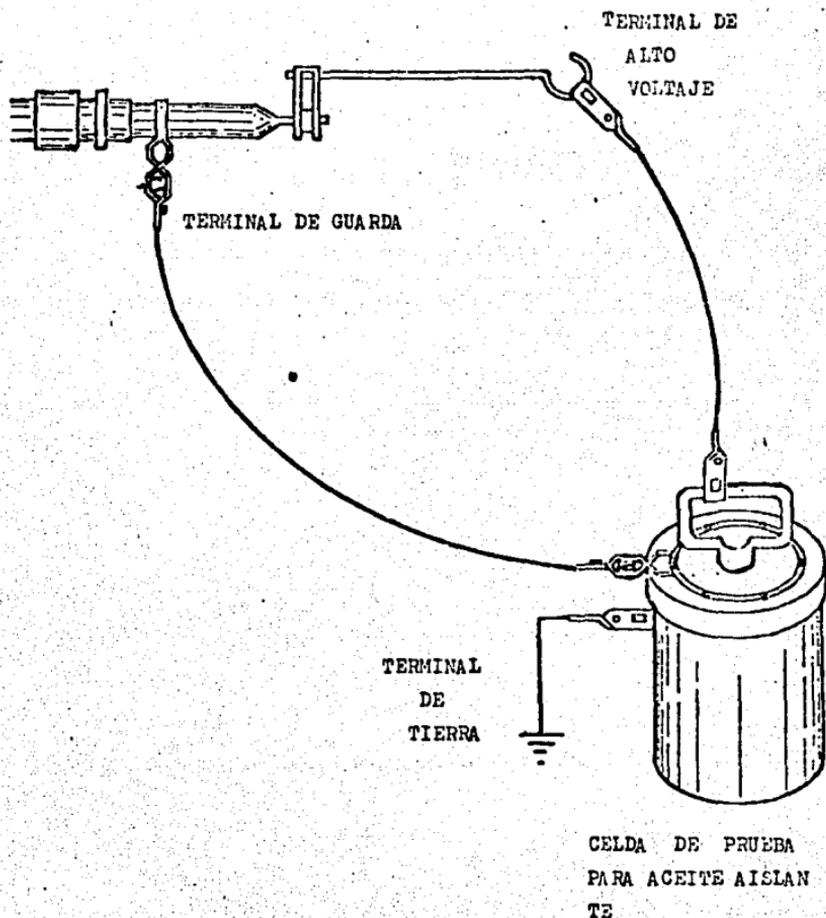
Los aparatos más utilizados hasta el momento son los de la Cía. "Doble", los cuales traen como accesorio una celda especial que es esencialmente un capacitor en el cual el aceite es el dielectrico.

Normalmente un aceite nuevo, seco y desgasificado alcanza valores de factor de potencia de 0.05% relacionado a 20°C. Un alto factor de potencia indica deterioro o contaminación con humedad, carbón o materiales conductores, barniz, glyptal, jabón sódico, compuestos asfálticos o de deterioro de productos aislantes. Cuando hay presencia de carbón o compuestos asfálticos en el aceite éstos le causan decoloración. La presencia del carbón en el aceite no necesariamente es causa de un incremento del factor de potencia a menos que también haya presencia de humedad.

Un aceite con un valor de factor de potencia de 0.5% a 20°C es usualmente considerado satisfactorio para operación.

Un aceite con un valor de factor de potencia entre 0.5% y 2% a 20°C debe ser considerado como riesgoso y ser investigado y en todo caso regenerado o reemplazado.

CONEXIONES DE PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA EN ACEITES
AISLANTES UTILIZANDO LA COFA
DOBLE



RESISTIVIDAD EN LOS ACEITES AISLANTES

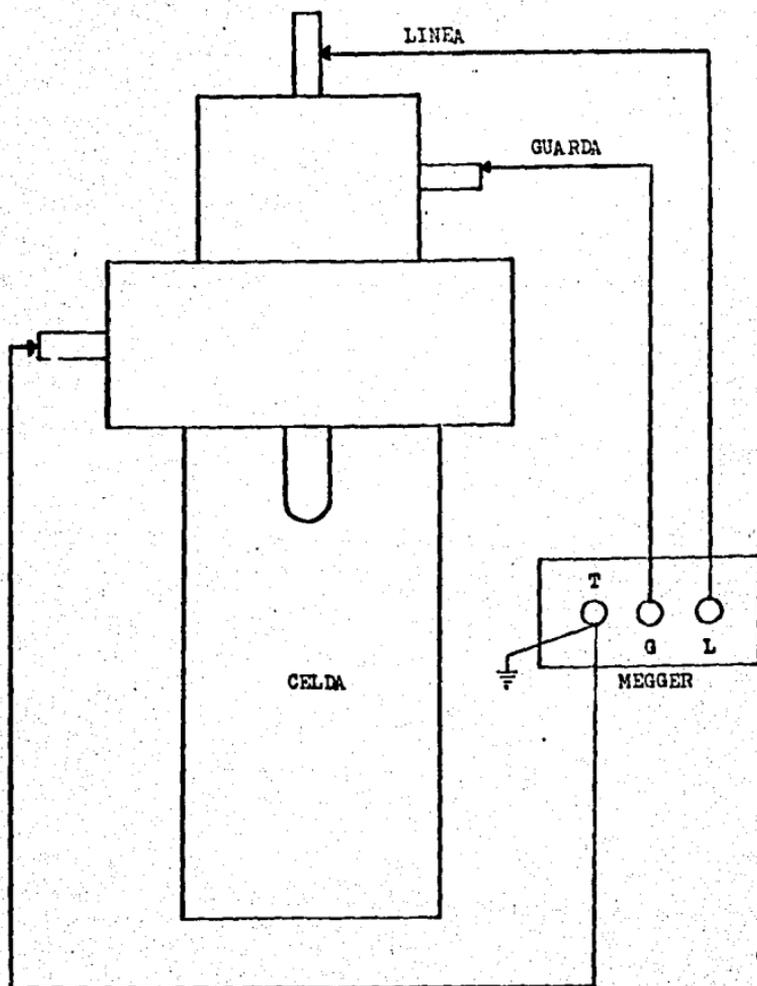
La resistividad de un aceite es una medida de sus propiedades aislantes eléctricas. Una alta resistividad refleja el bajo contenido de iones libres y partículas formadas de iones.

Hasta el momento está generalizado el uso de una celda de prueba para resistividad marca "BIDDLE" en combinación con un "MEGGER" motorizado de la misma marca y con un rango hasta 50,000 megohms y aplicándole a la celda 2,500 volts.

VALORES LIMITE

Un valor de 40×10^6 ohms-cm como mínimo se considera como satisfactorio para operación.

Valores menores se consideran como inadecuados por la cantidad de sustancias iónicas en el aceite. Es conveniente para una mayor exactitud en las lecturas de resistividad contar con un teraohmetro en lugar del megger en virtud de que la escala de aquel es más amplia ya que se pueden obtener valores hasta de 500 teraohms.



CONEXIONES DE PRUEBA DE RESISTIVIDAD DE ACEITE AISLANTE
UTILIZANDO MEGGER Y COPA
BIDDLE

TENSION INTERFACIAL

La tensión interfacial es la fuerza de atracción entre diferentes moléculas en una interface y se expresa en dinas/cm.

El significado básico es el hecho de que provee medios sensitivos de la detección de pequeñas concentraciones de contaminantes polares solubles y otros productos de oxidación. Bajo ciertas condiciones cuando la tensión interfacial esta por debajo de cierto valor, puede ser indicativo de que es inminente o se ha iniciado la precipitación de lodos.

El método más generalizado es en el que se hace uso de una bureta micrométrica, un recipiente tal como un cristizador para contener la muestra y un soporte para fijar la bureta y a la vez sirva para sostener el recipiente que contiene la muestra.

VALORES LIMITES

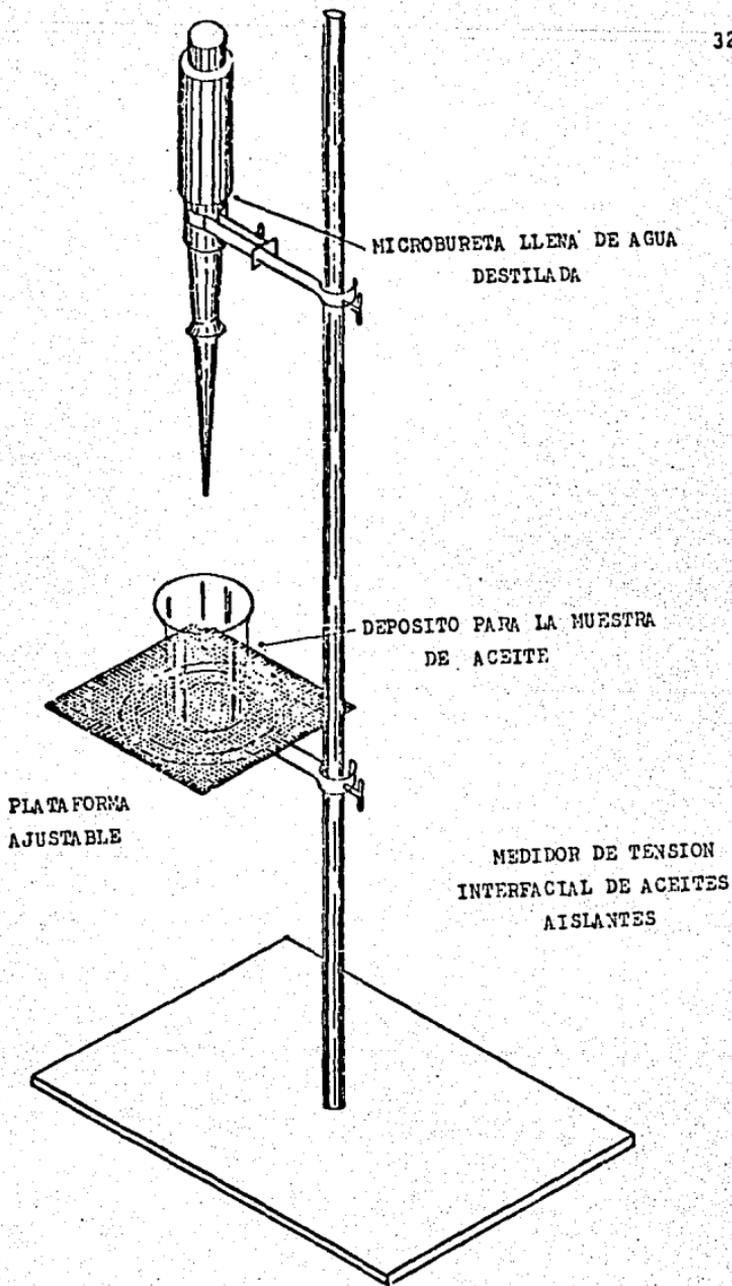
Para aceites nuevos o regenerados 40 dinas/cm o más.

Para aceites en operación.

- a) Para 15 dinas/cm o menos tiene lodos.
- b) Para 15 a 20 dinas/cm. se considere deteriorado.

En los casos anteriores el aceite debe ser regenerado.

Para 20 dinas/cm en adelante se considera en buen estado de operación.



ACIDEZ DE ACEITES AISLANTES

La determinación de la acidez en aceites usados y su comparación contra valores de aceites nuevos o regenerados es útil como una indicación de cambios químicos en el propio aceite o bien en sus aditivos, como consecuencia de la reacción con otros materiales o sustancias con las que ha estado en contacto. El incremento del valor de la acidez puede utilizarse como guía para determinar cuando se debe de cambiar o regenerar un aceite aislante y prevenir una mayor descomposición y posiblemente la formación de lodos.

En el caso de que se requiera determinar la acidez total aproximada, se vacía una cierta cantidad del líquido que se va a probar y a este se le añade en pequeños incrementos solución de hidróxido de potasio, hasta que el color de la película acuosa adquiere un tono rosa claro. El valor aproximado de la acidez total queda determinado por la cantidad de solución de hidróxido de potasio añadida.

La normalidad de la solución de hidróxido de potasio deberá ser de 0.03.

$$\text{Valor de acidez total} = \frac{B-A}{10} \quad \text{donde :}$$

A: Mililitros de líquido bajo prueba usados (se recomienda 20 mililitros).

B: Mililitros de líquido en el depósito al terminar la prueba.

B-A: Mililitros que se añadieron de solución de KOH.

BOQUILLAS

Existen varias marcas y tipos de boquillas, entre las más comunmente usadas puede citarse la de marca General -- Electric, llenas con compound, pyranol o aceite; así mismo las Ohio Brass y Westinghouse, de tipo condensador o semi-condensador.

Básicamente cualquier boquilla consiste de un conductor central envuelto por una estructura de porcelana, con aceite o compound.

Uno de los métodos más usuales para determinar las condiciones de aislamiento de boquillas es el de "Collar - Caliente". El cual consiste en aplicar uno o más collares - (bandas metálicas o de hule semiconductor), alrededor de la boquilla por abajo de los faldones de ésta, aterrizando el conductor central de la boquilla, aplicando el voltaje de prueba entre el collar o collares y tierra y midiendo los MVA y MW.

Las pruebas con un solo collar dan información correspondiente a la condición del aislamiento en la región que cubre desde la banda hasta la parte superior de la boquilla y las pérdidas de fuga de la banda a la brida inferior de la boquilla se consideran despreciables.

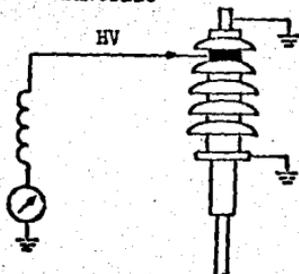
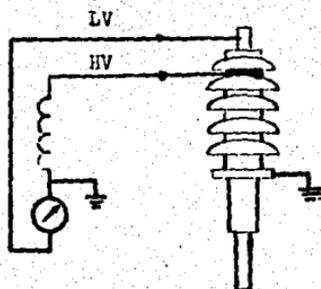
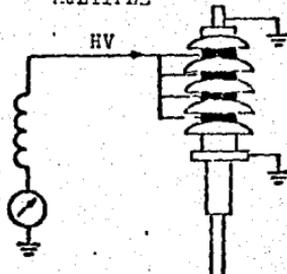
"Método de UST (Ungrounded-specimentests). Este método es esencialmente una variación del de collar caliente, con la ventaja de que en esta se eliminan las pérdidas superficiales de la parte inferior del collar a la brida inferior de la boquilla.

VALORES DE PRUEBA.

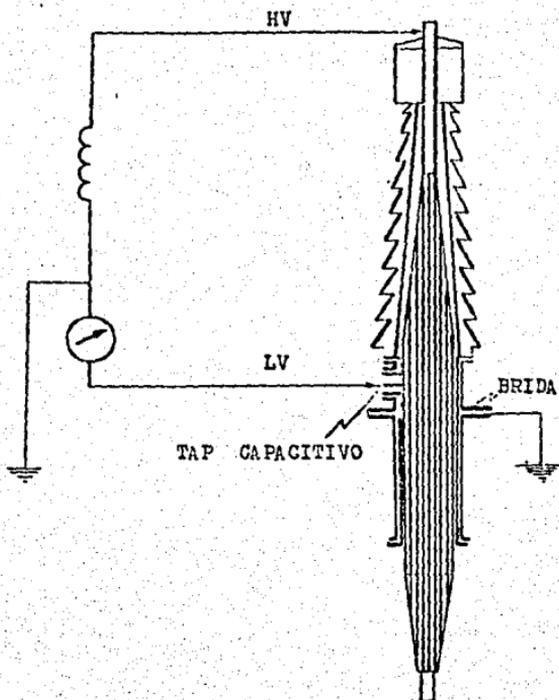
Para las pruebas de collar caliente, es la de considerar 6.0 MW de pérdidas a 2.5 KV como máximo para todo ti

-po de boquilla, para considerarlas como valores aceptables.

Para las boquillas que tengan TAP capacitativo los valores que se obtengan de MVA, deberán ser convertidos a microfarad, con el objeto de hacer la comparación con el dato de placa que proporciona el fabricante, cuando sea éste el caso o bien si el dato de placa se da en F.P., calcular éste de los MVA y MW obtenidos de la prueba para hacer la comparación correspondiente.

COLLAR CALIENTE
SENCILLOCOLLAR CALIENTE
MULTIPLE

METODO " U S T "



PRUEBA DE " U S T " A LA BOQUILLA TIPO
CONDENSADOR CON TAP
CAPACITIVO

CAPITULO III.

En este capítulo se presentan alternativas que nos pueden conducir a la solución de nuestro problema.

Para poder lograr una mayor comprensión en el manejo de archivos trataremos de dar una breve, pero clara explicación de la forma en que vamos a trabajar con ellos.

¿Que es un archivo? Lo podemos entender como un arreglo de registros de cierta longitud (depende del computador) y a su vez cada registro se divide en campos como lo muestra la figura 1. Cada registro posee un número relativo y a su vez una llave que va en el primer campo de cada registro. En los siguientes campos de cada registro nosotros podemos guardar información que este relacionada directamente con la llave, para nuestro caso la llave podría ser el número de un transformador en especial. En los campos de ese registro podríamos almacenar los datos de placa de ese transformador, como son: la marca (segundo campo), la capacidad (tercer campo), el voltaje de alta (cuarto campo), el voltaje de baja (quinto campo, etc. Cuando es necesario hacer enlaces de un archivo a otro, regularmente se dejan libres los últimos campos, mismos que van a servir de llaves de enlace (fig. 2).

La mayoría de los computadores trabajan básicamente tres tipos de archivos: el secuencial, el directo y el indexado.

El archivo secuencial consiste en un arreglo de registros que a su vez se subdivide cada uno de estos en campos. La longitud de cada registro se tiene que definir y el archivo va creciendo conforme se van abriendo más y más registros. Para poder llegar nosotros a un determinado registro dentro del archivo, basta con dar el número relativo del registro e inmediatamente tendremos la infor

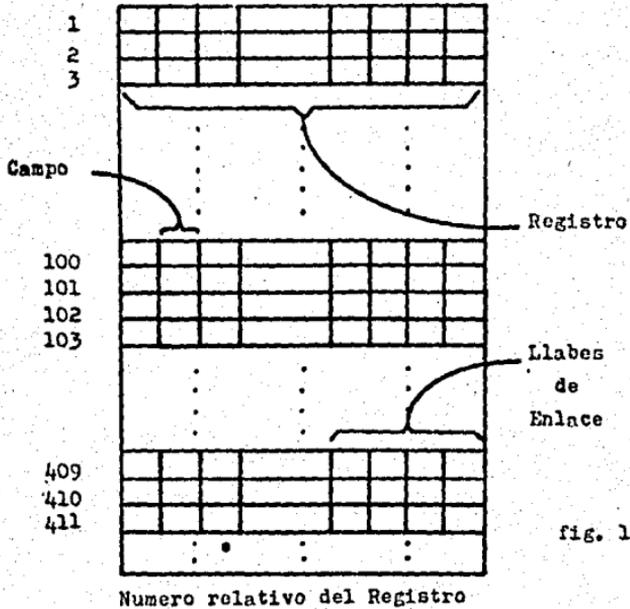


fig. 1

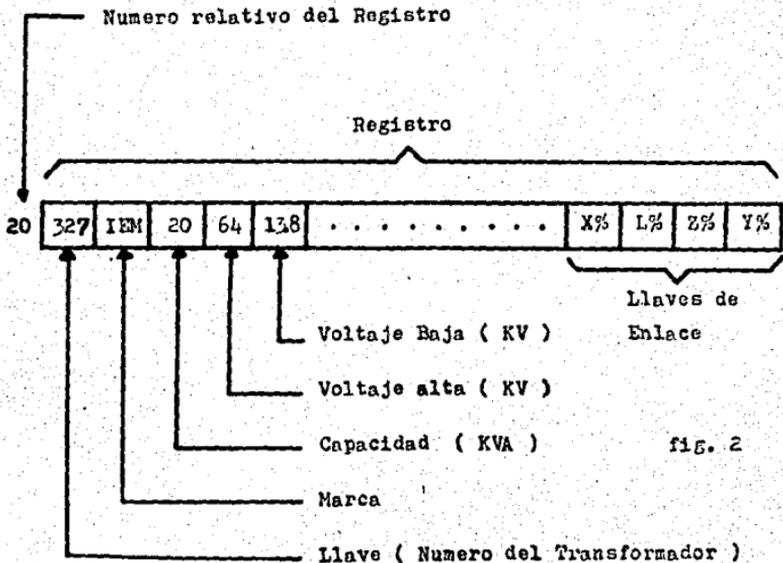


fig. 2

-mación de este.

El archivo directo es muy semejante al secuencial, la diferencia esta en que cuando nosotros creamos nuestro - archivo directo, indicamos el número de registros que va mos a necesitar. Por tanto estan gravados todos los registros que pedimos, es decir definimos el tamaño de - nuestro archivo con el número de registros que solicitamos, aunque estos registros tienen sus campos en blanco - (no hay todavía información en ellos). Para poder noso - tros llegar a un determinado registro, se procede de la misma manera que en el archivo secuencial.

El archivo indexado es semejante a los anteriores, - la diferencia esta en la forma en que vamos a tener acce so a sus registros, ya que en este basta con dar la llave para que inmediatamente nos de el registro correspondiente a este. La llave la definimos nosotros en el pri mer campo de cada registro. La gran ventaja que nos pre senta este tipo de archivo es que precisamente esa llave puede significar un número en particular (en nuestro caso el número del transformador) y que podemos tener acce so directamente a el sin necesidad de ninguna subrutina.

La formulación de nuestro problema (11er capítulo 1) solicita un sistema que archive, diagnostique y lleve el curriculum de cada transformador existente en la divi -- sión. Para esto, hemos pensado en un sistema formado - por 3 archivos:

- 1) El primero que será el archivo principal y el cual contendrá las características de placa de cada transformador (lo llamaremos archivo - "TRANSFORMADORES").
- 2) El segundo el archivo que contendrá las medi - ciones que se le han efectuado a cada transfor

-mador (lo llamaremos archivo "MEDICIONES")

- 3) El tercero contendrá todos los eventos y proce
dimientos que se le han aplicado a los transfor
madores (lo llamaremos archivo de "EVENTOS").

Adicionalmente el sistema contendrá un programa muy-
práctico que diagnosticará a cada transformador.

Primeramente vamos a analizar el archivo "TRANSFORMADORES".

Según leímos en la explicación de tipos de archivos solo el secuencial y el indexado son los que más se ajustan a nuestras necesidades, ya que en el archivo directo tenemos que definir el número de registros con los cuales vamos a trabajar y eso implica que no podamos seguir anejando transformadores a nuestro archivo (dar de alta), lo cual es muy común en la división. De utilizar el archivo indexado al secuencial, es preferible utilizar el indexado ya que solo bastaría con dar el número del transformador (llave) para que tuvieramos sus características de placa inmediatamente, mientras que en el secuencial tendríamos que saber el número relativo del registro correspondiente a cada transformador. Pero la desventaja que presenta el archivo indexado, es que no todos los computadores lo manejan, solo los más sofisticados y nosotros pretendemos que este sistema se pueda trabajar también, vamos a valernos de un algoritmo computacional que nos ayuda a simular un archivo indexado utilizando un secuencial. A este algoritmo lo llamaremos "BUSQUEDA BINARIA." Y su diagrama de flujo es el que aparece en la fig. 4.

Para lograr entender mejor el diagrama anterior, vamos a ejemplificarlo. Supongase que tenemos un archivo constituido de 20 registros y que nosotros queremos encontrar el registro número 13. Ver la fig. 5.

Como podemos observar, primeramente nos fuimos a la mitad del archivo y nos situamos en el registro No. 10, preguntamos si este es; mayor, menos o igual que el registro que andamos buscando (recordar que el registro buscado es el No. 13). Compara y resulta ser mayor el registro buscado. Ahora se sitúa en el registro No. 15, pues es la mitad entre 10 y 20 y vuelve a hacer las mismas com

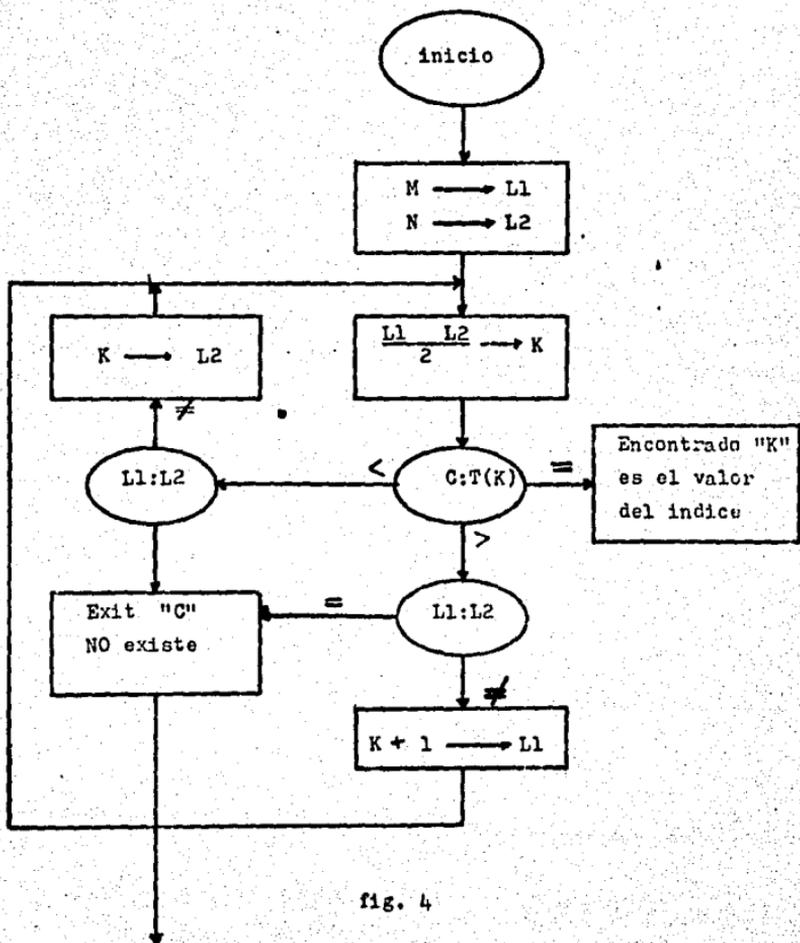


fig. 4

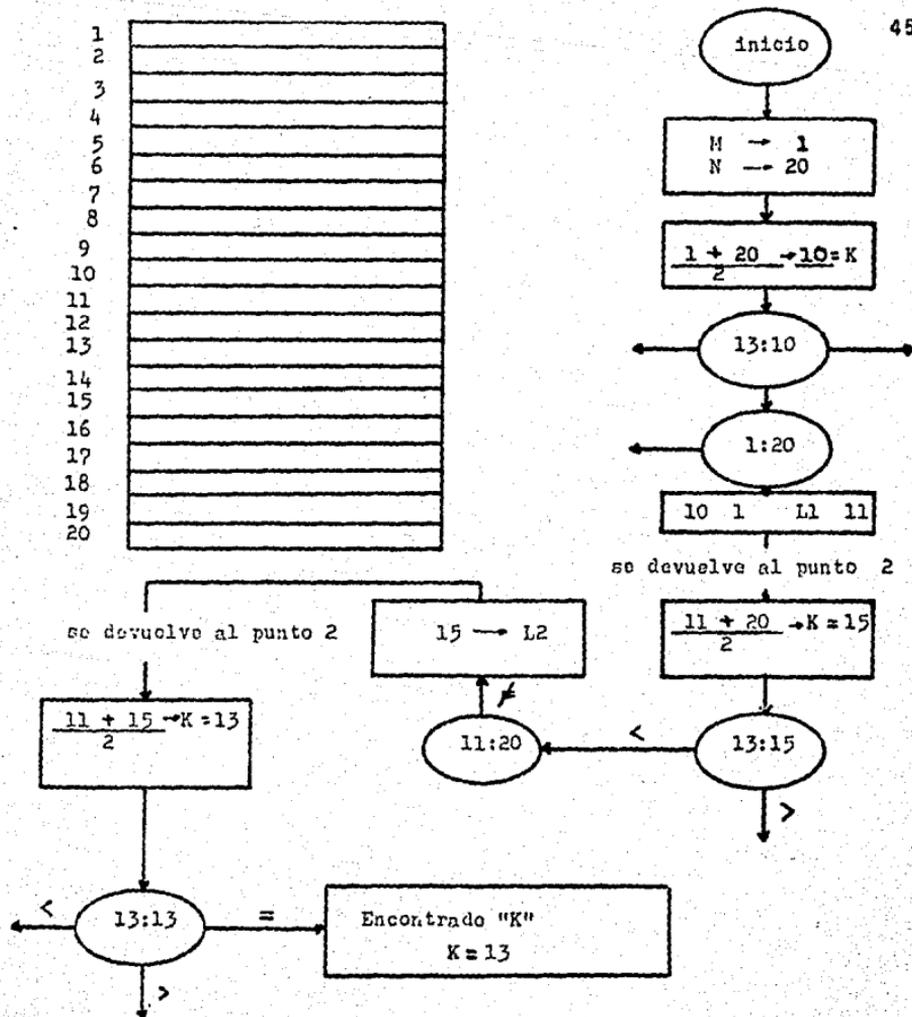


fig. 5

-paraciones; mauor, menor o igual y resulta ser menor el número buscado. Vuelve a sacar la mitad entre 10 y 15, y como este es 12.5 lo cierra a 13; hace las comparaciones con el número buscado y resulta ser este.

Siempre en un archivo el número relativo de los registros esta ordenado en forma ascendente, pero a nosotros lo que nos interesa es el encontrar el número del transformador, por lo tanto cada vez que nos situemos en un determinado número relativo de registro, compararemos el número del transformador que tiene con el que andamos buscando, y así procederemos con la búsqueda binaria hasta encontrarlo.

Inmediatamente nos damos cuenta que también es necesario ordenar en forma ascendente nuestros números de transformadores, pues de no ser así la búsqueda binaria no tendría caso. Y pongamonos a pensar en un archivo formado por 2000 registros, la búsqueda binaria nos evita leer los registros y solo basta leer unos cuantos para que ya nos encontremos en el No. del transformador pedido.

Ahora vamos a definir el proceso que vamos a seguir para estar ordenando y actualizando nuestro archivo "TRANSFORMADORES".

Va a ser muy común que estemos anexando transformadores a nuestro archivo, y que también estemos dando de baja (en el caso en que ya no sirvan) por eso necesitamos de una pantalla que nos despliegue un MENU el cual contenga opciones tales como: dar altas, dar bajas ó hacer simplemente consultas. La forma que va a tener esta pantalla la explicaremos posteriormente, lo importante ahorita es definir como trabajaremos con nuestro archivo "TRANSFORMADORES".

Es común reservar el primer registro de un archivo - para fines de actualización y mantenimiento del mismo. A este registro le daremos la llave 0000 y sus demás campos los utilizaremos como contadores. Al segundo campo de - ese primer registro, lo utilizaremos para llevar la cuenta del número de registros con que cuenta nuestro archivo desde la última actualización. El tercer campo lo utilizaremos para llevar la cuenta de las altas o adiciones - que estemos realizando en ese momento.

Para explicar más claramente supongase que tenemos - el siguiente archivo. En la figura 6 podemos observar -- que existen 500 transformadores en el archivo y estos se encuentran completamente ordenados gracias al procedimiento que vamos a describir a continuación.

Supongase que deseamos hacer 5 altas al archivo de - la figura 6 y estas son:

		Características de placa			
1)	Transformador 2380	X	X	X	X
2)	" 2850	X	X	X	X
3)	" 2987	X	X	X	X
4)	" 2998	X	X	X	X
5)	" 3000	X	X	X	X

Ya que logramos anexar las cinco altas quedarán en - el archivo como lo muestra la figura 7. Se incrementó el archivo a 5050 transformadores y nuestro campo de regis -- tros adicionados marca 5 adiciones. Ahora necesitaremos - de una subrutina que pueda acomodarnos esos 5 transformadores adicionados, dentro del archivo y en un orden ascendente para que la búsqueda binaria funcione.

Primeramente lo que vamos a hacer, es poner en orden

Registros en
el archivo

48

Registros adicionales

1	0000	500	0		
2	1120				
3	1125				
4	1150				
5	1170				
350	2420				
351	2432				
352	2490				
353	2497				
499	5235				
500	5438				

Registros en el Archi
vo

Registros Adicionados

0000	500	0			
------	-----	---	--	--	--

fig. 6

Registros Adicionados

1	0000	505	5		}
2	2340				
3	2420				
4	2455				
5	2459				
	.			.	}
	.			.	
	.			.	
	.			.	
	.			.	
	.			.	
	.			.	
	.			.	
	.			.	
	.			.	
496	2820				}
497	2880				
498	2900				
499	2985				
500	2990				
501	2380				
502	2950				
503	2898				
504	2987				
505	3000				
					}

Registros
no
AdicionadosRegistros
Adicionados

fig. 7

ascendente todos los registros adicionados (los 5 transformadores que anexamos al archivo). Esto lo vamos a lograr por medio del siguiente algoritmo, que compara números de transformadores entre si (fig. 8).

Los términos que utilizamos en el algoritmo significan lo siguiente:

REG%: Es el número de registros en todo el archivo (505).

ADIC%: Es el número de registros adicionados (5).

INIC% = REG% - ADIC% + 1

FIN% = REG%

Iniciamos en el paso 1 donde $J = INIC\% = REG\% - ADIC\% + 1 = 501$ y $Z = 501 + 1 = 502$.

- 2 Se compara $J = 501$ con $FIN\%$ y resulta ser menor el primero.
- 3 Se compara el contenido del registro 501 que es el transformador No. 2380, con el contenido del registro 502 que es el transformador No. 2950, resulta ser menor el primero y por tanto para al punto 4.
- 4 Se incrementa Z y J en uno, y se devuelve al paso 2.
- 2 Se compara $J = 502$ con $FIN\% = 505$ y J resulta ser menor.
- 3 Se compara el contenido del registro 502 que es el transformador No. 2950, con el contenido del registro 503 que es el transformador No. 2898, resulta ser mayor el primero y por tanto pasa al punto 5.
- 5 El contenido del registro 502 que es el transformador No. 2950 lo traslada a una área de paso y deja vacío ese registro, después el contenido del regis

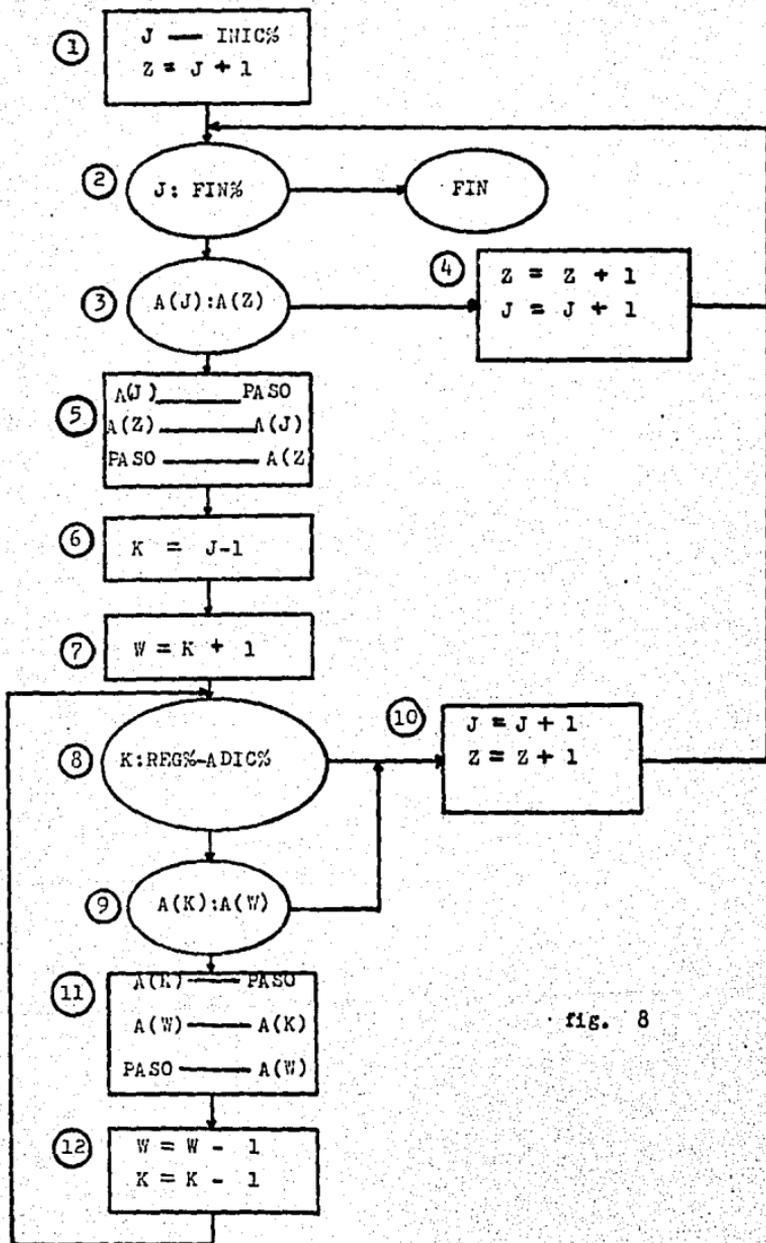


fig. 8

-tro 503 que es el transformador No. 2898 lo trasladada al registro 502 que ahorita se encuentra vacío y por último trasladada el contenido del área de paso que tiene el transformador No. 2950 al registro 503.

6 $K = J - 1 = 502 - 1 = 501$

7 $W = 501 + 1 = 502.$

8 Compara el registro 501 con 500 y no son iguales.

9 Compara el contenido del registro 501 que es el transformador No. 2380 con el contenido del registro 502 que es el transformador No. 2898, resulta ser menor el primero.

10 Incrementa en 1 a J y a Z, y pasa al punto 2.

2 Compara 503 con 5050 y resulta ser menor.

Y así continua sucesivamente hasta que ordena todo nuestro registro de adicionados.

Ya que se logró ordenar todos los registros adicionados, procederemos a ordenar el archivo completamente. Para lograr esto, es necesario intercalar los registros adicionados dentro del archivo, ya que muchos números de transformadores de el registro adicionados, son menores que los del archivo y lo que pretendemos es que todo quede en forma ascendente.

A groso modo vamos a comparar un número de transformador de los registros adicionados, contra un número de transformador de los registros ya existentes en el archivo, y el que resulte menor de esta comparación pasarlo a un nuevo archivo que lo llamaremos "C", una vez ordenado todo el archivo "C" le cambiaremos de nombre por el de archivo "TRANSFORMADORES" (ver fig. 9).

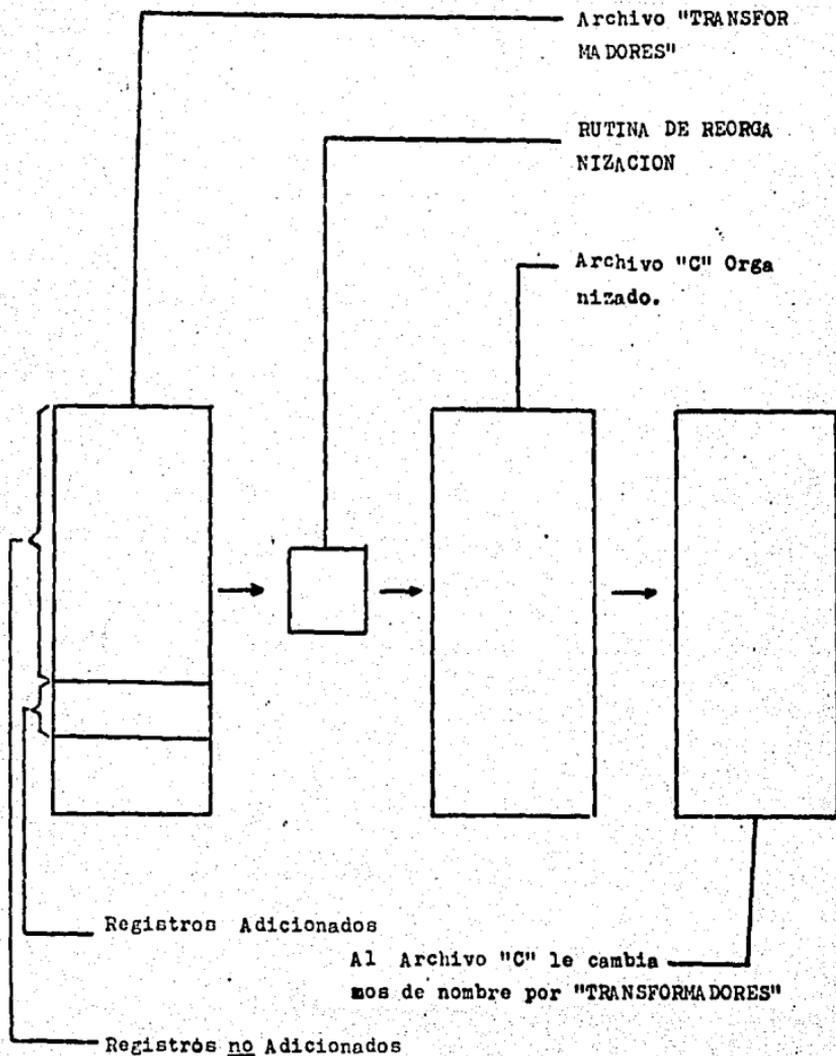
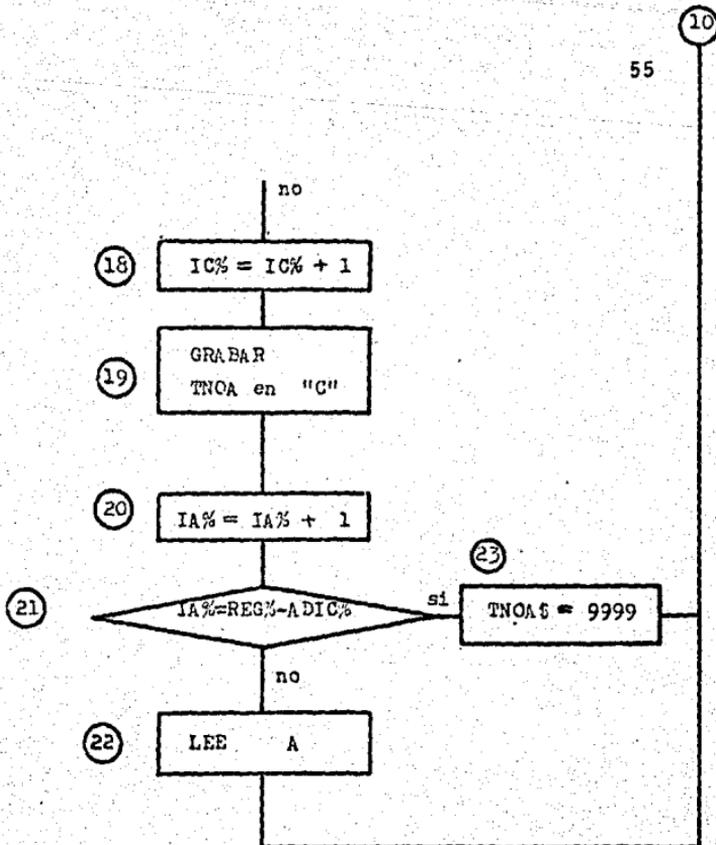


fig. 9



continuacion fig. 10

La rutina que vamos a utilizar es la que se muestra en la fig. 10 y la llamaremos "RUTINA DE REORGANIZACION".

Donde:

A = Es todo el archivo (adicionados y no adicionados).

TNOA \$ = Número del transformador dentro de los no adicionados.

TSIA\$ = Número del transformador dentro de los adicionados.

IA% = Es un índice para leer los números dentro del archivo de los no adicionados, y este se inicia en cero.

IB% = Es un índice para leer los números dentro de los adicionados, y comienza en REG%-ADIC%.

IC% = Es un índice para escribir adicionados y no adicionados dentro del nuestro archivo.

Vamos a ejemplificar la "RUTINA DE REORGANIZACION" con el archivo de la figura 7.

- 1 IA% = 0, IB% = REG%-ADIC%, IC% = 0.
- 2 IA% = IA%+1 = 0+1 = 1
- 3 Compara IA%= 1 contra REG%-ADIC%=505-5=500 y resulta ser menor. Esta comparación la efectuamos para solo leer los registros no adicionados y no sobrepasarnos.
- 4 Lea en el archivo el registro número IA%=1
- 6 IB%=IB%+1 = 500+1 = 501
- 7 Compara IB%=501 contra REG%=505 y resulta ser menor el primero.
- 8 Lea en el archivo el registro número IB%=501
- 10 Este paso lo hacemos para no sobrepasarnos y lo utilizamos también para salirnos de la rutina.

- 12 Verifica la igualdad del transformador no -
adicionado con asteriscos (los transformado-
res que demos de baja simplemente llenaremos
con asteriscos su llave y en el proceso de -
reorganización se eliminarán).
- 13 Verifica si son iguales un transformador no-
adicionado y un transformador adicionado. Es
te caso se puede presentar cuando anexamos -
al archivo un transformador que ya existía.
- 15 Compara el transformador No. 2340 correspon-
diente al registro IA%=1 de los no adiciona-
dos, contra el transformador No. 2380 corres-
pondiente al registro IB%=501 de los adicio-
nados y resulta ser menor el primero.
- 18 Prepara un registro en el nuevo archivo, -
IC%=0 IC%=IC% + 0+1 = 1
- 19 Grava el transformador no adicionado en el -
archivo "C".

La rutina sigue hasta que reorganiza el archivo por -
completo y después solo cambia de nombre al archivo por el
que antes había tenido.

Hasta aquí hemos terminado el proceso de mantenimiento
y actualización de nuestro archivo "TRANSFORMADORES".

Recordemos que nuestro sistema esta compuesto por tres archivos: "TRANSFORMADORES" (que fué el que ya analizamos, "EVENTOS", "MEDICIONES".

Vamos analizar el archivo "EVENTOS" y "MEDICIONES".

Cuando analizamos el archivo "TRANSFORMADORES", dijimos que los últimos campos de cada registro los íbamos a trabajar como llaves de enlace. Estas llaves de enlace -- nos van a servir para entrelazar los tres archivos.

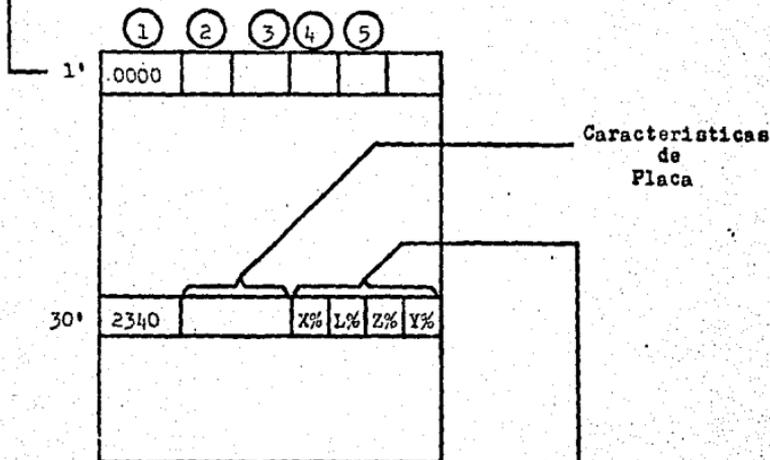
La figura 11 nos muestra las llaves de enlace que se encuentran en el archivo "TRANSFORMADORES".

Analizando las cuatro llaves de enlace que posee cada transformador en el archivo "TRANSFORMADORES". La primera dos llaves (X% y L%) son las que nos van a comunicar con el archivo de "MEDICIONES". La X% indica el registro en el archivo de "MEDICIONES" donde comienzan todos los datos medidos de ese transformador y la L% indica el registro donde estos terminan.

La Z% indica el registro en el archivo de "EVENTOS" donde comienzan todos los eventos y procedimientos que se le han efectuado a ese transformador, y la Y% indica el registro donde estos terminan.

Para ver más claramente la interrelación que guardan las llaves de enlace con los archivos, vamos a ejemplificarlos.

Tenemos un transformador que nunca se le han efectuado eventos y mediciones (esta nuevo) por lo tanto no tiene registros ocupados en el archivo de "EVENTOS", ni en el archivo de "MEDICIONES". Aunque el archivo de "EVENTOS" y "MEDICIONES" sí tienen ocupados registros con datos de otros transformadores. La figura 12 muestra la situación del transformador y de los archivos. Nótese en el archivo-



- ② Numero de registros totales en el archivo.
- ③ Numero de registros adicionados.
- ④ Numero de registros totales ocupados en el archivo "MEDICIONES".
- ⑤ Numero de registros totales ocupados en el archivo "EVENTOS".

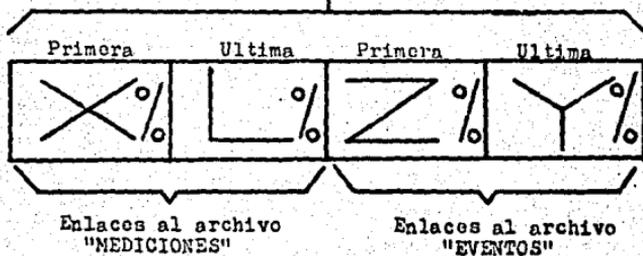
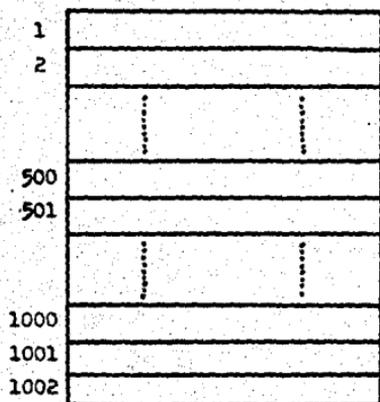
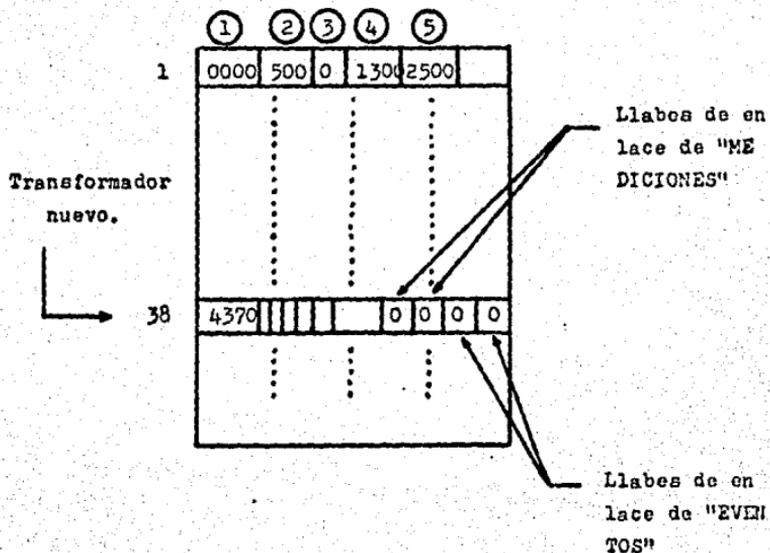
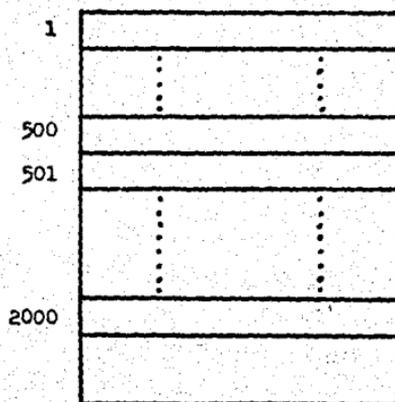


fig. 11



Archivo "MEDICIONES"



Archivo "EVENTOS"

fig. 12

"TRANSFORMADORES" en su primer registro (de mantenimiento y actualización) en el campo 4, nos indica el número de registros ocupados en el archivo mediciones, el campo 5 nos indica el número de registros ocupados en el archivo "EVENTOS".

Para poder almacenar información dentro de los archivos de "MEDICIONES" y "EVENTOS", necesitamos saber hasta que registro esta ocupado cada uno. El archivo "MEDICIONES" esta ocupado hasta el registro 1300, nos lo esta indicando el campo número 4 en el primer registro del archivo "TRANSFORMADORES". El archivo "EVENTOS" esta ocupado hasta el registro 2500, nos lo esta indicando el campo número 5 en el primer registro del archivo "TRANSFORMADORES".

Ahora que ya sabemos hasta que registros están ocupados en los archivos procederemos a abrir las dos primeras llaves: X% primera llave de "MEDICIONES" tendrá el valor de $1300+1 = 1301$ porque va a ser el primer registro vacío después de 1300, Z% primera llave de "EVENTOS" tendrá el valor de $2500+1 = 2501$ porque va a ser el primer registro vacío después de 2500. Ya que tenemos la posición de las dos llaves en registros vacíos, procederemos a almacenar información en estos. Si la información que almacenamos en el archivo "MEDICIONES" nos ocupó dos registros, entonces la última llave L% tendrá el valor de 1302. Si la información que almacenamos en el archivo "EVENTOS" nos ocupó 4 registros entonces la última llave Y% tendrá el valor de 2504. Por tanto los archivos ya actualizados iban a quedar como lo muestra la figura 13.

Como podemos observar en el archivo "MEDICIONES" y "EVENTOS", en el último campo de cada registro que acabamos de abrir, aparecen unos números. Estos números indican donde continúa ese registro. En el archivo "MEDICIO -

	①	②	③	④	⑤	
1	0000	500	0	1302	2504	
	:	:	:	:	:	
	:	:	:	:	:	
	:	:	:	:	:	
	:	:	:	:	:	
	:	:	:	:	:	
38	4370		1301	1302	2501	2504
	:	:	:	:	:	
	:	:	:	:	:	

Archivo "TRANSFORMADORES"

fig. 13

1		
2		
	:	:
	:	:
1000		
	:	:
	:	:
	:	:
	:	:
1300		
1301		1302
1302		0

Archivo "MEDICIONES"

1		
	:	:
	:	:
500		
	:	:
	:	:
	:	:
	:	:
2500		
2501		2502
2502		2503
2503		2504
2504		0

Archivo "EVENTOS"

NES", en el registro 1301, vemos que su último campo tiene el número 1302 y éste nos indica en que registro continúa la información, que sería en el registro 1302. En este registro en su último campo, aparece un cero lo cual indica que hasta ahí llegó la información de ese transformador. De igual manera se maneja el último campo de los registros abiertos en el archivo "EVENTOS".

Supongamos que queremos hacer crecer los registros del transformador anterior, porque se le han efectuado -- procedimientos de mantenimiento. Lógicamente el archivo "MEDICIONES" y "EVENTOS", siguieron creciendo porque se les siguió anexando información de los otros transformadores. Los archivos se encuentran como lo muestra la figura 14.

Vamos a almacenar información en el archivo "MEDICIONES" para ejemplificar la situación y de igual manera se procede con el almacenamiento en el archivo "EVENTOS". Sabemos que está ocupado hasta el registro 1410, por lo tanto, del 1411 en adelante podemos continuar almacenando información. Quitamos el cero que tenía en su último campo el registro 1302 y en su lugar ponemos el 1411; procedemos a ocupar los registros necesarios para almacenar la información (supongánsese que ocupamos 4 registros). Los archivos nos quedarían como lo muestra la figura 15.

	①	②	③	④	⑤
1	0000	600	0	1410	3500
	⋮				⋮
			X%	L%	Z%
					Y%
38	4370	1301	1302	2501	2504
	⋮				⋮
600	9430				
	⋮				⋮

Archivo "TRANSFORMADORES"

fig. 14

1	
2	
	⋮
500	
	⋮
1301	1302
1302	0
	⋮
1410	

Archivo "MEDICIONES"

1	
	⋮
1000	
	⋮
2501	2502
2502	2503
2503	2504
2504	0
	⋮
3500	

Archivo "EVENTOS"

	①	②	③	④	⑤
1	0000	6 00	0	1414	3500
	⋮	⋮		⋮	⋮
			X%	L%	Z%
38	4370		1301	1414	2501 2504
	⋮			⋮	⋮

fig. 15

Archivo "TRANSFORMADORES"

1		
	⋮	⋮
500		
	⋮	⋮
1301		1302
1302		1411
	⋮	⋮
1410		
1411		1412
1412		1413
1413		1414
1414		0

Archivo "MEDICIONES"

1		
	⋮	⋮
1000		
	⋮	⋮
2501		2502
2502		2503
2503		2504
2504		0
	⋮	⋮
3500		

Archivo "EVENTOS"

Para poder llevar a cabo la explotación del archivo "MEDICIONES" y el archivo "EVENTOS", vamos a separar dos programas por cada archivo.

Para el archivo "MEDICIONES", va existir un programa que va a leer y sacar reportes, y un segundo programa que va a adicionar medidas al archivo.

Para el archivo "EVENTOS", va existir un primero programa que va a leer y sacar reportes, y un segundo programa que va a adicionar eventos y procedimientos al archivo.

LECTURA Y REPORTE DEL ARCHIVO MEDICIONES.

Ver el diagrama de flujo que aparece en la Fig. 16.

- 1 La máquina lee el archivo "TRANSFORMADORES"
- 2 Pide el número del transformador.
- 3 Realiza la búsqueda binaria en el archivo "TRANSFORMADORES", en caso de que no exista en el archivo pasa al punto 4, y si lo localizo pasa el punto 5.
- 5 Lee los datos generales de ese transformador además de las llaves de enlace.
- 6 La primera llave de enlace que tiene ese transformador en el archivo "MEDICIONES" la iguala a SIG% para poder realizar el siguiente proceso.
- 7 Pregunta si SIG%=0 en caso de que sea así este transformador no ha tenido mediciones (está nuevo) en caso contrario pasa al punto 9.
- 9 Lee en el archivo "MEDICIONES", en el registro número SIG% todos sus datos y a su vez lee la llave de enlace SIGMED% donde continua la información -

de las mediciones efectuadas a este transformador.

10. Escribe toda la información que aparece en el punto 9.
11. Pregunta si $SIGMED\% = 0$ recordemos que en el último registro que utilizabamos en el archivo "MEDICIONES" ponfamos un cero para indicar que la información de ese transformador ahí terminaba.
12. $SIG\% = SIGMED\%$ esto lo hace para indicar el registro donde continúe leyendo en el archivo "MEDICIONES".
13. Pregunta si quieres saber mediciones de otros transformador.

ADICION DE MEDICAS AL ARCHIVO
"MEDICIONES"

Ver la Figura 17.

- 1 Lee el primer registro del archivo "TRANSFORMADO - RES".
- 2 Pide el número del transformador al que queremos ha cerle adición de medidas.
- 3 Realiza la "BUSQUEDA BINARIA" en el archivo "TRANSFORMADORES" y si no lo encuentra pasa al punto 3.5 y vuelve a pedir el número del transformador.
- 4 Lee los datos generales en el archivo "TRANSFORMADORES" del transformador que pedimos y a su vez lee las llaves de enlace de este.
- 5 Prepara un registro vacío en el archivo "MEDICIONES" al sumarle un 1 al contador.
- 6 Procedemos a escribir la información que queremos adicionar al archivo "MEDICIONES"
- 7 Pregunta si el transformador ya había tenido mediciones, si así es pasa al punto 8, si es nuevo y nunca se le han efectuado mediciones pasa al punto 9.
- 8 Lee en el archivo "MEDICIONES" el último registro que había escrito anteriormente, le quita el cero que tenía en su último campo (VIEJO) y en su lugar pone el número del registro donde va a continuar la información de las mediciones.
- 10 Iguala el número del registro nuevo que acabamos de ocupar a la llave L% para que la escriba en el archivo "TRANSFORMADORES".

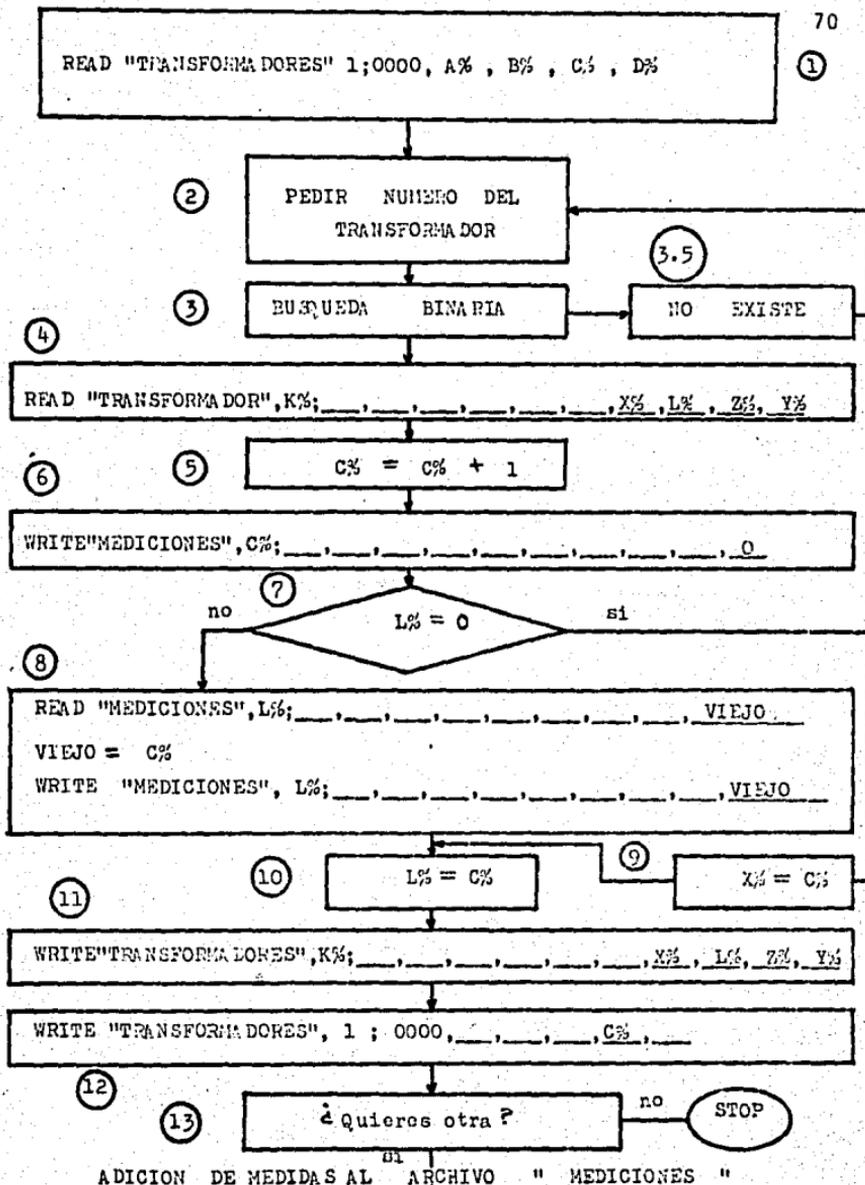


fig. 17

- 11 Actualiza la llave L% en el archivo "TRANSFORMADORES" correspondiente al transformador K%.
- 12 Actualiza el contador de registros del archivo "MEDICIONES", en el primer registro del archivo "TRANSFORMADORES".
- 13 Pregunta ¿quieres otra medición?

Los diagramas de flujo del archivo "EVENTOS" son muy semejantes a los dos anteriores y la única variación son las llaves de enlace y los rotulos. Por eso suprimimos la explicación y solo daremos los diagramas. Ver las figuras 18 y 19.

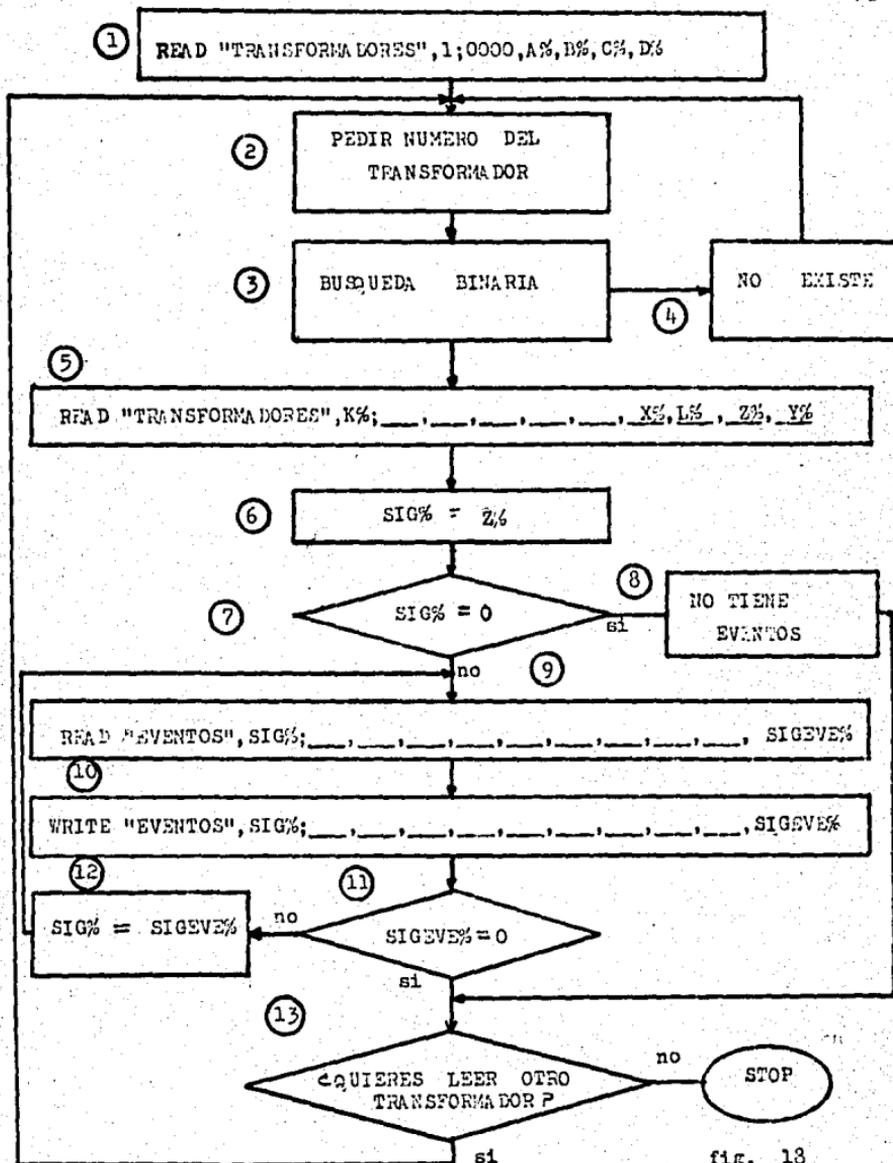


fig. 13

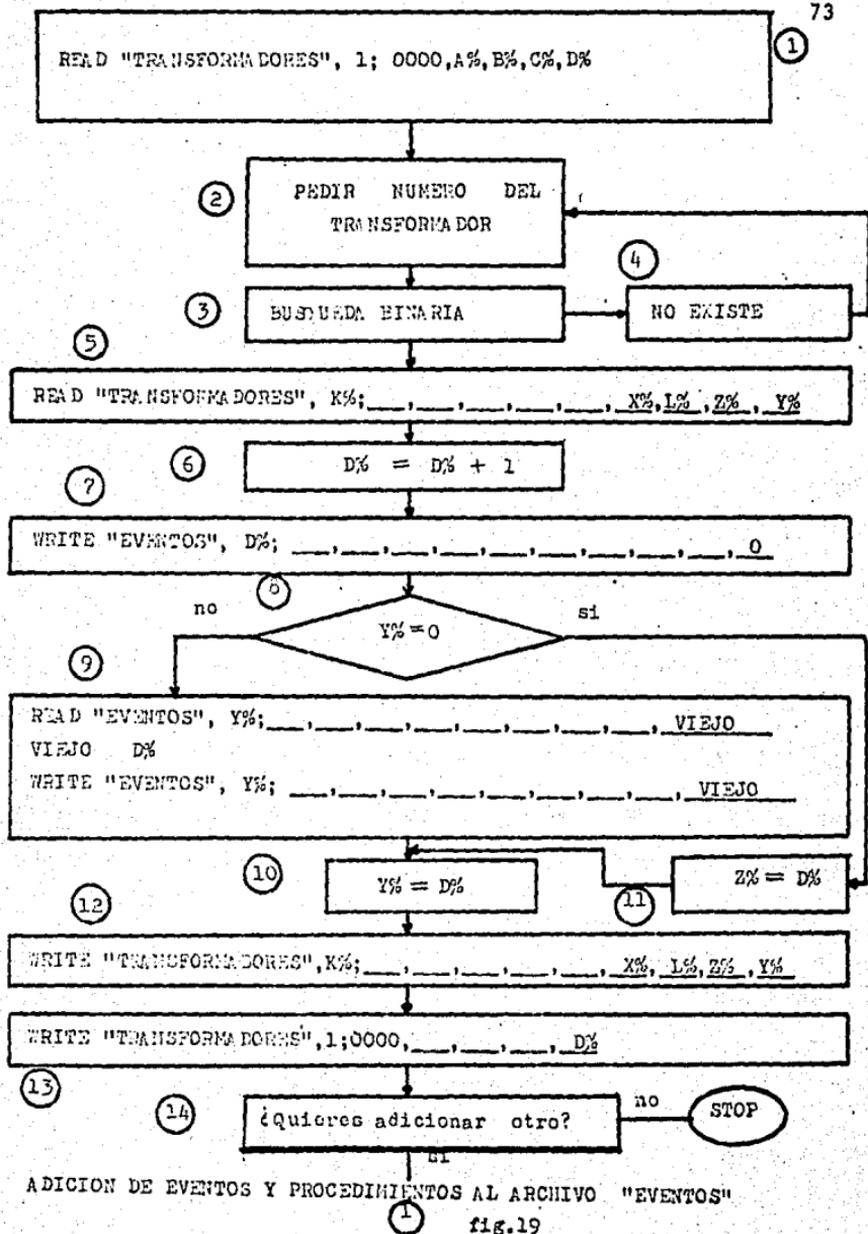


fig.19

DIAGNOSTICO

Ya que logramos familiarizarnos con las pruebas estudiadas en el capítulo II. Vamos a estructurar un programa que diagnostique en base a los resultados de las pruebas realizadas en el campo.

La primera prueba que vamos a estructurar en nuestro programa es la resistencia de aislamiento.

En la figura 20 aparecen dos vectores: $A(I)$ y $A(J)$. Estos vectores guardan la relación de voltaje y resistencia mínima de aislamiento. Son necesarios porque con ellos tenemos los rangos mínimos y máximos de nuestra primera prueba (ver Fgi. 21).

En la Fig. 22 aparece la secuencia de IF's con los cuales interrogamos cada una de las pruebas realizadas. Las salidas de los IF's dan a unos cuadros que tienen dentro un número. Enseguida daremos el significado de cada número y basta con que sigamos el diagrama para entender el programa.

- 1 Investigar resistencia en el devanado de alta y esperar diagnóstico de prueba al aceite.
- 2 Resistencia en el devanado de alta en buenas condiciones.
- 3 Revisar las condiciones del aislamiento (deterioro y contaminación).
- 4 Condiciones del aislamiento en el devanado de alta en buenas condiciones.
- 5 Investigar resistencia entre el devanado de alta y el devanado de baja.

- 6 Resistencia entre el devanado de alta y el devanado de baja en buenas condiciones.
- 7 Revisar las condiciones del aislamiento.
- 8 Aislamiento entre alta y baja en buenas condiciones.
- 9 Investigar resistencia de aislamiento en el devanado de baja.
- 10 Resistencia de aislamiento en el devanado de baja en buenas condiciones.
- 11 Revisar las condiciones del aislamiento en el lado de baja.
- 12 Las condiciones del aislamiento en el devanado de baja son buenas.
- 13 Aislamiento en el devanado de alta en buenas condiciones.
- 14 Alto factor de potencia en voltaje de alta. Revisar los aisladores y posible contaminación del aceite con agua. Posiblemente este oxidado, tenga lodos y sedimentos.
- 15 Aislamiento en el devanado de alta en buenas condiciones.
- 16 Aislamiento en el devanado de alta en buenas condiciones.
- 17 Aislamiento entre devanados (alta y baja) satisf.

- 18 Posible degradamiento del aceite aislante o boquillas dañadas.
- 19 Aislamiento entre devanados de alta y baja con f.p. satisfactorio.
- 20 Aislamiento entre devanados de alta y baja insatisfactorio. Posible degradamiento del aceite.
- 21 Aislamiento en el devanado de baja no es satisfactorio su f.p. Posible contaminación del aceite con agua. Revisar boquillas.
- 37 Aislamiento en el devanado de baja con f.p. satisfactorio.
- 22 Aislamiento en el devanado de baja tensión no es satisfactorio su f.p. Posible contaminación del aceite con agua. Revisar boquillas.
- 23 Investigar la rigidez dieléctrica (hacer más pruebas estadísticas). Posible contaminación del aceite con agua.
- 24 Rigidez dieléctrica en condiciones satisfactorias.
- 25 La resistividad del aceite esta inadecuada. Existe gran cantidad de iones libres posiblemente por la presencia de agua.

- 26 La resistividad del aceite esta adecuada.
- 27 Deterioro y contaminación con humedad, carbón o materiales conductores, barniz, jabón sódico.
- 28 Es satisfactorio.
- 29 Muy insatisfactorio la normalidad de hidróxido de potasio.
- 30 Satisfactoria la normalidad de hidróxido de potasio.
- 31 Aceite deteriorado y posiblemente tenga lodos.
- 32 Tensión interfacial en buen estado.
- 38 La corriente de excitación quizás no la podamos comparar porque depende de características particulares de cada transformador, sin embargo nos es muy útil para detectar corto circuitos entre una o varias espiras y defectos dentro del circuito magnético (tornillos de sujeción del núcleo o al aislamiento entre laminación).
- 33 Consultar datos del fabricante.
- 34 Inspección visual a la boquilla ATI.

A(I)	B(I)
1.2	32
2.5	68
5	135
8.66	230
15	410
25	670
34.5	930
46	1240
69	1860
92	2480
115	3100
138	3720
161	4350
196	5300
230	6200
287	7750
345	9300

fig. 20

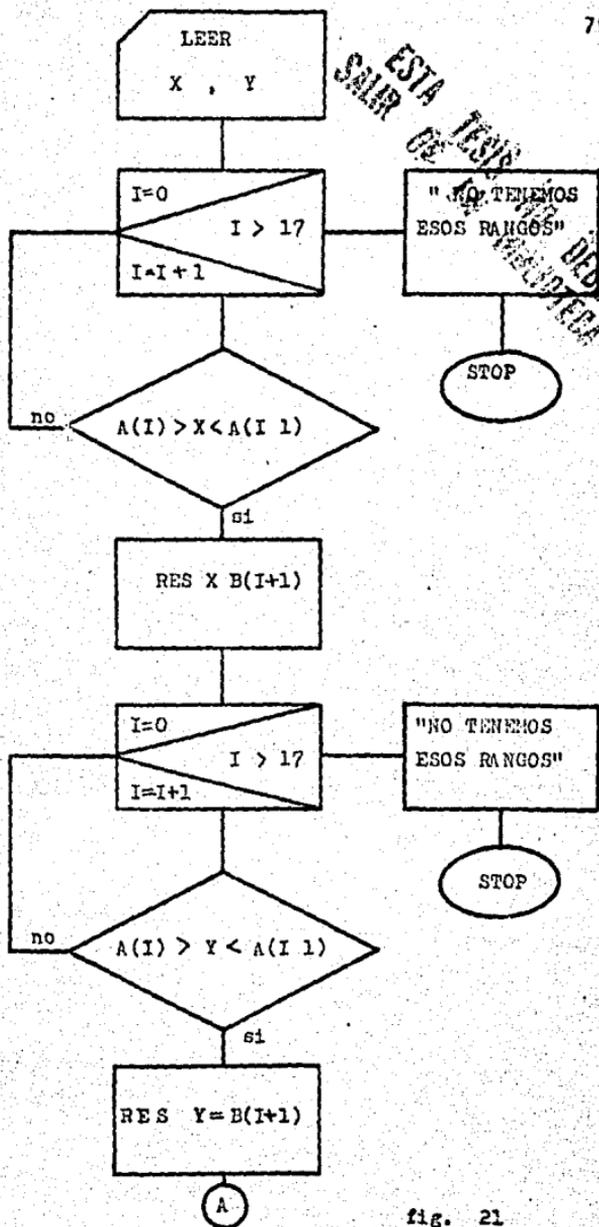


fig. 21

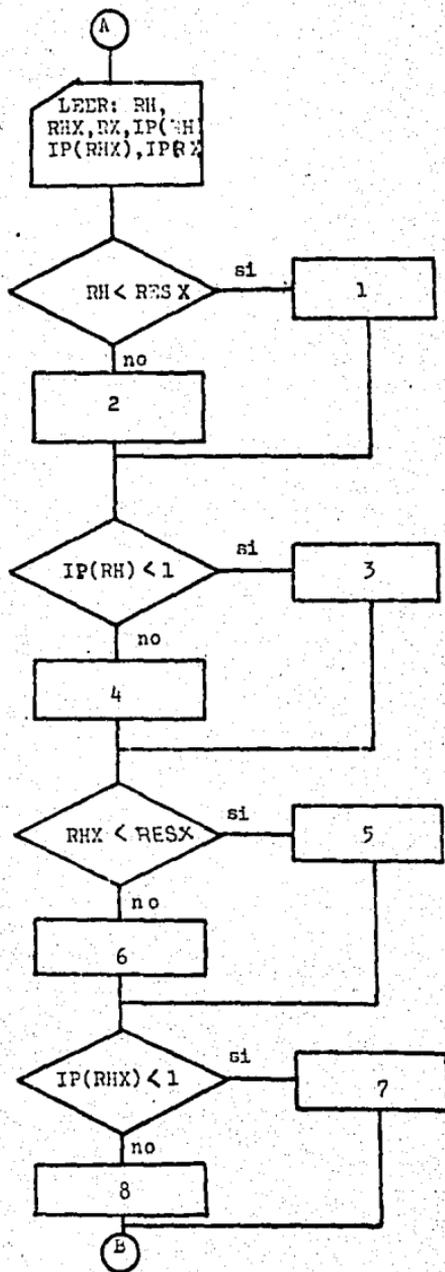


fig. 22

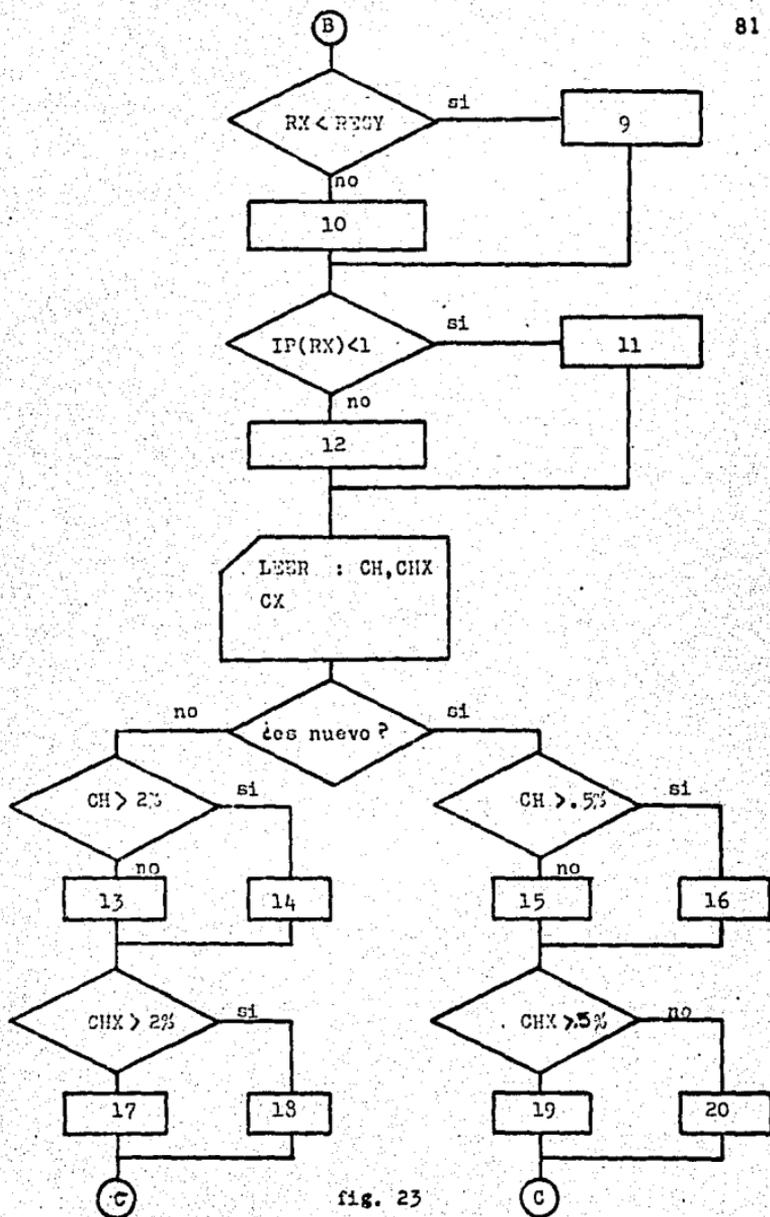


fig. 23

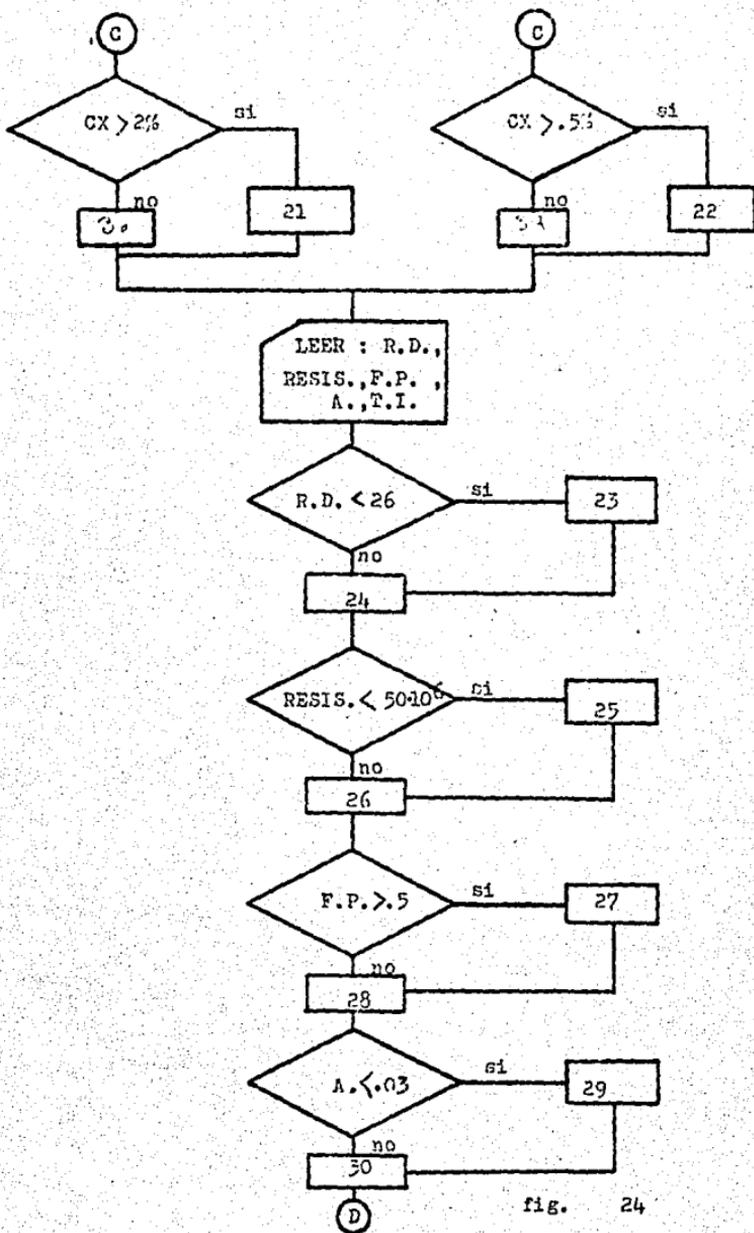


fig. 24

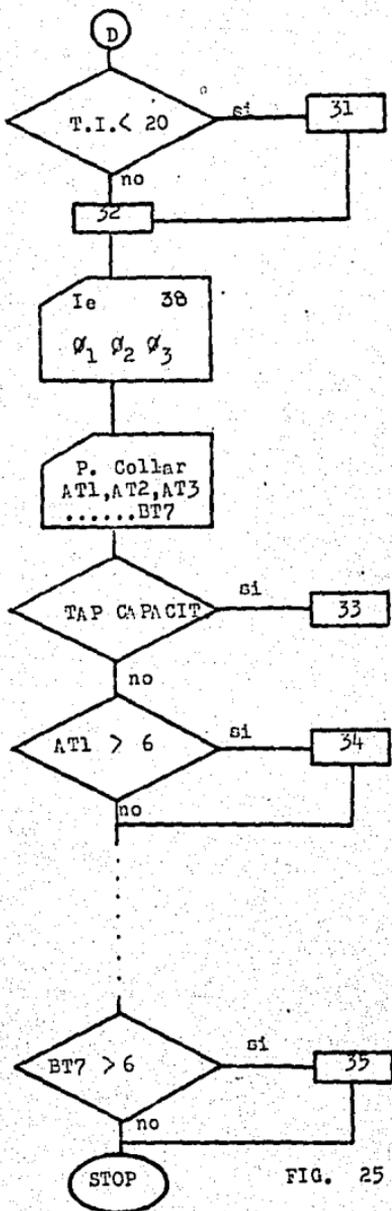


FIG. 25

C A P I T U L O I V .

En este capítulo vamos a representar nuestro "SISTEMA" por medio de esquemas y una breve explicación.

Sabemos que nuestro sistema lo componen varios programas, y que cada uno de ellos tiene su propia finalidad, por tanto necesitamos de una pantalla que nos presente un "MENU GENERAL". Esta pantalla tendrá la tarea de comunicarnos con los programas que necesitamos como lo muestra la Fig. 25.

La pantalla que nos presenta el "MENU GENERAL" de nuestro sistema tiene el diseño que se muestra en la Fig. 26. Esta nos dará opción de utilizar cualquiera de los 6 programas.

El programa 1 es el más complejo dentro de los existentes, ya que en el se realiza el mantenimiento (como son los procesos de reorganización) y actualización (altas, bajas, consultas y cambios) de nuestro archivo "TRANSFORMADOS". En el esquema de la Fig. 27 aparece la secuencia interactiva de este programa.

Los programas 2,3,4,5,6, tienen sus respectivos diagramas en las figuras 19,18,17,16 y 21-22-23-24-25.

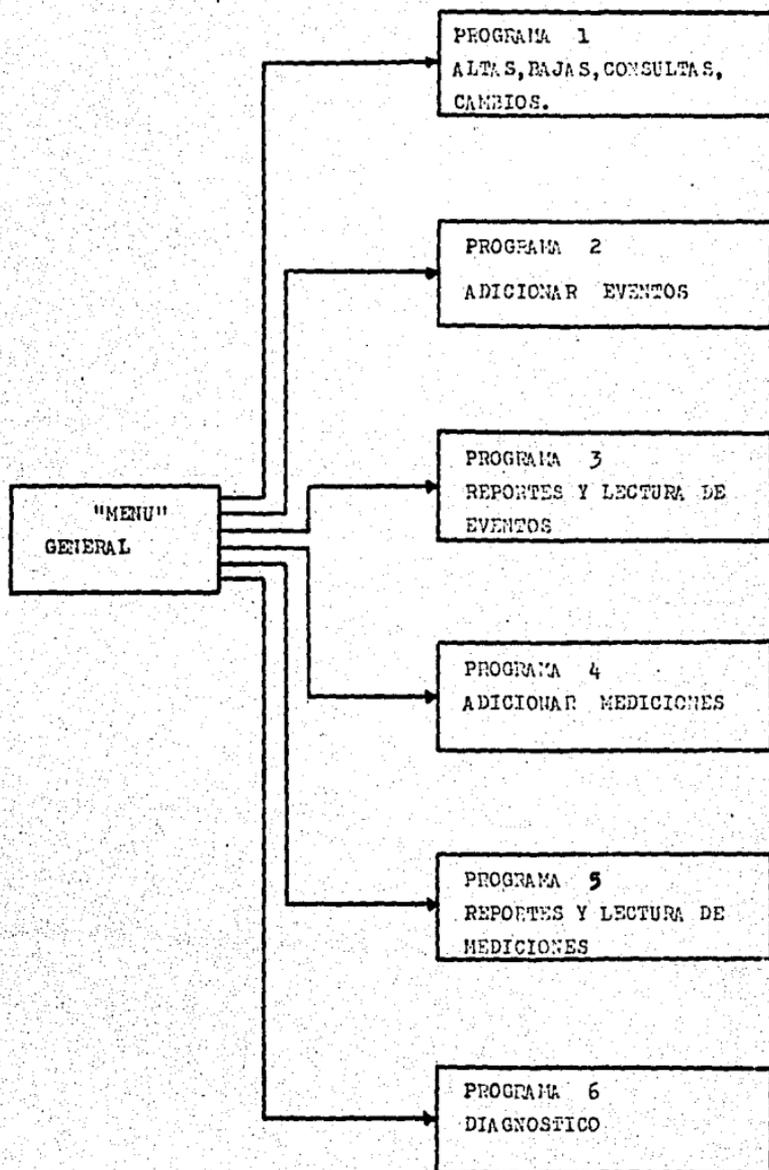


fig. 25

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y DIAGNOSTICO
DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

*****MENU GENERAL*****

- 1 ALTAS, BAJAS, CONSULTAS O
CAMBIOS.
- 2 ADICIONAR EVENTOS.
- 3 REPORTE Y LECTURA DE EVENTOS.
- 4 ADICIONAR MEDICIONES.
- 5 REPORTE Y LECTURA DE ME
DICIONES.
- 6 DIAGNOSTICO.

¿CUAL ES TU OPCION?

fig. 26

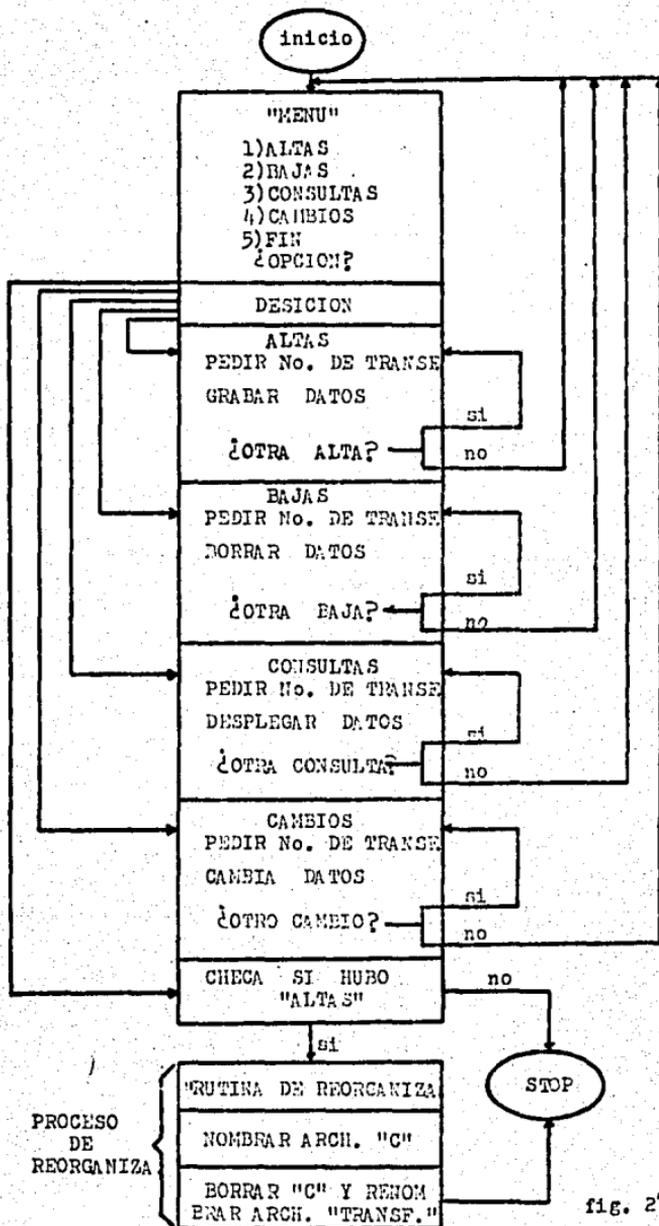


fig. 27

CONCLUSIONES

Este modelo, será capaz de archivar y procesar información según la capacidad de la máquina en que se vaya a trabajar.

No se pretende que este modelo tenga una codificación en particular, sino que se dejan abiertos y muy claros sus diagramas de flujo para adaptarse al lenguaje que más convenga.

La meta del modelo es mejorar los procesos de mantenimiento y archivo de información de transformadores existentes en la división.

BIBLIOGRAFIA

- Edward V. Krick INTRODUCCION A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO EN LA INGENIERIA. 2th ed., México. Limusa, 1978.
- James G. Biddle Co. INSTRUCCION MANUAL TTR 55-J.
- Comisión Federal de Electricidad, PROCEDIMIENTO SGP-AO - 04-S.
- James G. Biddle Co., INSTRUCCION MANUAL POR THE USE OF MEGGER, 1954.
- L.F. Blume, G. Camilli, S.B. Farnham, H.A. Peterson, TRANSFORMES MAGNETIZING INRUSH CURRENTS AND INFLUENCE ON SYSTEM OPERATION, 1944.
- Comisión Federal de Electricidad, PROCEDIMIENTO SGP-A003 -S.
- E.E. Staff, MAGNETID CIRCUITS AND TRANSFORMERS, Massachussets, 1965.
- Comisión Federal de Electricidad, PROCEDIMIENTO SGP-A-A009 -S.
- Comisión Federal de Electricidad, PRUEBAS ELECTRICAS A EQUIPOS DE PLANTAS Y SUBESTACIONES. División Jalisco.