



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"**

**PROYECTO DE LOS SERVICIOS AUXILIARES PARA  
LA PLANTA HIDROELECTRICA PEÑITAS.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :  
RAUL NEGRETE VARGAS**

MEXICO, D.F.

1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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

### PROYECTOS DE LOS SERVICIOS AUXILIARES PARA LA PLANTA HIDROELECTRICA PENITAS.

	PAGS.
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I ASPECTOS TEORICOS.	4
I.1.- CRITERIOS Y PREMISAS GENERALES PARA SERVICIOS AUXILIARES EN PLANTAS HI- DROELECTRICAS.	4
I.2.- ALTERNATIVA PARA LOS SERVICIOS AUXI- LIARES DE LA PLANTA HIDROELECTRICA PENITAS	11
- POSIBLES CONTINGENCIAS EN LOS SERVICIOS AUXILIARES.	11
- DIAGRAMA UNIFILAR	13
- OPERACION MANUAL	16
- OPERACION AUTOMATICA	18
- PROTECCIONES.	21
CAPITULO II DISEÑO DE LOS TABLEROS DE SERVICIOS-- AUXILIARES.	25
II.1 PARAMETROS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS TABLEROS.	25
II.2 INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS.	38
II.3 REACTORES.	45
II.4 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS	48
II.5. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	48
II.6 BANCO DE BATERIAS	50
CAPITULO III ASPECTOS ECONOMICOS.	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	56
BIBLIOGRAFTA.	58

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

La cuenca del Río Grijalva-Usumacinta localizada en el Sureste de México nace en la República de Guatemala y desemboca en el Golfo de México, en el Puerto de Frontera, aporta el 30% de los recursos hidráulicos del país; Esto lo constituye en la fuente de energía hidroeléctrica más importante. Cubre una área de 131, 157 KM<sup>2</sup>. corresponden al Río Grijalva. La comisión Federal de Electricidad inició desde el año de 1958 los estudios de la cuenca para determinar su potencialidad hidroeléctrica y realizar una planeación integral.

El sistema hidroeléctrico del Río Grijalva está constituido por cuatro presas y sus correspondientes plantas hidroeléctricas. Estas presas son, partiendo de aguas arriba, La Angostura [1974], Chicoasen [1980], Malpaso [1964] y -- Peñitas (esta última en proyecto). La potencia total de estas cuatro hidroeléctricas instaladas al sistema será del orden de 5 millones de KW.

El estudio incluido en esta tesis se refiere a los Servicios Auxiliares de la Planta Hidroeléctrica Peñitas, la cual forma parte del estudio integral para el aprovechamiento del Río Grijalva antes indicado.

La Planta Hidroeléctrica Peñitas se localiza en el estado de Chiapas, a 73.38 Km. aguas abajo de la P.H. Malpaso.

La Casa de Máquinas será exterior y será diseñada para alojar turbinas Kaplan de eje vertical, de 106, 540 KW cada una con una caída neta de diseño de 32.26 m y una velocidad nominal de giro de 112.5 R.P.M.

Esta central se construirá totalmente de una sola etapa

y su capacidad máxima será de 449,284 KVA; repartida en cuatro - turbogeneradores de 112,321 KVA cada uno.

Cada generador se conectará con buses de fase aislada (aprox. 15 KV) a un banco de transformadores y de éstos a la subestación de 230 KV con cables aéreos, quedando interconectada esta P.H. Peñitas a la Red Nacional, a través de dos líneas de transmisión de 230 KV a la subestación de Malpaso y otras dos de 230 KV a la subestación del Km. 20; existiendo la posibilidad de dos líneas futuras de 230 KV.

Los Servicios Auxiliares de una Planta Hidroeléctrica son de trascendental importancia ya que implican todas las alimentaciones de C.D.yC.A. en baja tensión que requieren las diferentes instalaciones. Estos Servicios Auxiliares tienen por objetivo principal proveer con fiabilidad la energía eléctrica para todos los equipos durante la construcción, la operación y el mantenimiento de esta central. En la puesta en marcha de la planta la energía eléctrica debe ser suministrada por una fuente de energía ajena hasta el momento en que la central esté en situación de cubrir su consumo propio. Cuando existen perturbaciones en el suministro de energía para los Servicios Auxiliares es necesario que la central pueda seguir funcionando sin problemas de ninguna clase. En los análisis de los disturbios en los sistemas, se ha encontrado que en ocasiones la normalización del servicio ha sido lenta, debido a que se han tenido problemas en el restablecimiento de los Servicios Auxiliares de las centrales hidroeléctricas; esto ha puesto en riesgo la seguridad interna tanto del personal como del equipo.

Este presente estudio propone un esquema que reduce la posibilidad del paro parcial o total de la central por carencia de Servicios Auxiliares, durante un tiempo prolongado.

C A P I T U L O I  
A S P E C T O S T E O R I C O S

I.1.- CRITERIOS Y PREMISAS GENERALES PARA SERVICIOS AUXILIARES EN PLANTAS HIDROELECTRICAS.

CRITERIOS GENERALES

En las plantas Hidroeléctricas, es de gran importancia mantener la continuidad de su operación, por tal motivo es necesario un buen diseño de las instalaciones de los Servicios Auxiliares. Es necesario que estos Servicios Auxiliares tengan diferentes fuentes de alimentación con el fin de que si alguna fuente fallara se sustituya rápidamente por otra, evitándose perturbaciones en el suministro de energía a los mismos Servicios Auxiliares. A continuación se mencionan las fuentes de alimentación comúnmente empleadas.

- 1.- Fuentes de unidades generadoras.
- 2.- Generador auxiliar.
- 3.- Línea de distribución proveniente de otro sistema eléctrico.
- 4.- Fuente proveniente de las barras de alta tensión de la planta.
  - a) Del transformador reductor de subestación.
  - b) Del transformador elevador de una de las unidades, utilizando un seccionador en las barras principales del generador.

Descripción:

- 1.- Fuentes de unidades generadoras.  
Las fuentes de unidades generadoras son alimentaciones provenientes de las unidades de generación, donde la tensión de generación se reduce por medio de un transformador reductor para ser aprovechada-

en los servicios auxiliares.

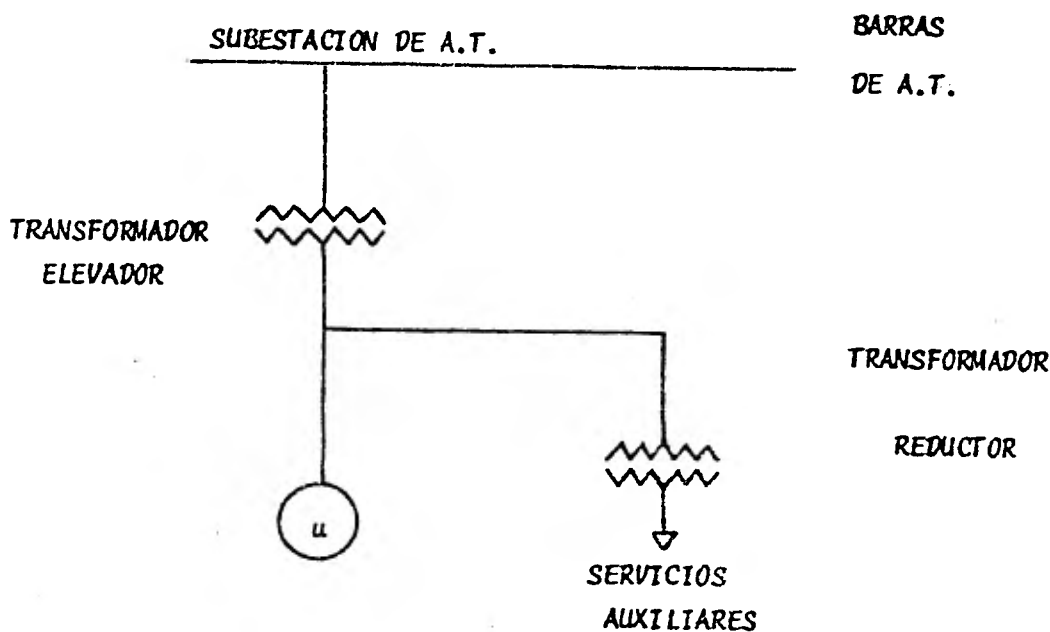


Fig. No. 1.- Fuente de unidad generadora.

Es recomendable para obtener una buena confiabilidad y flexibilidad en los servicios auxiliares, que en las unidades de gran capacidad se tenga una derivación para las alimentaciones de los mismos y que en las unidades de pequeña capacidad se tenga únicamente una derivación por cada dos unidades. La Tabla N°. 1 nos muestra el número de unidades por alimentación dependiendo de las capacidades de dichas unidades y del número total de las mismas que contenga la planta.

TABLA N°. 1

Forma de llevar a cabo la alimentación de auxiliares con fuente de unidad generadora.

POT. POR UNIDAD GENERADORA MVA	NUMERO DE UNIDADES GENERADORAS				
	1	2	3	4	5
25	X	X	XX	XX	XX
50	X	X	XX	XX	XX
75	X	X	XX	XX	XX
100	X	X	XX	XX	XX
150	X	X	X	X	X
300	X	X	X	X	X

NOTAS: X Alimentación por cada unidad.  
XX Alimentación por cada dos unidades.

2.- Generador auxiliar.

El generador auxiliar puede ser accionado por:

- a) Una turbina hidrúlica
- b) Un motor diesel.

3.- Línea de distribución proveniente de otro sistema eléctrico.

Es la línea proveniente de la red del sistema la cual abastece de energía a la planta cuando ésta se encuentra en construcción y una vez terminada dicha planta, esa línea pasa a ser una fuente de energía auxiliar --- para los servicios auxiliares.

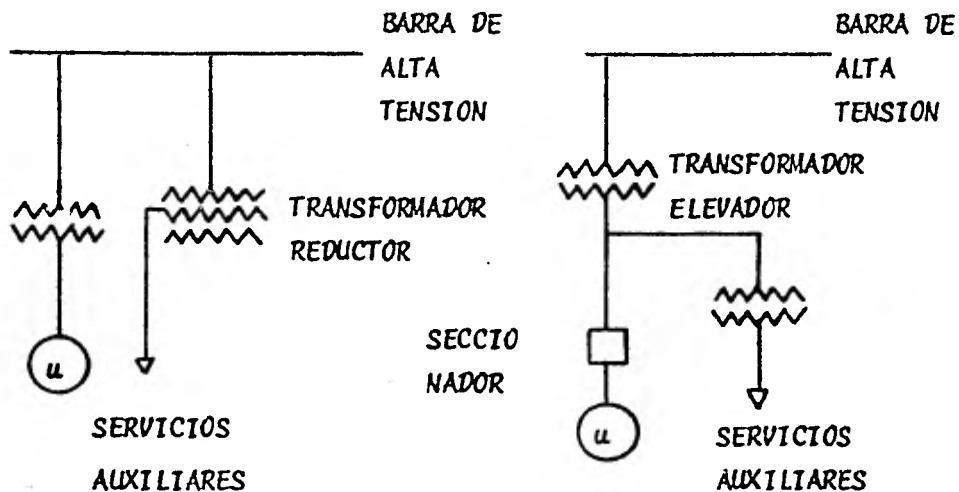
4.- Fuente proveniente de las barras de alta tensión de la planta.

Este tipo de fuente tiene dos alternativas.

- a) Que la alimentación sea tomada del transformador --- reductor de la subestación principal.



- b).- Que la alimentación se tome del transformador elevador de una de las unidades generadoras utilizando un seccionador.



a) DEL TRANSFORMADOR REDUCTOR DE SUBESTACION

b) DEL TRANSFORMADOR ELEVADOR DE UNA DE LAS UNIDADES.

Fig. N°. 2.- Fuentes provenientes de las barras de alta tensión.

a) Del transformador reductor de subestación.

En las barras de alta tensión se conecta un transformador reductor provisto de un terciario. El terciario únicamente alimentará a los servicios auxiliares.

b) Del transformador elevador de una de las unidades utilizando un seccionador.

Este tipo de fuente consiste en tomar la alimentación para los servicios auxiliares de lado de baja tensión del transformador elevador de la unidad generadora, una vez que haya sido sacada la unidad, por medio del seccionador de máquina en un tiempo no mayor de 10 minutos sin herramientas especial.

*En toda la planta únicamente se permite una sola -  
alimentación de este tipo.*

*No necesariamente todas las plantas deberán tener-  
las fuentes de alimentación que se mencionaron anteriormente,  
el número de fuentes para los servicios auxiliares de la plan-  
ta, estará en función de la capacidad (MVA) por unidad genera-  
dora y la capacidad total de la planta empleando más fuentes-  
para plantas de mayor capacidad. Como mínimo una planta debe-  
rá tener dos fuentes de alimentación para que en el caso de -  
que falle una, ésta sea sustituida por la otra fuente.*

*A continuación se da, una tabla en donde se indi-  
can las fuentes mínimas de alimentación.*

## \* FUENTES MINIMAS DE ALIMENTACION\*

Capa- cidad total Pta. MVA.	FUENTES DE ALI- MENTACION	Alimen- tacion Máquina	BARRAS DE ALTA		Linea de baja Tension	Gen Aux.	
			Transf Unidad	Transf. Sub.		Planta Turbina Hidraulica	Planta Diesel
10 - 50	10a29	P	P		P		
	30a50	P	P	P			
51 - 200	51a125	P	P		P	←-----→	0
	126a200	P		P	P	←-----→	0
201 - 450	201a325	P	P		P	P ←-----→	0
	326a450	P		P	P	P ←-----→	0
451 - 750	451a600	P	P		P	P	
	601a750	P		P	P	P	
> 751		P	P	P	P	P	

## NOTAS:

- (1) P.- Preferente
- (2) 0.- Opcional
- (3) P 0.- Indica preferencia entre dos posibilidades con opción a utilizar la segunda (0) en imposibilidad de la primera (P).

## PREMISAS GENERALES.

- 1.- Deberá ser sencillo en su operación, flexible y confiable.
- 2.- Deberá ser accesible para el mantenimiento y cuando se requiera dar mantenimiento a las barras de unidad, únicamente se permitirá dejar fuera una unidad.
- 3.- Las transferencias de una fuente a otra deberán ser sencillas y seguras.
- 4.- No deberá tenerse el riesgo de enlazar fuentes de alimentación a través del servicio de auxiliares con excepción del generador auxiliar.
- 5.- Estando una unidad parada no deberá correrse el riesgo de que ésta pueda ser alimentada por medio de las barras de auxiliares.
- 6.- Las fallas en los servicios de estación no deberán sacar de inmediato más de una unidad del sistema.
- 7.- Cualquier falla de barras de baja tensión no deberán poner en peligro la seguridad de la planta ni la del personal.
- 8.- Ninguna de las fallas en las barras de servicios auxiliares que no sea de unidad, deberá sacar del sistema a alguna de las unidades.
- 9.- Cualquier falla en barras deberá ser seccionada en un tiempo menor de 10 minutos.

## ALTERNATIVA PARA LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLANTA HIDROELECTRICA "PENITAS".

Los servicios auxiliares para la Planta Hidroeléctrica peñitas tendrán únicamente tres de los cuatro tipos de fuentes de alimentación mencionados anteriormente, éstos son: fuente de unidad generadora, generador auxiliar y líneas de distribución provenientes de otros sistemas eléctricos.

Fuente de unidad generadora.- En la Tabla N°. 1 se observa que para una planta con cuatro unidades, cada una de 112.321 MVA se debe tener por cada unidad una derivación para alimentar a los servicios auxiliares: La razón por la cual -- considero una alimentación por máquina es debida a la importancia que tiene la planta dentro del sistema. Cada (alimentación o fuente) tendrá un transformador reductor de 1500 KVA y una ----- relación de transformación de 13.8/0.480 KV.

Generador auxiliar.- Aprovechando la calda de agua de la planta se ha optado por la selección de un generador -- auxiliar accionado por una turbina hidráulica cuya capacidad será igual a la de una de las fuentes de unidad generadora o sea de 1500 KVA.

Líneas de distribución.- Estas serán dos, una proveniente de Malpaso y la otra que sale de Mezcalapa. Ambas -- serán de 115 KV.

### POSIBLES CONTINGENCIAS EN LOS SERVICIOS AUXILIARES.

Para el diseño de las instalaciones de los servicios auxiliares para la planta, es necesario analizar los posibles tipos de fallas que pueden existir en los servicios -- auxiliares. Las fallas consideradas son de dos tipos:

- 1.- Disturbios en el Sistema.
- 2.- Fallas del equipo en la planta.

Considerando estos dos tipos de fallas en cada uno de los servicios que comprenden los servicios auxiliares, se elaboró la Tabla N°. 2, en donde podemos apreciar las consecuencias que pueden ocasionar dichas fallas.

TABLA N° 2.- CONTINGENCIAS POSIBLES EN AUXILIARES Y SUS CONSECUENCIAS.

SERVICIO	PERDIDA POR		TOTAL O PARCIAL	CONSECUENCIA	TIEMPO EN QUE OCURRE LA CONSE-- CUENCIA	TIEMPO PARA REPONER	¿ SE PUEDE SOPORTAR ?	
	FALLA EQUIPO	FALLA ALIMENTA-- CION						EN QUE. CONDICIONES
AUXILIARES MAQUINA		X	T	Pérdida unidad con-- retraso.	15-60 min	Cuando regre-- sa tensión.	Si	Siempre
	X		T	Pérdida unldad con-- retraso.	15-60 min	Largo	Si	Con afectación a sis-- tema.
SERVICIOS GENERALES		X	T	Pérdida bombeo y car-- gadores.	Instan-- tanea.	Cuando regre-- sa tensión	Si	Durante 10 hrs.
	X		T	Pérdida bombeo y car-- gadores.	Instanta-- nea.	Largo	No	Ninguna porque se -- inunda la planta.
	X		P	Pérdida 1/2 bombeo y 1/2 cargadores.	Instanta-- nea.	Largo	Si	En forma continua.
ALUMBRADO		X	T	Pérdida alumbrado -- normal entra el de -- emergencia.	Instanta-- nea.	Cuando re-- gres a ten-- sión.	Si	Durante 3 hrs.
	X		T	Pérdida alumbrado -- normal entra el de -- emergencia.	Instanta-- nea.	Largo	Si	En forma continua el-- cargador de baterias es suficiente.
	X		P	Pérdida 1/2 alumbra-- do.	Instanta-- nea	Largo	Si	En forma continua.
SUBES-- TACION				Pérdida compresores, cargadores, ventila-- dores, obra de toma, vertedor, campamento	Instanta-- nea.	Largo	Si Si Si	No moviendo interrup-- tores alre -12 hrs. Manteniendo controles C.D. 24 hrs. Sin bajar, carga trans-- OA-FA-FOA- 2 hrs.
	X		T	Pérdida compresores, cargadores, ventila-- dores.	Instanta-- nea.	Largo	No	
	X		P	Pérdida 1/2 carga en general.	Instanta-- nea.	Largo	Si	

**DIAGRAMA UNIFILAR.**

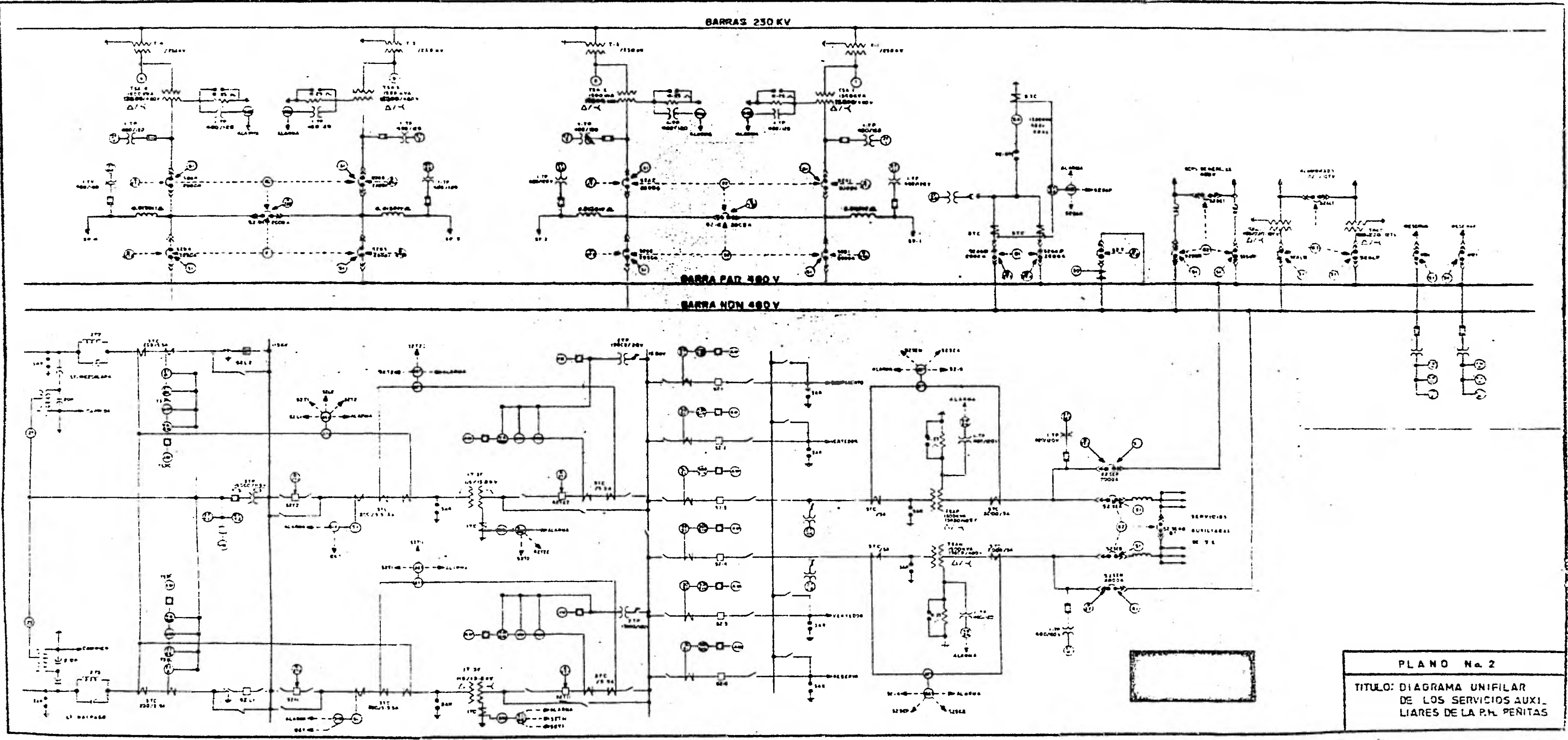
En función del análisis de las posibles fallas en los servicios auxiliares, del tipo y número de fuentes ya seleccionados y de acuerdo a las premisas que debe cumplir un esquema de servicios auxiliares en general, se ha elaborado el diagrama unifilar para los servicios auxiliares de la Planta Hidroeléctrica Peñitas [Plano No. 2] el cual satisface las necesidades y requerimientos mencionados con anterioridad. El análisis de las condiciones de operación se muestran claramente en la Tabla No. 3.

TABLA N° 3

CONDICIONES DE OPERACION EN LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLANTA HIDROELECTICA PERITAS																												
CONDICIONES DE OPERACION	I N T E R R U P T O R E S 52																											
	A1	A2	12	B1	B2	A3	A4	34	B3	B4	GAP	GAN	T	SGP	SGN	SGT	ALP	ALN	ALT	SEN	BEP	RP1	RNI	SEA	SEB	SEAB		
Con cuatro unidades en el sistema	X	X		X	X	X		X						X	X		X	X		X	X				X	X		
Con una unidad y una línea de distribución	X			X	X			X	X					X	X		X	X		X	X				X	X		
Con todas las unidades paradas																												
ALTERNATIVA 1				X	X			X	X	X				X	X		X	X		X	X				X	X		
ALTERNATIVA 2				X	X			X	X		X			X	X		X	X		X	X				X	X		
ALTERNATIVA 3				X	X			X	X					X	X		X	X		X	X				X	X		
con una unidad en el sistema																												
ALTERNATIVA 1	X	X		X		X	X							X	X		X	X		X	X				X	X		
ALTERNATIVA 2	X	X		X		X	X			X				X	X		X	X		X	X				X	X		
Con dos unidades en el sistema	X	X			X	X	X		X					X	X		X	X		X	X				X	X		
LITERANZA DE BARRAS UNO																												
Con todas las U. en sistema	X	X			X	X			X					X		X	X		X	X					X	X		
LITERANZA DE BARRAS PARES																												
Con una unidad en sistema	X		X	X				X	X					X	X		X	X	X						X	X		
Falla en Barras de S.P																												
Con tres unidades en sistema	X	X		X		X								X	X		X	X		X	X				X	X		
Falla en el interruptor 4																												
Con tres unidades en sistema		X		X		X			X					X	X		X	X		X	X				X	X		
Falla en el interruptor 3																												
Con dos unidades en sistema	X		X				X			X				X	X		X	X		X	X				X	X		

11





PLANO No. 2  
 TITULO: DIAGRAMA UNIFILAR  
 DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA P.M. PERITAS

## OPERACION MANUAL.

Los tableros tendrán especificados en el frente, en forma clara y continua el bus mínimo, así como las barras y con troles de interruptores, para que el operario pueda visualizar en forma rápida las condiciones de todo el sistema. El operario al operar manualmente los elementos del sistema de auxiliares puede equivocarse, y traer como consecuencia la pérdida de los servicios y además posibles daños al equipo. Por tal motivo, en el presente proyecto se vio la necesidad de implantar algunos procedimientos de operación y sistemas de bloqueos en los cierres de los interruptores, que impidan una situación peligrosa aún cuando el operador la ordene.

*Transferencia de servicios auxiliares de una fuente a otra:*

La transferencia de servicios auxiliares de una fuente a otra se hará fuera de paralelo, en esta forma se evita el empleo del equipo de sincronismo y las complicaciones en el control si la transferencia se hiciera en paralelo, la transferencia fuera de paralelo es mucho más sencilla y no requiere de tal equipo.

Para el caso en que se requiera hacer la transferencia de carga de la máquina auxiliar a cualquier otra fuente, ésta deberá hacerse fuera de paralelo, abriendo primero el interruptor de la máquina auxiliar para rechazar la carga y cerrando después el interruptor que da acceso a la otra fuente de alimentación.

*Descripción de los diferentes tipos de bloqueos de cierre de los interruptores:*

En el diagrama unifilar tenemos cuatro tipos de bloqueos los cuales están representados por las letras; B1, B2, B27-1 y B27-2. Cada tipo de bloqueo señala cuales son los interruptores que intervienen en el mismo.

Los bloqueos B1 y B2 se efectúan por medio de contaco

tos auxiliares de otros interruptores. Dichos contactos podrán ser del propio interruptor o de un relevador auxiliar con reposición eléctrica, es decir, con bobina de operación y bobina -- de reposición. La forma de operar de cada uno de los bloqueos -- es la sig.:

Bloqueo B1.- A un interruptor se le impide cerrar si otro está cerrado.

Bloqueo B2.- A un interruptor se le impide cerrar si otros dos están cerrados.

Bloqueos B27-1 y B27-2. Estos tipos de bloqueos se -- efectúan por medio de contactos de relevadores de tensión, estos últimos indican si existe tensión en determinados -- puntos del sistema de auxiliares. A continuación se indica la forma en que operan estos bloqueos.

Bloqueo B27-1.- Para los interruptores que dan acceso a dos fuentes de alimentación en el Sistema de Auxiliares, se permitirá el cierre solamente cuando haya tensión en la fuente de alimentación y no haya tensión en el otro lado del interruptor.

Bloqueo B27-2.- Se permitirá el cierre de un interruptor cuando una de las dos barras que va a unir no tiene tensión, o cuando ninguna de las dos tiene tensión.

Analizando los bloqueos en los interruptores GAN y-- GAP (ver diagrama unifilar) del generador auxiliar, se ve que los dos interruptores no cerrarán simultáneamente de acuerdo al bloqueo B1, y de acuerdo al bloqueo B27-1 los interruptores cerrarán si existe tensión en el generador auxiliar y no existe -- en las barras de 480 V.

Según el bloqueo B27-1, el generador auxiliar no podrá enlazarse con otra fuente de alimentación, pero si se acciona el conmutador de sincronismo este bloqueo quedará fuera y el

generador auxiliar quedará enlazado con la fuente que esté alimentando a la barra.

#### OPERACION AUTOMATICA.

El cierre y apertura automática de los interruptores se emplea en el sistema de protecciones y en la preservación de la alimentación a los servicios auxiliares. La transferencia -- de una fuente de alimentación a otra para dar alimentación a los servicios auxiliares se hace automáticamente.

Cuando la barra "par" y la barra "non" se estén alimentando cada una con diferente tipo de fuente, y llegara a --- fallar una de las dos fuentes, el interruptor 52T cerrará automáticamente para transferir la alimentación hacia la barra que se haya quedado desenergizada, este cierre se efectuará después de que haya abierto automáticamente el interruptor que daba --- acceso a la fuente de alimentación fallada. Para que se lleve a cabo esta secuencia de operación automática de los interruptores, se conecta un contacto del relevador de baja tensión en las fuentes y se retrasa su operación mediante el uso de un relevador de tiempo [62] en el circuito, el retraso sirve para evitar que el interruptor opere cuando existen disminuciones súbitas de tensión. El interruptor de amarre 52T también requiere de un relevador de tiempo 62 para cerrar automáticamente, -- este relevador se calibra a un tiempo mayor que los relevadores de las fuentes con el fin de dar oportunidad a que primero disparen los interruptores de las fuentes y después dispare éste.

Para ejemplificar lo dicho, analizaremos los circuitos de las Figs. N°. 3 y N°. 4. Aunque son muy elementales, nos darán una idea de la forma de operación de los interruptores -- que dan acceso a las fuentes de alimentación y del interruptor de amarre 52T.

En la Fig. N°. 3 se representa el circuito de disparo del interruptor 52A1 de la fuente de unidad generadora N°. 1.

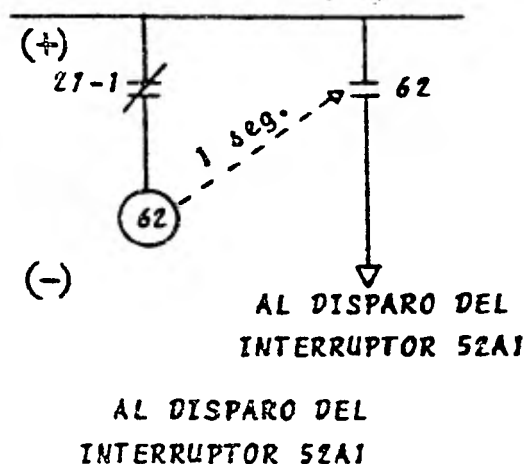


Fig. N°. 3.- Disparo del interruptor 52A1 por baja tensión. ---  
 La forma de operación de este circuito es la siguiente:  
 En condiciones normales de operación el relevador 27-1 (ver diagrama unifilar) estará detectando la tensión de operación, manteniendo su contacto 27-1 (ver figura N°. 3) abierto, así el interruptor 52A1 estará cerrado permitiendo la alimentación a la barra "non". Cuando por alguna causa falle la fuente quedándose sin tensión, el relevador 27-1 lo detectará y mandará cerrar el contacto 27-1, en esta forma se energiza la bobina del relevador 62 y un segundo después de haberse energizado la bobina 62 cerrará su contacto 62, mandando la señal para que dispare el interruptor 52A1.

El siguiente diagrama corresponde al circuito de disparo y cierre del interruptor 52T, y la forma en que opera es la siguiente:

De acuerdo al bloqueo B27-2 la falta de tensión en una de las barras (non o par) ocasionará el cierre automático del interruptor 52T, independientemente si la falla corresponde a la fuente de alimentación, o bien, a la barra misma.

En el caso de que la falla sea en la barra, el 52T --- cerrará automáticamente y alimentará a la falla, lo cual no debe

sucedier. Por tal motivo se vió la necesidad de instalar una protección de sobrecorriente instantánea [50] para disparar al interruptor de amarre 52 T y aislar la barra fallada.

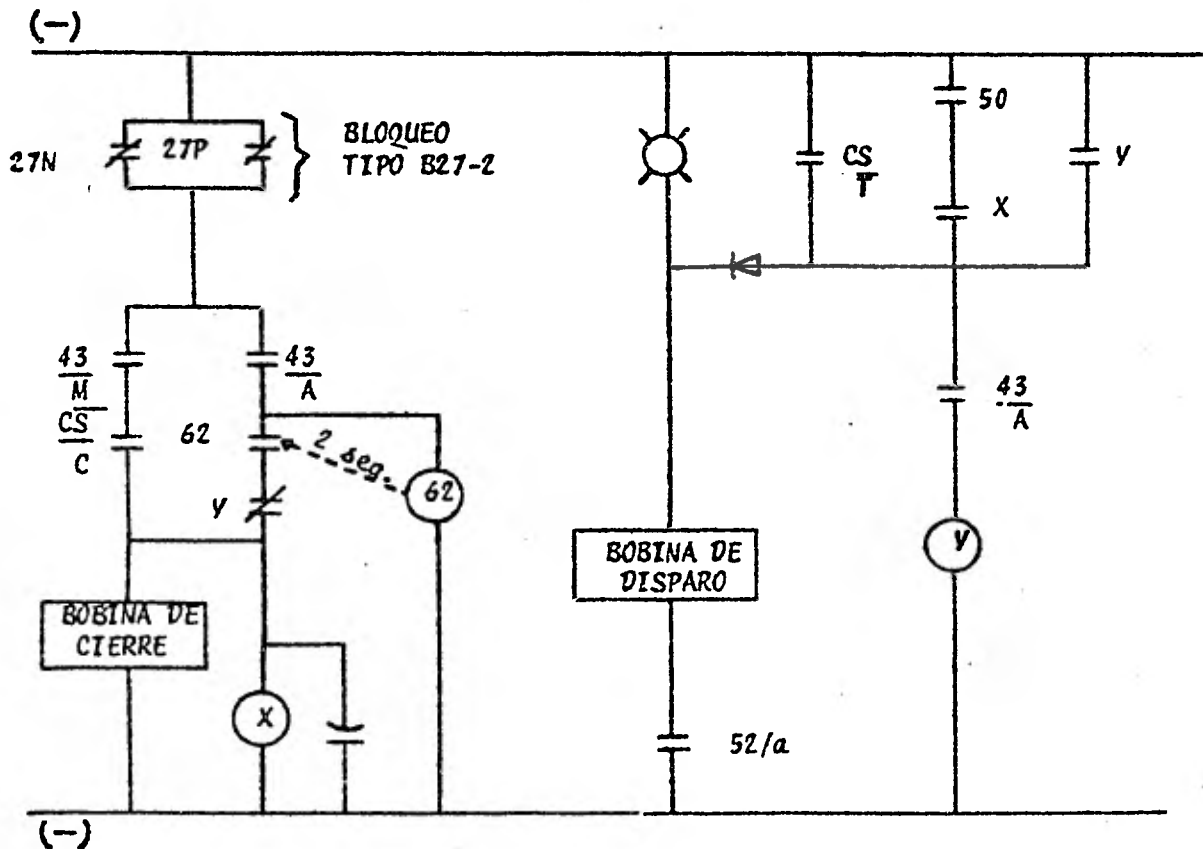


Fig. N°. 4.- Circuito de cierre y disparo del interruptor de amarre 52T.

Si la falla fue en la fuente de alimentación, el interruptor de amarre 52T cierra automáticamente pero la protección de sobrecorriente [50] no opera. Sin embargo, con objeto de mantener coordinación en el sistema, fue necesario eliminar la protección [50] del interruptor 52T un tiempo razonable después de haber entrado el interruptor satisfactoriamente, mediante la adición de un relevador "X" con un capacitor que permanece energizado durante el lapso de tiempo después de haber cerrado el interruptor y además sirve como permiso del disparo del [50] durante ese mismo lapso de tiempo.

Para evitar bombeo en el cierre automático del interruptor 52T, se bloquea el cierre cuando hay disparo por (50), mediante un relevador "Y", el cual se energiza en esta condición, se sella a sí mismo cerrando su contacto que se encuentra en el circuito de disparo, y bloquea el cierre automático al abrir su contacto "Y" que se encuentra en el circuito de cierre. Para romper el sello se debe pasar el conmutador de transferencia 43 a la posición manual.

#### PROTECCIONES.

Las protecciones empleadas son de sobrecorriente, ya sea integradas al interruptor o con transformador de corriente y relevador aparte.

En el diagrama unifilar se tienen las siguientes características:

- a) Se evita el paralelismo entre fuentes de alimentación y entre alimentadores a las cargas. Es decir, ninguna de las dos barras de 480 V, deberán estar alimentadas cada una con dos fuentes al mismo tiempo, excepto cuando una de esas dos fuentes sea el generador auxiliar.
- b) La anterior simplifica las protecciones dado que las corrientes de falla que pudieran tenerse circulan íntegramente por todos los interruptores que las deban ver.
- c) Se emplean reactores para disminuir los valores de las corrientes de falla que puedan ser manejados por los interruptores comerciales.
- d) A fin de evitar daños en el equipo por fallas a tierra, se reducen estas a valores que no dañen al equipo (aprox. 10 Amp.). Esta reducción se logra intercalando en la conexión del neutro de los transformadores y tierra, resistencia de valores adecuados.

dos (aprox. 25 ohms). Las resistencias deberán ---- especificarse para servicio continuo.

- e) Con el propósito de evitar riesgos y daños al personal y equipo debido a este tipo de conexión, se emplea un explosor conectado en paralelo con la resistencia del neutro del transformador, de tal manera que, cuando se tengan sobretensiones de 1500 V o más este opere.
- f) Para la detección de fallas a tierra en C.A. se conecta en paralelo con la resistencia del neutro del transformador, un transformador de potencial que -- alimenta a un relevador de tensión, el cual unicamente acciona una alarma.

Los interruptores de amarre de unidades, amarre de servicios generales, amarre de alumbrado y amarre de servicios auxiliares de subestación no tienen protección contra sobre corriente (51).

El interruptor 52T de amarre de barras pares y nones, como ya se vio anteriormente, solo tiene protección un instante después de haber recibido la orden de cierre.

En la tabla No. 4 se muestran las protecciones con que cuenta el diagrama unifilar, así como su localización.

Nota: Algunas protecciones no aparecen en la tabla debido a que en el diagrama unifilar se indica claramente que interruptores van a operar.

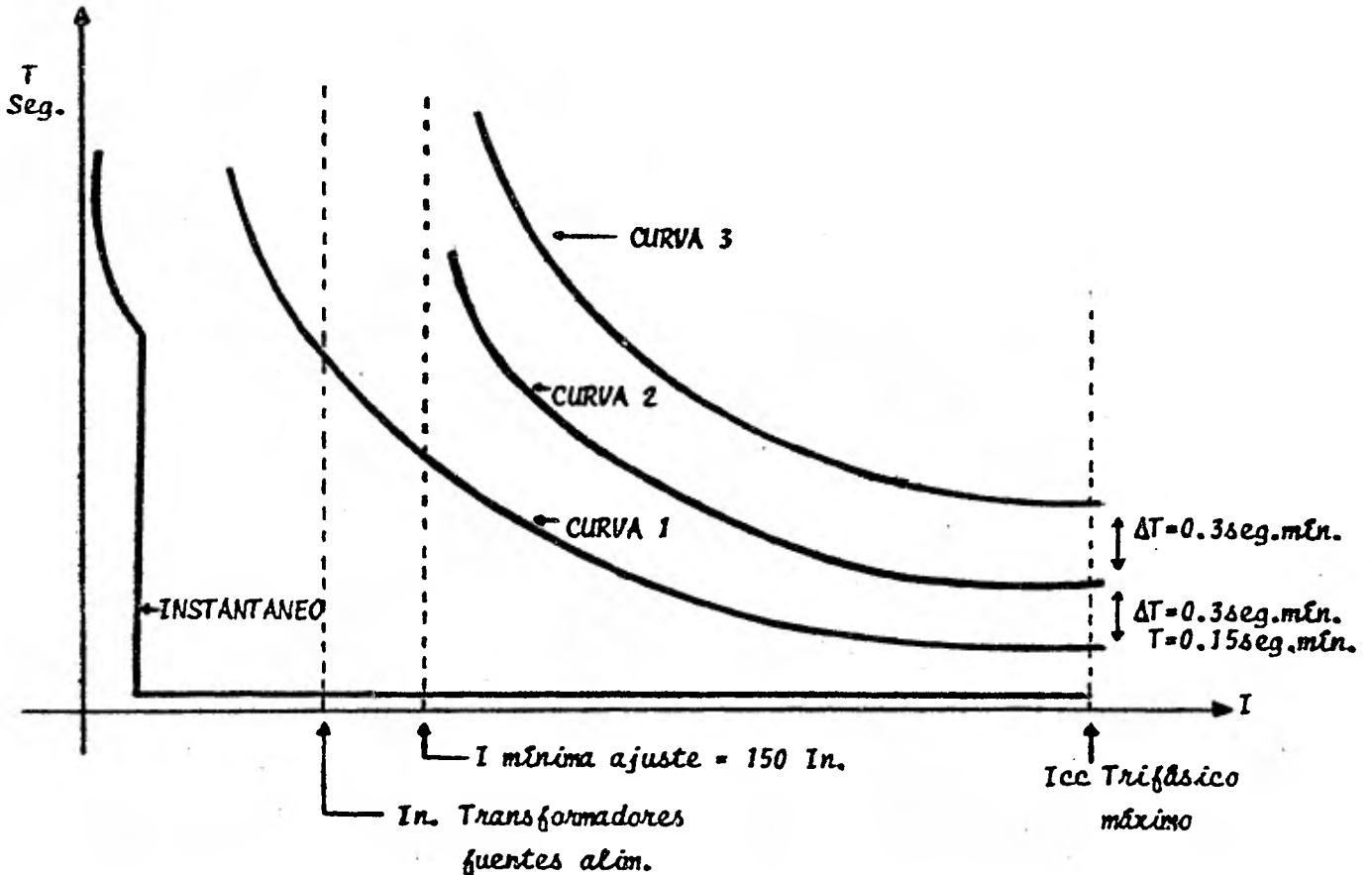
Además presento una gráfica la cual indica la forma -- de operación de los interruptores y relevadores.



TABLA N°. 4

PROTECCION	INTERRUPTOR AL QUE OPERA	LOCALIZACION				
		PLANTA	FISICA		ELECTRICA	
			SUBESTACION		EN EL CIRCUITO PRIMARIO	CON TC Y RELE APARTE
			ENLACE EN BAJA TENSION			
51 A	52 A	X		X		
51 B	52 B	X		X		
51 SGN	52 SGN	X		X		
51 ALN	52 ALN	X		X		
51 RN	52 RN	X		X		
51 SEN	52 SEN		X	X		
51 SEB	52 SEB		X	X		
(50/51) (50N/51N) A	52-1		X		X	
87G	52 GA - 52 GAP	X			X	
50	52 T	X			X	
86T	52 T2 - 52 T 22		X		X	
51N	52 T2 - 52 T 22		X		X	
87 B	52 L1 - 52 T1 - 52L - 52T		X		X	
51	52 T2 - 52 T 22		X		X	

## GRAFICA QUE INDICA LA OPERACION DE INTERRUPTORES Y RELEVADORES.



- 1.- Los disparos con curvas 1 e instantáneo pueden tener un mínimo menor que la  $I_n$  de los transformadores y un máximo de hasta 200% la carga máxima que llevan. La curva 1 puede ser de réle de tiempo inverso o de disparo del interruptor en retardo largo y corto, siempre que no se cruce con las curvas 2 y 3.
- 2.- Las  $\Delta t$  a corrientes de cortocircuito menores que lee máximo deben ser mayores que las mostradas a  $I_{cc}$  máximo.
- 3.- Los disparos instantáneos solo se aplican a interruptores -- termomagnéticos [ TM ] , con excepción del 52T, que puede -- disparar instantáneo en ciertas condiciones.

## C A P I T U L O    I I

## DISEÑO DE LOS TABLEROS DE SERVICIOS AUXILIARES

En el presente estudio se están analizando las instalaciones necesarias para alimentar las cargas consideradas como servicios auxiliares, luego entonces, el estudio inmediato en el diseño de tableros correspondería a los tableros de distribución. No por ello se descartan los tableros de control pero no son el tema de análisis de esta tesis.

Para el diseño de los tableros de distribución es necesario hacer una serie de consideraciones, tales como, la selección de interruptores electromagnéticos y termomagnéticos, reactores, transformadores y banco de baterías.

Pero antes de entrar en consideraciones del equipo el cual integrará a los tableros; es importante dar los parámetros generales que servirán de base al fabricante de los tableros.

El hablar de parámetros de diseño de los tableros implica tratar de las especificaciones y dentro de ellas entre otros, los siguientes puntos.

## II. 1.- PARÁMETROS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS TABLEROS.

## N O R M A S

La construcción del tablero, el alambrado del mismo, todos los aparatos y equipos, cubiertos por estas especificaciones, así como los diagramas eléctricos, deben sujetarse a las reglas y normas ANSI (American National Standards Institute), NEMA (National Electric Manufacturers Association) y IEEE (Institute of Electrical & Electronics Engineers), de acuerdo con su edición más reciente. Se admitirán excepciones a dichas normas sólo en los casos donde así se indica expresamente en estas especificaciones.

Son de aplicaci3n general las siguientes normas ANSI:

C37.1	1962	"Relays associated with electric Power-Apparatus"
C37.20	1955	"Switchgear Assemblies and Metal enclosed Bus"
C39.1	1972	"Electrical Indicating Instruments"
V32.2	1954	"Graphical Symbols for Electrical Diagrams"
Y32.13	1950	"Abbreviations for use on Drawings"

#### ALCANCE DEL SUMINISTRO

La cotizaci3n del Fabricante deber3 considerar el suministro del equipo y sus accesorios, Incluyendo su dise1o, fabricaci3n, pruebas y embarque de cada uno de los tableros.

Todos los elementos que no esten especialmente mencionados en las especificaciones o en la Oferta, pero los cuales --son usuales o necesarios para la operaci3n eficiente del equipo, se considera que ser3n suministrados por el Fabricante sin cargo extra para el cliente 6 proyectista.

#### UNIDADES DE MEDIDA

Se utilizar3 el Sistema M3trico Decimal y grados Celsius para la temperatura.

#### IDIOMA

Se deber3 utilizar el idioma espa1ol en todos los documentos relacionados con estas especificaciones, el Concurso, la Oferta y el Suministro.

En forma ejemplificada pero no limitativa estos documentos pueden ser: comunicaciones, cat3logos, planos, instructivos de montaje, operaci3n y mantenimiento, etc.

En caso excepcional se aceptarán catálogos en idioma inglés.

## CARACTERISTICAS GENERALES

### 6.1 Requisitos Estructurales

#### 6.1.1 Materiales y Mano de obra

Todos los materiales usados en la fabricación de estos tableros, serán nuevos y de la más alta calidad-; considerando resistencia, durabilidad y buena práctica de ingeniería. Si el fabricante indica detalladamente los materiales en su oferta, la aceptación de oferta implica la aprobación tácita de los materiales usados en la fabricación del tablero, el proyectista puede requerir inspecciones y aprobaciones adicionales cuando el fabricante no indica los materiales en su cotización.

Todos los materiales deberán seleccionarse considerando condiciones adversas de clima.

Todo trabajo manual debe ser hecho por personal adiestrado cuidadosamente y según la práctica aceptada.

Tanto el material como la mano de obra deben ser conforme a las normas citadas y las de ASTM (American Society for Testing Materials). Si por alguna razón el fabricante desea apartarse de las normas indicadas, deberá hacerlo constar expresamente, explicando con toda precisión las diferencias entre lo que propone y dichas normas.

#### 6.1.2. Construcción.

Todos los tableros deben ser fabricados, ensamblados y completamente equipados con todas sus componentes en la fábrica. Si otros fabricantes surten partes del equipo, estas deben ser enviadas al fabricante de los tableros para su instalación, salvo en los casos en los que se indique lo contrario.

Los tableros deben estar formados por secciones separables para su embarque. Cada sección debe ser autosoportable, a menos que se indique lo contrario en los requisitos específicos, debe tener sus ductos para cables propios, tener canales de acero y la tornillería necesaria para su anclaje.

La lámina de acero de los tableros debe ser cuando -- menos de 3.18 mm (1/8") de espesor, laminada en frío y especialmente lisa.

Los tableros debilitados por exceso de perforaciones - deben ser reforzados con costillas de acero soldadas por la parte interior.

#### 6.1.3 Cables, Ductos y Canales

Todas las secciones de tablero deben tener ductos verticales a los lados y un ducto horizontal en la parte superior, - para los cables.

Todos los cables de control y potencia deben entrar - por la parte inferior, a menos que se indique lo contrario en - los requisitos específicos.

#### 6.1.4 Acabado

Los tableros deben presentar superficies tersas y -- aristas redondeadas, deben ser bonderizados y finalmente pintados con dos capas, como mínimo, de pintura gris color ANSI # 61 (Munsell notatio 8.3G 6.10/0.54). La pintura usada debe tener una -- composición tal que evite la formación de hongos.

El fabricante deberá proporcionar pintura para retoque en una cantidad no menor del 15% de la pintura usada como de acabado.

#### 6.1.5 Placas de nomenclatura y Bus mímico.

Las placas deben ser de material plástico negro, con - letras grabadas en blanco, con los títulos en español que se indiquen en los requisitos específicos.

En los casos donde se especifica debe preverse un bus métrico de ---- plástico de 3 mm. (1/8") de espesor y 9.5 mm (3/8") de ancho pegado al tablero. Su colocación queda indicada en los dibujos que se anexan a las especificaciones.

## 6.2. Requisitos Eléctricos

### 6.2.1. Alambrado y Terminales

Los tableros deben ser alambrados íntegramente en la fábrica. Todo el alambrado debe concordar con los diagramas unifilares, trifilares y esquemáticos que haya aprobado el proyectista

Debe incluirse todo el material tal como barras de cobre primarias y secundarias, bloques terminales, ductos para cables, canales, conduit y sus accesorios.

Las conexiones a cada uno de los interruptores deberán hacerse con barra desnuda a partir de las barras principales de la sección.

Todas las conexiones exteriores a los tableros deben hacerse por medio de bloques terminales. De ser necesario proyecto proporcionará al fabricante diagramas de alambrado y esquemáticos del equipo al que serán conectados los tableros. No se admitirán conductores añadidos, aunque sean soldados, en el alambrado de tableros.

Todo el alambrado de conexiones comunes, tal como buses de corriente directa, alarma, sincronización, etc. deben hacerse con cable aislado, conectado de bloque de terminales a -- bloque de terminales, en lugar de buses rígidos.

Todos los aparatos del tablero deben estar claramente marcados.

Deben proveerse 20% de terminales en exceso del número mínimo requerido. La identificación de terminales debe corresponder con la mostrada en los diagramas de alambrado.

Los bloques de terminales deben colocarse de manera de facilitar el alambrado e interconexión, cerca de la parte baja y -

y posterior del tablero, cuando menos a 20 cm del piso.

#### 6.2.2. Conexión de tierra

Los tableros deben estar provistos de una barra de cobre de 25 X6 mm (1" x 1/4") para la conexión a tierra, corrida a lo largo de todas las secciones, en la que se dispondrá cuando menos de dos conectores para cable de cobre, calibre #4/0, para conexión a la red de tierras. Debe también preverse la posibilidad de conexión a barras de tierra de secciones de tablero adyacentes futuras.

Los circuitos secundarios de corriente y de potencial serán conectados a tierra exclusivamente en los tableros, a menos que se indique otra cosa en los requisitos específicos.

#### 6.2.3 Energía disponible y Alumbrado

Todo equipo de corriente alterna, en caso de no especificarse lo contrario, debe ser diseñado para operar a 480/277 --- volts nominales, 60 Hz, pero previsto para operar adecuadamente entre + 10% del voltaje nominal.

Todo el equipo de corriente directa, en caso de no especificarse lo contrario, debe ser diseñado para operar a 250 volts nominales, pero previsto para operar adecuadamente entre 210 y 280 volts.

En el interior de cada sección de tablero debe preverse alumbrado adecuado a 127V, 60 Hz y un receptáculo monofásico, para operar a 127 volts, 60 Hz, El fabricante debe instalar el alumbrado para estos circuitos en tubo conduit rígido, con - apagadores para los focos cerca de cada puerta.

#### 6.2.4 Interruptores Electromagnéticos en aire de baja tensión

Todos los Interruptores electromagnéticos en aire deberán -- ser del tipo extraíble (draw-out) y con las siguientes carac-terísticas:

1. Número de polos 3
2. Cierre y disparo eléctrico a 250 V.C.D.
3. Alambrado a tablillas para control remoto



4. Disparo eléctrico y mecánico libres.
5. Disparo manual local
6. Protección de sobrecorriente doble : de tiempo largo (4a 36 segundos a 6 In) y de tiempo corto (0.85 a 1.25 seg para la corriente de corto circuito máximo ). (Cuando se especifique)
7. Unidad de disparo instantáneo (Cuando se especifique)
8. 8 (Ocho) contactos auxiliares convertibles, alambrados a tablillas para uso del proyectista.
9. Contacto de alarma de disparo por falla (cuando se especifique)

Los bloqueos entre interruptores deben existir aún cuando se extraiga uno de ellos.

Dichos bloqueos deberán ser efectuados por el fabricante de los tableros.

#### 6.2.5 Instrumentos Indicadores, Medidores y Relevadores

Todos los instrumentos indicadores deben ser para montaje semi-embutido, del tipo de carátula cuadrada de 114 x 114 mm - (4 1/2" x 4 1/2") aproximadamente, y con escala de 270 grados, excepto donde se indica otra cosa.

Todos los instrumentos deben tener caja acabada en color negro mate, las carátulas deben ser blancas con letreros negros. De preferencia los instrumentos que requieran aparatos adicionales deben tenerlos integrales y aún en caso de no ser integrales, estos aparatos siempre deben ser suministrados con el instrumento indicador.

Todos los instrumentos con el cero al centro deben ser marcados "entrada" a la izquierda, "salida" a la derecha.

Todos los relevadores deben tener bobina de bandera de conexión en serie, no se aceptarán con bobina de bandera en paralelo a menos que se indique así expresamente en estas especificaciones.

Los relevadores de bajo voltaje deben operer directamente sobre los contactos, no se acaptarán relevadores que operen sobre un relevador auxiliar contenido en la misma caja.

Los relevadores auxiliares de disparo de reposición manual - deben ser tipo rotatorio. Los xontactos de todos los relevadores auxiliares deben ser fácil de cambuar de tipo "a" a tipo "b" y viceversa.

Los relevadores auxiliares de reposición automática o eléctrica, a menos que se indique otra cosa en los requisitos específicos, deben reunir las siguientes características :

- a) Tener contactos reversibles que se puedan cambiar - fácilmente de tipo "a" a tipo " b" y viceversa en el campo.
- b) Contactos de capacidad continu de conducción de 12 amperes como mínimo.
- c) Contactos con una capacidad mínima de ruptura de 3 amperes a 125 volts Cd, 1 amperes a 250 volt CD; en circuito no inductivo, cada uno.

El fabricante deve suministrar los juegos de clavijas de prueba para relevadores y medidores.

Dondequiera que en los requisitos específico se mencione un aparato de marca determinada "o" equivalente", corresponde a el proyectista decidir si el equipo propuest por el fabricante es adecuado para el caso particular bajo consideraciónn

#### 6.2.6. Anunciadores

En general los aninciadoees serán del tipo de señal luminosa interminente y audible, en casos especiales se especificarán- aunnciadores del tipo de bandera que cae por atracción magnética,

En todo caso los anunciadores serán del tipo para montaje semiembutido con conexiones por la parte posteropr, con los relevadores auxiliares montados en el mismo gabinete. Los anun

ciadores luminosos deben tener ventanas de aproximadamente 22x 76 - mm (7/8" x 3") por alarma.

1. Al cerrar el contacto de alarma debe indicar la -- alarma respectiva intermitentemente y sonar la campana, aunque el contacto de alarma cierre solo momentáneamente.
2. El botón de "Conocimiento" debe silenciar la campana y suspender la intermitencia de la lámpara, pero esta debe sonar nuevamente al cerrar otro contacto de alarma.
3. El botón de reposición debe reponer las banderas - cuyo contactos de alarma ya hayan abierto.

La campana debe quedar montada en el interior del tablero, y debe preverse una sola para todo el tablero, operada por varios anunciadores. Para los anunciadores luminosos debe proveerse un botón de --- prueba para los focos.

#### INSPECCIÓN Y ACEPTACION

El fabricante permitirá el acceso a sus talleres y dará toda clase de facilidades a la persona o personas que proyecto autorice para llevar a -- cabo la inspección de los materiales proceso de manufactura y pruebas del equipo por suministrar. No deberá embarcar ninguna parte de este equipo - hasta obtener por escrito la aceptación correspondiente por parte del inspector o inspectores del diseñador.

La aceptación del equipo por parte del inspector, no releva al fabricante de la responsabilidad del buen funcionamiento del equipo y de cumplir con las garantías a que se refiere - el inciso 8.

## GARANTIA DE CALIDAD

El equipo objeto del suministro quedará garantizado - por el fabricante por un periodo de 12 (doce) meses contados a partir de la fecha en que el propio equipo entre en operación. Si por causas imprevistas se pospone la iniciación del periodo de garantía, ésta expirará cumplidos 18 (dieciocho) - meses después de la fecha en que se notifique que la última semesa está lista en la fábrica para su embarque. Queda entendido sin embargo que el periodo de garantía podrá quedar vigente, si antes de cumplir los 18 (dieciocho) mese citados - así lo acuerda el fabricante y diseñador.

El equipo una vez montado será objeto de una cuidadosa ins-- pección por parte del diseñador o persona autorizada para ello; en presencia del representante de la fábrica. Se comprobará el correcto funcionamiento de los distintos conjuntos o partes que lo formen, así como el de los tableros, de acuerdo con las es-- pecificaciones proporcionados por el mismo fabricante y aproba-- dos por diseñador. Si un conjunto o piezas cualquiera no llena ra las condiciones de dichas especificaciones, el proyectista - tendrá el derecho de rechazarlos parcial o totalmente y el fa-- bricante la obligación de reponerlos, en el sitio de la instalación y en el plazo más corto posible, sin costo alguna para el -- diseñador. Si el fabricante rehusara o estuviera imposibilitado - a verificar el cambio en un plazo razonable, el proyectista podrá - adquirir de otros proveedores dicha plaza o conjunto, realizar - o contratar su montaje y verificar las pruebas que sean necesarias para su aceptación. Todos los gastos de adquisición, transporte, pruebas e instalación que se requieran se cargarán al -- fabricante.

Si durante el plazo de 12 (doce) meses, contados a partir de la fecha en que se ponga en servicio el equipo aparecen ---- defectos en su funcionamiento por mal diseño, materiales o mano de obra defectuosos, el fabricante deberá reparar y en todo caso reponer a satisfacción de proyectos la parte o partes que sean necesarias para establecer el funcionamiento correcto del citado equipo; si el fabricante rehusara o estuviera imposibilitado -- a cumplir lo anterior, el proyectista podrá adquirir de otros provee-  
dores las piezas necesarias o en su caso contratar los trabajos de modificación que se requieran; el costo de las piezas o de - las piezas o de las modificaciones, las pruebas a que haya-  
lugar y los gastos de transporte se cargarán al fabricante; --- los gastos de montaje correrán por cuenta del proyectista.

Con el fin de no causar perjuicios a los usuarios del servicio o al diseñador, ésta se reserva el derecho de seguir usando las partes defectuosas hasta el momento que sea oportuno reem-  
plazarlas.

#### EMPAQUE Y EMBARQUE

El tablero deberá armarse en fábrica totalmente, in-  
cluyendo todos los instrumentos, barras, alambros, terminales, etc., que se especifiquen o que sean necesarios para su correcto funcionamiento, aunque no hayan sido especificados.

El fabricante suministrará todos los elementos y mate-  
riales necesarios para unir las partes en que se divide el ta-  
blero y marcará claramente las uniones de partes metálicas o -  
cables de circuitos eléctricos que sean necesarias, de un modo-  
claro y visible que facilite el armado del tablero en el lugar de su instalación.

El tablero a cada uno de los grupos en que se haya di-  
vidido deberán ser totalmente empacados en cajas de madera resis-  
tentes al mal trato, producto del transporte. Deberá además pre-  
verse algún sistema que haga la caja impermeable de tal modo --  
que el equipo no sufra daño aunque la caja quede expuesta a la-

lluvia.

El material o los aparatos que aunque no estén montados en el tablero formen parte de él serán empacados y enviados en cajas aparte, claramente marcadas.

## 10 INFORMACION REQUERIDA

### 10.1 Con la Oferta

Las ofertas deben acompañarse de la siguiente documentación

- a) Todos los cuestionarios debida y totalmente contes  
tados
- b) Dibujos preliminares con dimensiones generales.
- c) Catálogos descriptivos

### 10.2 Después de la Colocación de la Orden

El proveedor se obliga a enviar al diseñador para cada central eléctrica o subestación la siguiente documentación. :

- a) Ocho (8) ejemplares de instructivos de montaje, operación y mantenimiento, en forma de libro, de todos los equipos e instrumentos contenidos en cada tipo diferente de tablero que cubra el montaje, funcionamiento de los equipos.
- b) Dos reproducibles y una heliográfica de todos los dibujos cada vez que sean enviados para su revisión de cada tipo diferente de tablero.
- c) Cuatro reproducibles y cuatro heliográficas de todos los dibujos aprobados por el proyectista y considerando como definitivos de cada tipo diferente de tablero.



## II.2.- INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS.

La selección de los interruptores electromagnéticos se hace en base a la corriente de corto circuito.

Sabemos que la mayor parte de las fallas en los sistemas de energía son asimétricos y pueden consistir en cortos circuitos asimétricos, fallas asimétricas a través de impedancias, o conductores abiertos.

Dado que cualquier fallo asimétrico da lugar que circulen por el sistema corrientes desequilibrados, es muy útil el Método de los Componentes Simétricos para analizar y determinar las corrientes y tensiones en todas las partes del sistema después de que se presente una de estas fallas.

Para mi estudio estoy considerando el caso más crítico, esto es la falla trifásica.

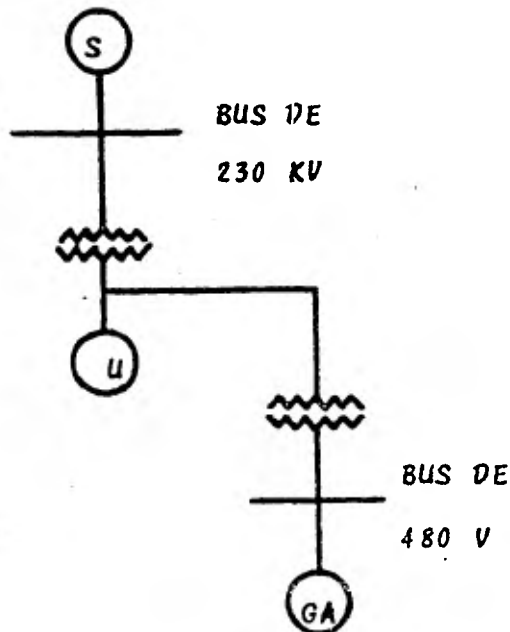
A continuación la realización de los cálculos de corto circuito aplicando el método de los componentes simétricos.

Tomando como base que los servicios auxiliares tendrán diferentes tipos de fuentes de alimentación, se seleccionará el caso en que la corriente de corto circuito sea la más severa. Este caso se presenta cuando las fuentes que van a alimentar a una barra de 480 V son: una fuente de unidad generadora y el generador auxiliar.



CALCULO DE CORTO CIRCUITO EN EL BUS DE 480 V.C.A., CUANDO UNA FUENTE DE UNIDAD GENERADORA Y EL GENERADOR AUXILIAR ESTAN DENTRO.

Diagrama unitilar: No. 1



Datos:

$$X^{ndT1} = 0.08 \text{ p.u.}$$

$$X^{ndT2} = 4 \text{ p.u.}$$

$$X^{ndGA} = 12.06 \text{ p.u.}$$

$$X^{ndU} = 0.25 \text{ p.u.}$$

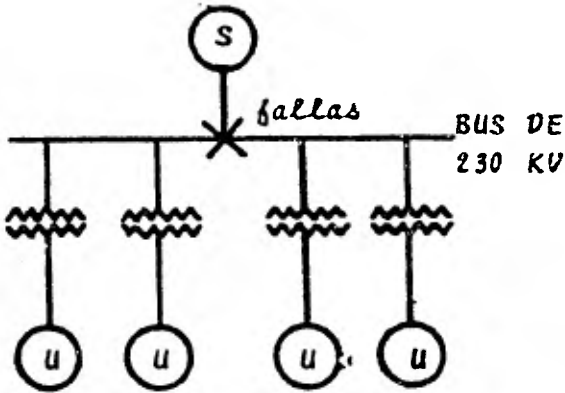
$$X^{ndS} = ?$$

Primero se calculará la impedancia del sistema ( $X^{ndS}$ ), -- considerando unicamente las cuatro unidades generadoras y el sistema en si. Para este cálculo se considera la falla en el bus de 230 KV, donde la capacidad de corto circuito es de 3965.2 MVA.

Este dato se obtiene de la siguiente forma:

En comisión federal de Electricidad existe un Departamento de Ingeniería Preliminar el cual se encarga de realizar los estudios relacionados con la capacidad de corto circuito a través de una computadora -- analógica, simulando de esta forma a la línea de 115 KV la cual va de Malpaso a Mezcalapa en donde se determinó la capacidad de corto circuito de 3968.2 MVAcc

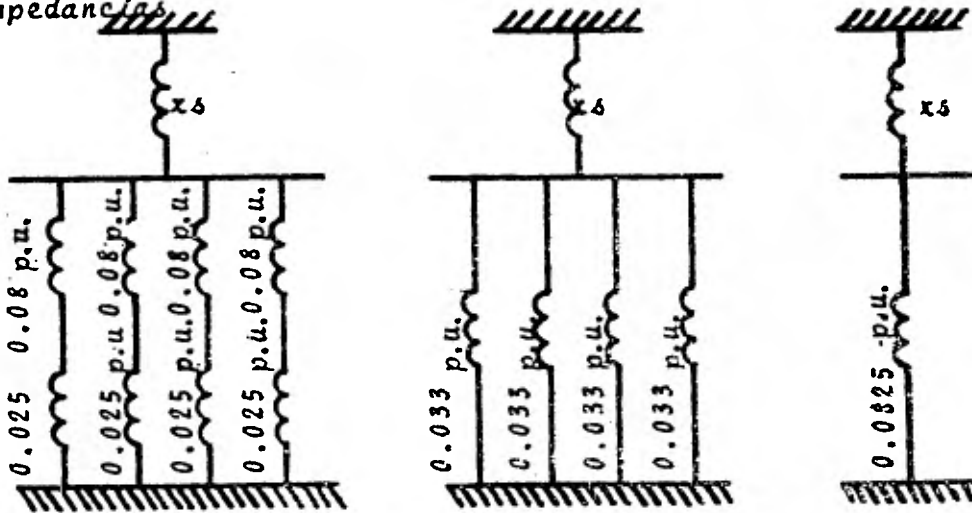
Diagrama unitilar No.2.



Donde los valores de las impedancias son:  
 para cada uno de los transformadores:  
 $x^{\prime\prime}d = 0.08 \text{ p.u}$

para cada una de las unidades:  
 $x^{\prime\prime}d = 0.25 \text{ p.u.}$

Diagrama de Impedancias



De la última reducción del diagrama de impedancias se puede deducir que:

$$Z_t = \frac{0.0825 \cdot Z \cdot X_{\delta}}{0.0825 + X_{\delta}}$$

Despejando  $X_{\delta}$  nos queda :

$$X_{\delta} = \frac{0.0825 \cdot X \cdot Z \cdot t}{0.0825 - Z \cdot t} \text{ ----- ec. (1)}$$

para calcular  $Z_t$  partimos de:

$$I_{amp} = I_{base} \times I_{p.u.} \dots \dots \dots ec. (2).$$

donde:

$$I_{base} = \frac{KVA_{base}}{\sqrt{3} \times KV} \dots \dots \dots ec. (3)$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{base} = \frac{100\ 000}{\sqrt{3} \times 230} = 251.021 \text{ Amp.}$$

También se sabe que:

$$I_{amp} = \frac{KVA_{cc}}{\sqrt{3} \times KV} \dots \dots \dots ec. (4)$$

$$I_{amp} = \frac{3965\ 820}{\sqrt{3} \times 230} = 9955.075 \text{ Amp. cc}$$

Despejando la ec. (2) se tiene

$$I_{p.u.} = \frac{I_{amp}}{I_{base}}$$

$$I_{p.u.} = \frac{9\ 955.075}{251.021} = 39.658$$

Además se sabe que:

$$Z_T = \frac{1}{I_{p.u.}} \dots \dots \dots ec. (5)$$

$$Z_T = \frac{1}{39.658}$$

$$Z_T = 0.02522 \text{ p.u}$$

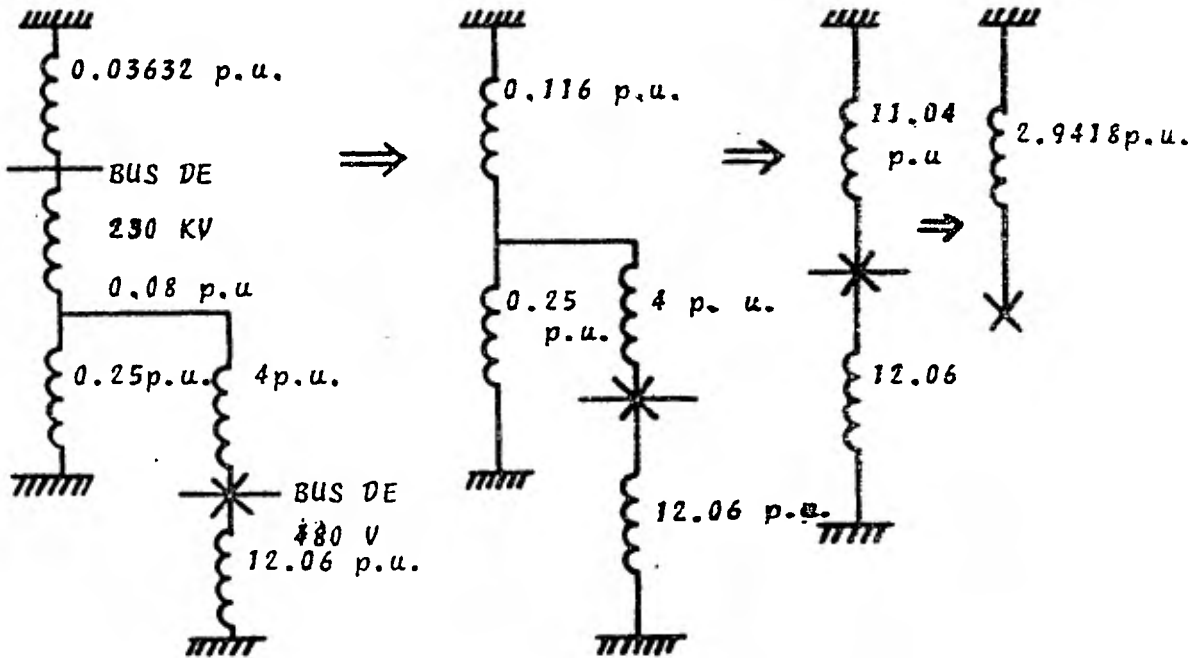
Sustituyendo el valor de la  $Z_T$   n la ec. (1) se tiene:

$$X_{\Delta} = \frac{0.0825 \times 0.02522}{0.0825 + 0.02522}$$

$$\underline{X_{\Delta} = 0.03632 \text{ p.u.}}$$

Una vez calculada la impedancia del sistema, se procederá a calcular la corriente de corto circuito en el bus de 480 V.C.A con el generador auxiliar y la fuente de unidad generadora dentro.

Diagrama de Impedancias No. 2



$$\therefore Z_T = 2.9418 \text{ p.u.}$$

Despejando  $I_{p.u.}$  de la ec [1] se tiene:

$$I_{p.u.} = \frac{1}{Z_T}$$

$$I_{p.u.} = \frac{1}{2.9418} = 0.33992 \text{ p.u}$$

Sustituyendo valores en las ec, [3] y [4] tendremos:

$$I_{base} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \times V} = 120281.3 \text{ Amp.}$$

$$I_{amp} = 120281.3 \times 0.33992 = 40886.87 \text{ amp. s̄im.}$$

En base a que la selecci3n de los interruptores electro---  
magn3ticos se hace en funci3n de la corriente de corto circuito  
y a la corriente nominal. Se proceder3 a calcular esta 3ltima.

$$I_n = \frac{KVA \cdot T2}{\sqrt{3} \times KV}$$

$$I_n = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 0.480} = 1804.219 \text{ Amp.}$$

Por lo tanto los interruptores electromagn3ticos [52] de---  
ber3n estar dise3nados de tal forma que soporten las siguientes-  
capacidades,

$$I_n = 1804.219 \text{ Amp.}$$

### CALCULO DE LA IMPEDANCIA DEL REACTOR

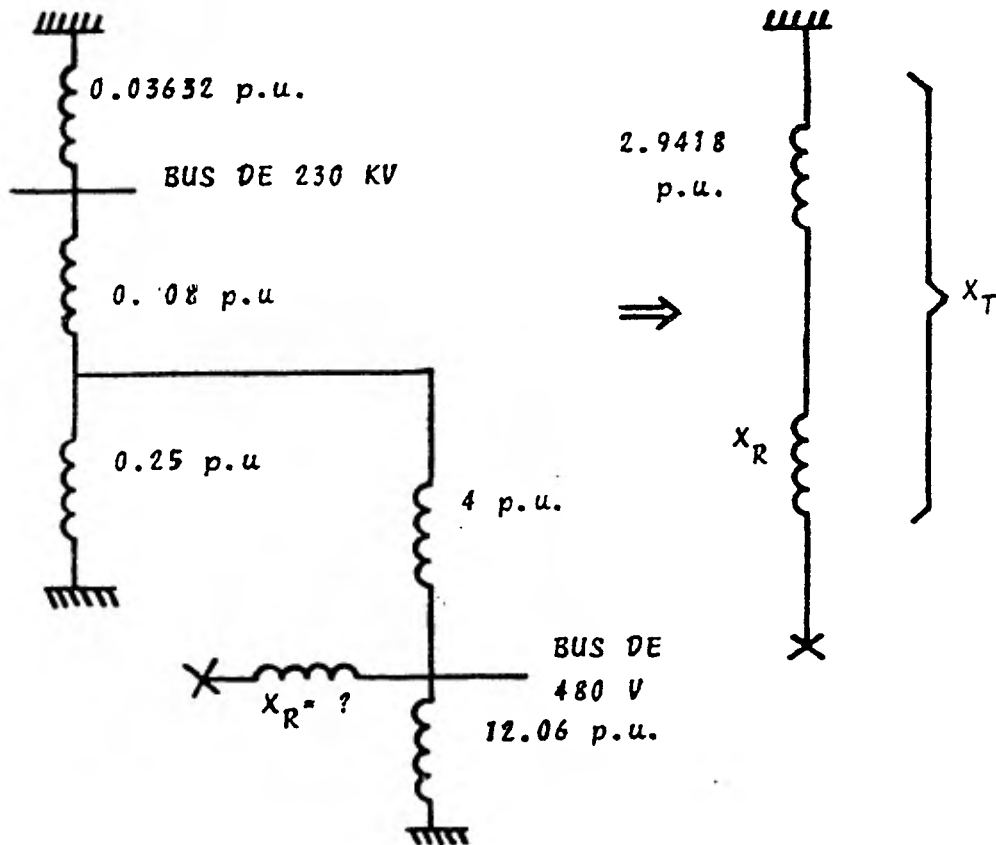
Se cuenta con los siguientes datos:

$$I_{amp} = 14000 \text{ amp.}$$

$$I_{base} = 120281.3 \text{ amp.}$$

$$KV_{base} = 0.480 \text{ V.}$$

Diagrama de impedancias No. 3



$$I_{amp} = 40886.87 \text{ Amp. sim}$$

$$V_n = 480 \text{ V.}$$

Comercialmente los interruptores seleccionados en base a los valores anteriores, tendrán las siguientes características.

$$I_n = 2000 \text{ Amp.}$$

$$I_{amp} = 50000 \text{ Amp. sim.}$$

$$V_n = 480 \text{ V.}$$

### II. 3. - REACTORES.

En el Capítulo I se vió que la función de un reactor es limitar la corriente de corto circuito a bajos valores.

Haciendo referencia al Plano No. 4. Tablero II. J., por --- ejemplo, en base a la corriente de carga más pequeña se selecciona el interruptor termo-magnético eligiendo el que tenga menor capacidad interruptiva, que resulta ser de 30 amp. nominales con una capacidad interruptiva simétrica de 14000 ~~amp.~~ a 480 V.C.A. Por lo tanto el reactor deberá limitar la corriente de corto circuito a 14000 amp. simétricos.

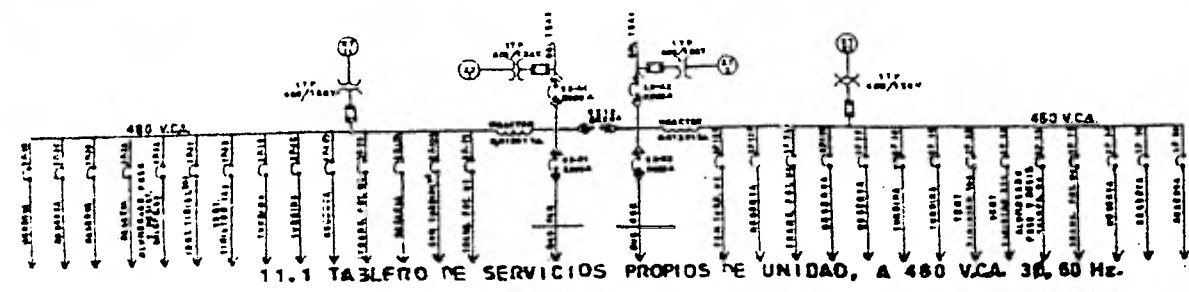
El segundo paso consiste en determinar la impedancia del reactor, como sigue:

La ec. (5) nos dice que:

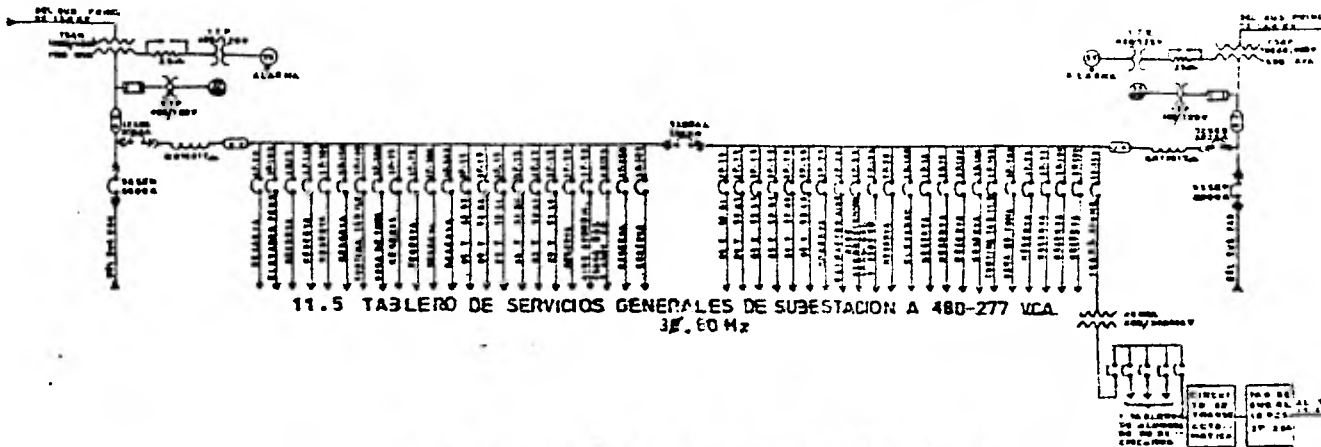
$$Z_T = \frac{1}{I_{p.u.}}$$

Pero como  $Z_T = X_R + 2.9418$

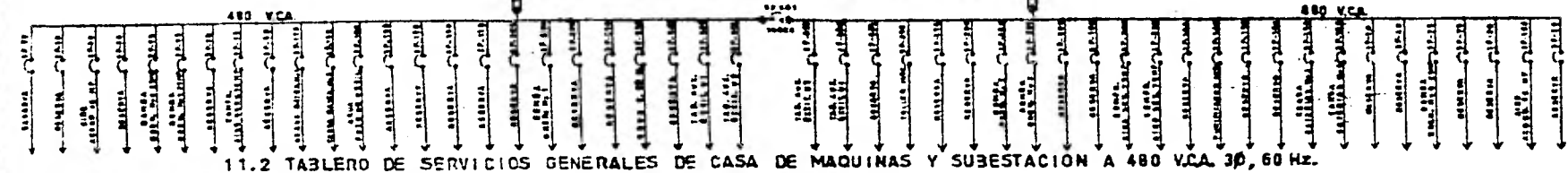
$$X_R + 2.9418 = \frac{1}{I_{p.u.}}$$



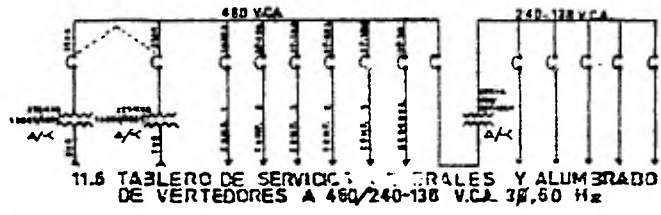
11.1 TABLERO DE SERVICIOS PROPIOS DE UNIDAD, A 480 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.



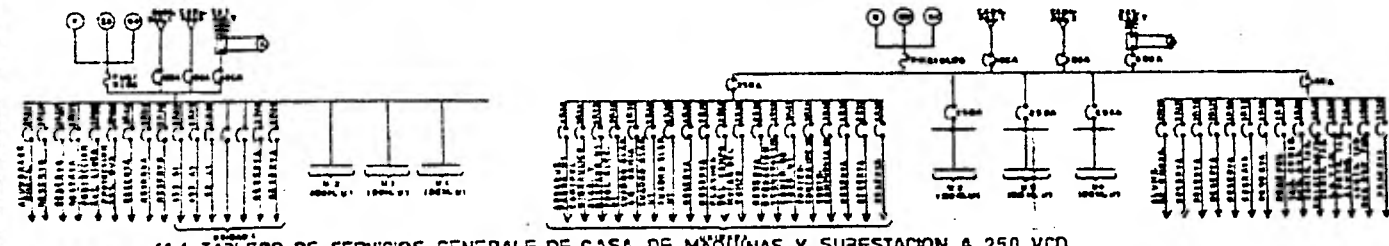
11.5 TABLERO DE SERVICIOS GENERALES DE SUBESTACION A 480-277 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.



11.2 TABLERO DE SERVICIOS GENERALES DE CASA DE MAQUINAS Y SUBESTACION A 480 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.



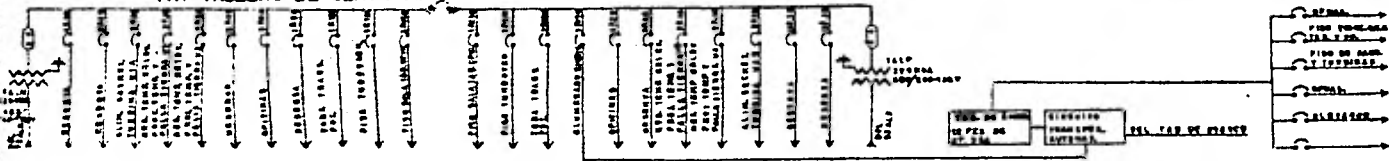
11.5 TABLERO DE SERVICIOS GENERALES Y ALUMBRADO DE VERTEDORES A 480/240-138 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.



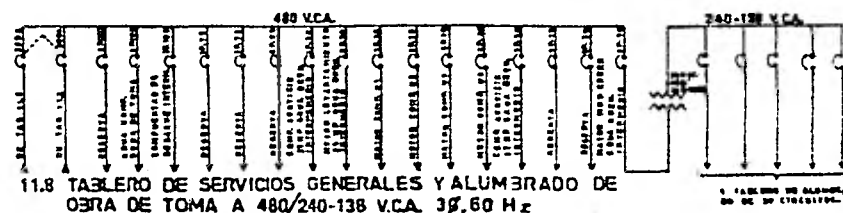
11.4 TABLERO DE SERVICIOS GENERALES DE CASA DE MAQUINAS Y SUBESTACION A 250 VCA.



11.7 TABLERO DE SERVICIOS GENERALES Y ALUMBRADO DE CORTINA A 480/240-138 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.



11.3 TABLERO GENERAL DE ALUMBRADO Y SERVICIOS GENERALES DE CASA DE MAQUINAS A 240-138 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.



11.8 TABLERO DE SERVICIOS GENERALES Y ALUMBRADO DE OBRA DE TOMA A 480/240-138 VCA, 3 $\phi$ , 60 Hz.

PLANO No. 4  
 TITULO: DIAGRAMA ELEMENTAL DE LOS TABLEROS PARA LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA P.H. PENITAS.



Despejando  $X_R$  se tiene:

$$X_R = \frac{1}{I_{p.u.}} = 2.9418$$

Despejando  $I_{p.u.}$  de la ec. (5) y sustituyendo valores se --  
tiene:

$$I_{p.u.} = \frac{I_{amp}}{I_{base}} = \frac{14000}{120281.3}$$

$$I_{p.u.} = 0.11639 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto:

$$X_R = \frac{1}{0.11639} = 2.9418 = 5.65 \text{ p.u.}$$

Para calcular la impedancia en ohms se usa la siguiente ---  
formula:

$$X_{R\Omega} = X_{Rb} \times X_R \text{ p.u.} \text{ ----- ec. (6)}$$

donde

$$X_{Rb} = \frac{KVb \times 10^3}{\sqrt{3} I_b} = \text{----- ec. (7)}$$

$$X_{Rb} = \frac{0.480 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 120281.3}$$

$$X_{Rb} = 0.002304$$

Sustituyendo valores en la ec. (6) se tiene:

$$X_R = 0.002304 \times 5.65$$

$$X_R = \underline{0.013017 \text{ ohms}}$$

Por lo tanto la impedancia del reactor será de ---  
0.013017 ohms.

#### II.4 .- INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Los interruptores termomagnéticos ofrecen protección completa para circuitos de distribución, cuentan con protección para sobrecargas y cortos circuitos.

En el plano No. 4 aparece el equipo que contendrá -- cada tablero, dentro del cual podemos observar a este tipo de -- interruptores, cada uno de ellos tiene especificado su corriente nominal y el tipo de carga a la cual están conectados.

La selección de la corriente nominal de estos interruptores se basa en el valor de la carga a la cual alimentan, y su capacidad interruptiva se determina de acuerdo al valor -- máximo de corriente de corto circuito en la carga correspondiente.

#### II. 5.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.

El transformador es un aparato estático que puede -- transferir energía de un circuito eléctrico de corriente alterna a otro por medios electromagnéticos, pudiendo hacer una -- transformación de voltajes y corrientes entre los circuitos, -- y no habiendo contacto eléctrico entre los dos.

La razón de ser ha sido conforme la Industria Eléctrica fue teniendo un mayor crecimiento, la dificultad de --- trasladar la energía de un lugar a otro fue haciéndose más -- evidente, ya que los circuitos eléctricos trabajaban a base -- de corriente directa y bajo voltaje, la cual los hacía sumamente ineficientes para la transmisión. Se vio entonces la necesidad de elevar el voltaje entre, el centro de generación y -- y las cargas, y básicamente el transformador vino a llenar esta necesidad, junto con el necesario cambio a corriente alterna.

En cualquier circuito eléctrico tendremos por lo menos tres partes fundamentales:

*Circuito de Generación* - Generalmente a un voltaje no muy alto (de 10 a 23KV).

*Circuito de transmisión*. Alto voltaje con el objeto de hacer esta transmisión más eficiente y barata y así poder transmitir la energía a largas distancias ya que generalmente los grandes centros de generación se encuentran alejados de los centros de consumo. Así pues el transformador por sus características es capaz de elevar el voltaje en el centro de generación, para su transmisión.

*Circuito de utilización*. En este circuito el voltaje está a un nivel propio para su utilización ya sea industrial o residencial. De nuevo el transformador es el encargado de reducir el voltaje a su nivel utilizable

Los transformadores que aparecen en los tableros 11.3, 11.4; 11.6, 11.7 y 11.8 son de distribución por tener capacidad de 225 KVA, 45 KVA, 30 y 225 KVA, 30 KVA y 30 KVA respectivamente. Y tensiones en el primario de 480V y en el secundario de 240, 138V, excepto el transformador de 225 KVA del tablero 11.6 el cual tiene una tensión en el primario de 13800V y en el secundario de 480V.

Estos transformadores son del tipo seco, es decir, tienen la ventaja de que el calor generado en su interior por corriente que circula en sus devanados y flujos en sus núcleos, se disipa directamente con el aire. Razón por la cual es recomendable instalarlos en locales donde existan riesgos de incendios o explosiones como resultado de cortos circuitos, falsos contactos, descargas de electricidad estática, etc. Además están diseñados para operar con una sobre elevación de temperatura - en el interior del cobre de 80°C, para un ambiente máximo de 40°C y 30°C de promedio.

## II. 6.- BANCO DE BATERIAS

A fin de tener un abastecimiento de corriente adecuado e ininterrumpido para los aparatos de control remoto, indicadores automáticos, dispositivos de protección y para luz y energía de emergencia, se hace necesaria la instalación de un banco de -- baterías en la planta generadora y en la subestación de energía eléctrica.

La batería tiene la ventaja de poder suministrar -- grandes cantidades de corriente durante periodos cortos y, --- además, almacenar una determinada cantidad de energía eléctrica que esta disponible al instante para el funcionamiento de in-- terruptores de control así como alumbrado y energía de emergen-- cia, cuando ocurre una falla de las demás fuentes de corriente eléctrica. Ambas características son de valor especial en esta aplicación.

El banco de baterías y el cargador están conectados en paralelo a la barra de control en todo momento para abastecer toda la demanda. El cargador, además de cargar el banco de baterías en flotación satisface toda la demanda en condiciones normales de operación.

Está protegido contra sobrecargas dañinas por una característica que transfiere al banco de baterías toda la --- demanda en exceso de la capacidad del cargador.

El banco de baterías suministra prácticamente todas las demandas elevadas de corriente que se necesitan para hacer funcionar a los interruptores del circuito; si falla el suministro de corriente alterna, fusibles fundidos o paro del cargador para conservación, el banco de baterías suministra toda la potencia a la barra de control.

En el tablero 11.4 se dispone de dos bancos de baterías de 250 V.C.D., cada uno capaz de soportar carga completa por un lapso mínimo de 6 horas. Cada banco tiene conectados dos cargadores de baterías capaces de alimentar la carga total de C.D. y simultáneamente cargar.

A continuación doy algunas características de los acumuladores.

El acumulador Plomo - Acido.

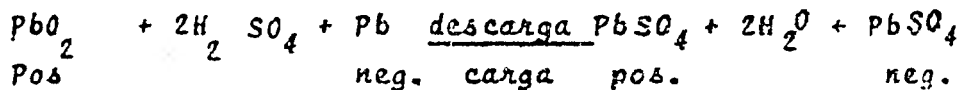
El material activo en este tipo de acumuladores es como lo dice el propio nombre óxido de plomo y ácido sulfúrico. Como soporte para el ácido se utilizan regillas de aleación de plomo-antimonio o de plomo-calcio.

En los tipos con placas positivas tubulares el óxido está contenido en un tubo de plástico.

Existen tres tipos principales de acumuladores --- plomo- ácido:

- a) Acumulador para arranque de automóviles y otros vehículos.
- b) Acumuladores traccionarios para montacargas eléctricas etc.
- c) Acumuladores estacionarios para centrales hidroeléctricas telefónicas, etc.

El proceso químico durante la carga y la descarga - sigue la siguiente fórmula:



Como el electrolito es material activo, la densidad varia

conforme al estado de carga del acumulador los elementos son -- normalmente montados en vasos o monoblocks de vidrio, ebonita - o plástico.

La selección del tipo de acumulador para una cierta finali-  
dad depende de varios factores:

- a) Tipo de aplicación (arranque, transportable, ESTACIONARIA, traccionaria).
- b) Exigencias de seguridad.
- c) Local para la instalación.
- d) Volumen, peso y local disponible
- e) Inversión.
- f) Vida útil en relación a la vida útil del otro equipo.
- g) La necesidad de un mantenimiento periódica.
- h) Tipo de carga necesaria (autodescarga).

Deben tenerse las debidas precauciones en la instalación de los bancos de baterías debido a que tenemos la presencia de gases currosivos, daños por sobrecarga, daños si hay ba-  
ja temperatura.

Datos técnicas para el diseño de un acumulador.

- Tensión nominal por elemento (celda) 2 V
- Tensión media de descarga 5 hs 1.9 V
- Tensión carga de flotación 2.2V
- Tensión carga fuerte 2.4-2.63V

Cundo se selecciona una bateria no es la capacidad nominal la que interesa más sino el desempeño de ésta o sea, el servicio que presta.

Como el caso se trata de regímenes de descarga extremadamente largos y capacidades encima de los 1000 Hh razón por la cual la bateria plomo-acida resulta la más económica.

## C A P I T U L O III

## ASPECTOS ECONOMICOS

Con el fin de tener elementos de juicio para la toma de una decisión en la selección de los tableros de distribución es --- necesario que el proyectista de los tableros solicite la cotización de varios fabricantes, por medio de las especificaciones, - las cuales tienen como fin proporcionar al fabricante los datos suficientes para los tableros.

La construcción del tablero, el alambrado del mismo, todos los aparatos y equipos estarán sujetos a las normas Internacionales NEMA, ANSI Y IEEE de acuerdo a su edición más reciente.

La cotización del fabricante considera el suministro del -- equipo y sus accesorios, incluyendo su diseño, fabricación pruebas y embarque de cada uno de los tableros.

A continuación se da el costo de, cada uno de los mismos.

NUMERO Y NOMBRE DEL TABLERO	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
11.1. Tablero de servicios pro <u>pios</u> de unidad, a 480 -- V.C.A. 3 $\phi$ , 60 H <sub>2</sub>	4	\$ 2,333,604	\$9,334,416
11.2 Tablero de servicios ge <u>nerales</u> de casa de máqui <u>nas</u> y servicios genera-- les de subestación, a -- 480-277V.C.A. 3 $\phi$ , 60 H <sub>2</sub>	1	\$ 4,406,039	\$4,406,039



NUMERO Y NOMBRE DEL TABLERO	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
11.3 Tablero general de alumbrado y servicios generales de casa de máquinas, a 240-138 V.C.A., 3Ø, 60 H <sub>2</sub> .	1	\$ 660.000	\$ 660,000
11.4 Tablero de servicios generales de casa de máquinas y subestación, a 250 V.C.D.	1	\$ 941,541.00	\$ 941,541.00
11.5 Tablero de servicios generales de subestación, - a 480 V.C.A., 3 Ø, 60 H <sub>2</sub>	1	\$ 992,389	\$ 992,389
11.6 Tablero de servicios generales y alumbrado de vertedores, a 480/240 - 138 V.C.A., 3 Ø, 60 H <sub>2</sub>	1	\$ 676,269	\$ 676,269
11.7 Tablero de servicios generales y alumbrado de cortina, a 480/240-138 V.C.A., 3 Ø, 60 H <sub>2</sub> .	1	\$ 150,985	\$ 150,985
11.8 Tablero de servicios generales y alumbrado de obra de toma, a 480/240 138 V.C.A., 3 Ø, 60 H <sub>2</sub>	1	\$ 212,757	\$ 212,757
T O T A L			\$ 17,374,396.00

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con objeto de obtener una buena confiabilidad se diseñó -- el diagrama unifilar, el cual está basado en las siguientes -- características.

- a).- Alimentaciones individuales para auxiliares de máquina.
- b).- Barras de servicios esenciales para la planta divididas con interruptores de enlace.
- c).- Transferencia automática única simple mediante el interruptor de enlace de barras pares y nones, que asegura una mayor continuidad en los Servicios.
- d).- Uso de interruptor de enlace y enlace con cable entre barras nones y pares para evitar pérdida permanente de las dos barras por falla en el interruptor de enlace que contamine ambas barras.
- e).- Alimentación a los servicios locales de la planta -- (vertedor, cortina, campamento) desde la subestación.

Con respecto a las baterías, Estas serán de Jarra de Vidrio y de plomo ácido. Los soportes que se incluyen con ellos deberán diseñarse contra temblor según datos disponibles.

Por otra parte, los buses de fase aislada se solicitarán con barras conductoras de aluminio y cubierta protectora también de aluminio. Dentro del suministro del bus deberá incluirse la derivación y el transformador de servicios propios, se incluirán -- así mismo los transformadores de corriente y potencial que se requieran en las salidas del generador y en los servicios auxiliares.

Dentro de la casa de máquinas debe evitarse el uso de aceite en toda clase de equipos eléctricos y donde no pueda evitarse su uso; deberán tomarse las mayores precauciones para evitar el riesgo de una conflagración generalizada.

La interconexión entre tableros de distribución los cuales se encuentran en casa de Máquinas se sugiere se realicen con -- Electroductos y no con cables debido a la dificultad que presenta conectar de cable a barra, además de lo antiestético.

## B I B L I O G R A F I A

## EL ARTE Y LA CIENCIA DE LA PROTECCION POR RELEVADORES

Autor: C. Russell Mason  
Editorial: C.E.C.S.A. 1980

## ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS

Autor: Gilberto Enriquez Harper.  
Editorial: Limusa 1980

## PLANTAS HIDROELECTRICAS

Autor: Gaudencio Zoppetti Jádez  
Editorial: Gustavo Gili, S. A. 1978

## ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

Autor: William D. Stevenson, Jr.  
Editorial: Ediciones del Castillo, S.A. 1965

ESPECIFICACIONES DE LA TURBINA Y EL GENERADOR PARA LA PLANTA  
HIDROELECTRICA PENITAS. 1981.

## HIDROELECTRICAS DEL RIO GRIJALVA

Autor: C.F.E.  
Editorial: Grijalvo 1980

## PLANTA HIDROELECTRICA MALPASO

Autor: C.F.E. 1976

## CATALOGO COMPENDIADO N° 17 DE INTERRUPTORES

Autor: Sured de México, S. A.

## TRANSFORMADORES PARA ELECTRIFICACION E INDUSTRIA

Autor . Ingenieria Eléctrica Industrial, S.A. 1975

LO MEJOR EN EQUIPO ELECTRICO DE CONTROL Y DISTRIBUCION.

Autor: Federal Pacific Electric de México, S.A., de C.V.  
BATERIAS EXIDE PARA CONTROL DE DISYUNTORES O INTERRUPTORES  
DE LUZ Y ENERGIA DE EMERGENCIA.

Autor: ESB [ Inrnacional Division Industrial] 1972

REDES ELECTRICAS TOMO II

Autor: Jacinto Viqueira Landa.

Et: Representaciones y Servicios de Ingenieria, S.A. 1975