

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

**"DISEÑO ELECTRICO DE UNA TRANSFERENCIA
AUTOMATICA EN ALTA TENSION"**

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización

POTENCIA

Presentada por:

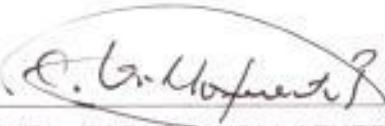
PEDRO INTRIAGO

**GUAYAQUIL - ECUADOR
1995**

DEDICATORIA

No obstante que este trabajo fue producido muy posterior a mi egreso de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, está dedicado a quienes siempre me motivaron a realizarlo, mi esposa y mis hijos.

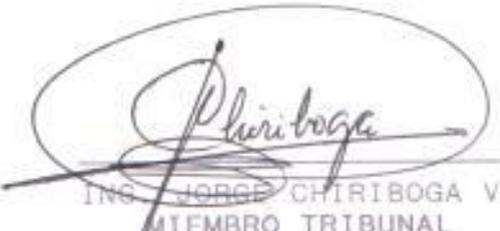
TRIBUNAL



ING. CARLOS VILLAFUERTE P.
DECANO



ING. ALBERTO TAMA F.
PROFESOR SUPERVISOR



ING. JORGE CHIRIBOGA V.
MIEMBRO TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Informe Técnico, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Politécnica del Litoral".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL)



PEDRO INTRIAGO RUIZ

AGRADECIMIENTO

Agradezco :

. La apertura y facilidades que siempre recibí de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, para efectuar este trabajo.

. La paciencia y seguridad que tuvo el Ing. Alberto Tama Franco en creer que a pesar de las varias dificultades surgidas podríamos llegar con éxito a la culminación de esta obra.

. La paciencia de mi Señora Madre.

. La gentileza que tuvo la Gerencia General de INPROEL de proporcionarme personal, y equipos de informática.

TEMARIO

RESUMEN

INDICE

- 1.- ANTECEDENTES
- 2.- GENERACION DE EMERGENCIA
- 3.- SOLUCIONES ALTERNATIVAS
- 4.- FACTOR DE POTENCIA
- 5.- DISEÑO ELECTRICO INTEGRAL

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

RESUMEN

El presente informe técnico, refleja un trabajo realizado por el suscrito en el año 1980 cuando el nuevo Complejo Industrial de Solubles Instantáneos C.A. (SICA) tomó la decisión de buscar la eficiencia en todas sus operaciones, frente al reto que representaba competir con sus productos elaborados en mercados exigentes como el Europeo, Asiático y Norteamericano.

En aquellos momentos, SICA recién estaba organizando su infraestructura de soporte técnico y administrativo, frente a las necesidades que demandaba poner a punto toda su nueva maquinaria diseñada y adquirida fundamentalmente para producir y exportar el café soluble llamado FREZZE DRYED, (liofilizado), cuyo proceso y equipos eran casi único en América Latina y que, junto al tradicional café soluble SPRAY DRYED constituían la carta de presentación frente a excelentes competidores como Colombia y Brasil.

Como responsable del área eléctrica perteneciente al Departamento de Mantenimiento y, luego de continuos análisis realizados en conjunto con ingenieros responsables del área de Producción, se me pidió analice la posibilidad de lograr que la operación del Grupo Generador de Emergencia de SICA (1,25 MVA) atienda simultáneamente a las tres Plantas; a saber Proceso: Spray y Liofilizado, y no únicamente a la última como estaba inicialmente diseñado.

Este último particular, producía ineficencia en la operación emergente y el resultado final era la paralización de la Producción

por cuanto si bien es cierto que el proceso Liofilizado no abortaba (cámaras al vacío), no era menos cierto que, siendo la Planta de Proceso la productora del extracto de café, vapor de agua, agua helada, agua potable, etc., al estar excluida de la Energía Eléctrica Emergente no alimentaba a la Planta de Liofilizado y por ende, no se podía mantener la continuidad en la producción.

El resultado final, fuera de los problemas técnicos de una paralización abrupta, era el incumplimiento de los contratos de exportación, situación que no podía continuar.

Frente a este panorama, se organizó el trabajo de la siguiente manera:

- 1.- Recopilación de la información técnica de los equipos eléctricos existentes y análisis de sus características de operación.
- 2.- Levantamiento de las instalaciones eléctricas existentes y actualización del diagrama unifilar de SICA.
- 3.- Recopilación de datos históricos de operación de SICA con el Generador de Emergencia y sus características Técnicas.
- 4.- Recopilación de datos históricos de operación de SICA con energía de E.E.E.

Con la información antes indicada; se procedía a realizar el estudio correspondiente, a partir del cual se determinó la

capacidad en KVA necesarias para la operación emergente de todo el Complejo Industrial de SICA y como consecuencia se concluyó que el Grupo Generador existente era suficiente para atender dichos requerimientos.

Como el diseño a obtenerse, tenía que ser económicamente aplicable, se hizo mucho énfasis en buscar un proyecto que no fuese demasiado sofisticado, si no mas bien, práctico, sencillo, fácil de instalar y de mantener, en síntesis una combinación de Ciencia y Economía.

Buscando este fin, se encontró que además de obtener un diseño óptimo de transferencia, y que la finalidad de poderle sacar la mayor cantidad de potencia aparente (KVA) al grupo generador, se debería corregir el factor de potencia de SICA, cuyo valor era de alrededor de 0,73 toda vez que SICA ya había sido advertido por parte de E.E.E. respecto de la penalización en las planillas, si no incluía a la brevedad posible el respectivo equipo de compensación de energía reactiva.

Es importante resaltar, que el diseño escogido cumple con las exigencias de versatilidad, seguridad, rapidez de operación y confiabilidad en la instalación. Además, todos los equipos utilizados tienen el respaldo UL y, el diseño e instalación del sistema de Transferencia y Compensación cumplen las normas NEC.

Bibliografía

- 1.- ALEXANDER S. LANGSDORF, Teoría de las Máquinas de Corriente Alterna
- 2.- B. M. WEEDY, Electric Power Systems
- 3.- Máquinas Motrices./Generadores de Energía Eléctrica, Ediciones C.E.A.C.
- 4.- STILL - SISKIND, Elementos de Diseño de Máquinas Eléctricas
- 5.- Capacitores de Potencia, Balmecc S.A.
- 6.- SANGAMO, Switching Controls for Power Factor Correction Capacitors Application Bulletin 1501.
- 7.- Distribution Data Book, General Electric
- 8.- John E. Harder -Capacitor Bank Protection, Westinghouse Electric Corporation
- 9.- Código Eléctrico Nacional (NEC)

I N D I C E

1.- ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES

1.2 DIAGRAMA UNIFILIAR ORIGINAL

1.3 FALLA DE ENERGIA

2.- GENERACION DE EMERGENCIA

2.1 GENERALIDADES

2.2 CURVAS DE CARGA

2.3 FACTOR DE CARGA

2.4 FACTOR DE COINCIDENCIA

2.5 FACTOR DE POTENCIA

2.6 CONCLUSIONES

3.- SOLUCIONES ALTERNATIVAS

3.1 GENERALIDADES

3.2 DISEÑO Nº 1

3.3 DISEÑO Nº 2

3.4 DISEÑO Nº 3

3.5 SELECCION MEJOR ALTERNATIVA

3.6 CONCLUSIONES

4.- FACTOR DE POTENCIA

- 4.1 GENERALIDADES
- 4.2 CONSIDERACIONES
- 4.3 DISEÑO Y OPERACION
- 4.4 CONCLUSIONES

5.- DISEÑO ELECTRICO INTEGRAL

- 5.1 DIAGRAMA UNIFILAR FINAL
- 5.2 ELECCION DE EQUIPOS
- 5.3 CONCLUSIONES

I N D I C E

1.- ANTECEDENTES

1.1	GENERALIDADES	1
1.2	DIAGRAMA UNIFILIAR ORIGINAL	5
1.3	FALLA DE ENERGIA	6

2.- GENERACION DE EMERGENCIA

2.1	GENERALIDADES	9
2.2	CURVAS DE CARGA	16
2.3	FACTOR DE CARGA	24
2.4	FACTOR DE COINCIDENCIA	25
2.5	FACTOR DE POTENCIA	26
2.6	CONCLUSIONES	28

3.- SOLUCIONES ALTERNATIVAS

3.1	GENERALIDADES	33
3.2	DISEÑO Nº 1	35
3.3	DISEÑO Nº 2	42
3.4	DISEÑO Nº 3	49
3.5	SELECCION MEJOR ALTERNATIVA	55
3.6	CONCLUSIONES	56

4.- FACTOR DE POTENCIA

4.1	GENERALIDADES	57
4.2	CONSIDERACIONES	60
4.3	DISEÑO Y OPERACION	74
4.4	CONCLUSIONES	98

5.- DISEÑO ELECTRICO INTEGRAL

5.1	DIAGRAMA UNIFILAR FINAL	99
5.2	ELECCION DE EQUIPOS	101
5.3	CONCLUSIONES	107

1. ANTECEDENTES

1.1 Generalidades

La Compañía SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.(SICA) productora de café soluble posee tres (3) sub-estaciones de distribución eléctrica, en tres Plantas diferentes, cada una de ellas tiene un proceso específico y sus capacidades son:

- I) PLANTA DE PROCESO
3x167KVA;7620/13200Y-120/240V c/u
- II) PLANTA DE SPRAY
3x100KVA;7620/13200Y-120/240V c/u
- III) PLANTA DE LIOFILIZADO
3x500KVA;7620/13200Y-240/480V c/u

Para poder operar y elaborar los productos que de cada una de las plantas se espera, las plantas de Spray y de Leofilizado reciben de la Planta de Proceso, elementos básicos como: agua potable, agua helada, extracto líquido de café, vapor de agua, entre otros a manera de materias primas.

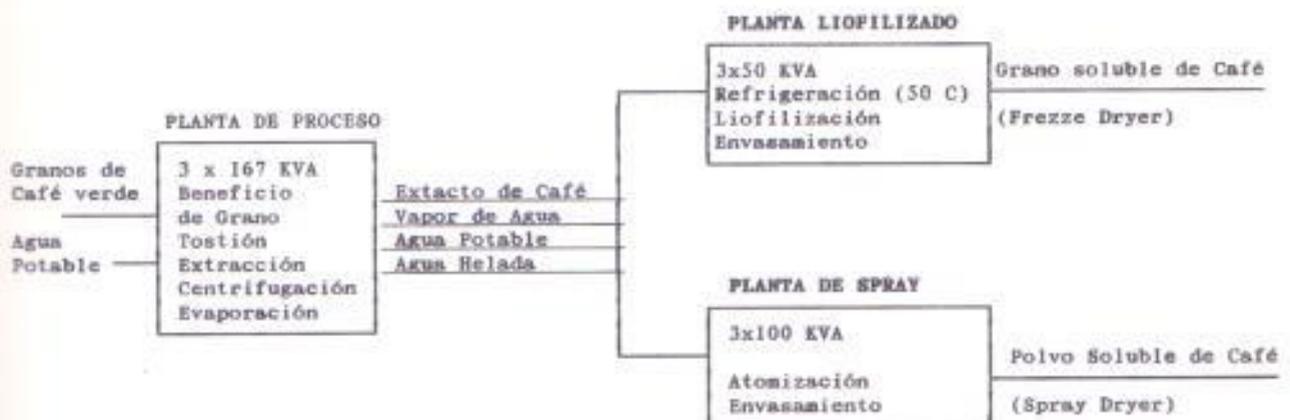


GRAFICO Nº 1

El suministro de energía eléctrica se lo hace a partir de un primario aéreo trifásico en alta tensión conformado por conductores de aluminio desnudo tipo ASC, el mismo que se deriva de la alimentadora de EMELEC ubicada en el Km 2½ de la Avenida C.J. Arosemena de la Ciudad de Guayaquil.

La medición se encuentra ubicada al ingreso del Complejo Industrial SICA y se realiza a nivel de alta tensión con los siguientes equipos:

2 Transformadores de Potencial, uso exterior precisión ANSI 0.3, 110KV BIL, aislamiento 15 KV., relación 70:1, 8400/120V, 60 HZ, tipo seco.

3 Transformadores de Corriente, uso exterior, precisión ANSI 0.3, 110 KV BIL, aislamiento 15 KV., relación 100:5., 60 HZ, tipo seco

1 Medidor de energía activa (KWH) y demanda (KW), trifásico, 4 hilos, Y., 2.5 AMP., 120 vóltios, 60 Hz. clase 20, lectura ciclométrica, tipo socket, 6S, 2½ elementos, $Kr=(\text{constante de registro})$ lectura de energía activa x 350

1 Medidor de energía reactiva (KVARH), trifásico, 4 hilos, Y., 2.5 AMP., 120 volt, 60 Hz. clase 20, tipo socket 6S 2½ elementos $Kr=(\text{constante de registro})$, lectura de energía reactiva (x 350) con su respectivo defasador a 120/240V.

Por lo costoso y delicado del proceso de Liofilizado y, para garantizar el mismo, esta Planta, tenía en forma exclusiva como fuente de emergencia un Grupo Generador a diesel con las siguientes características técnicas:

GENERADOR :

MARCA	:	KATO
KVA CONT	:	1.250
KW CONT	:	1.000
VOLTIOS	:	277/480Y ; 600V DELTA
AMP	:	1.505A-Y ; 1.204A.DELTA
FASES/HILOS	:	3/4
TEMP. RISE	:	70°C
INS. CLASS	:	F
FACT. POT	:	0.80
FRECUENCIA	:	60 Hz

MOTOR DIESEL:

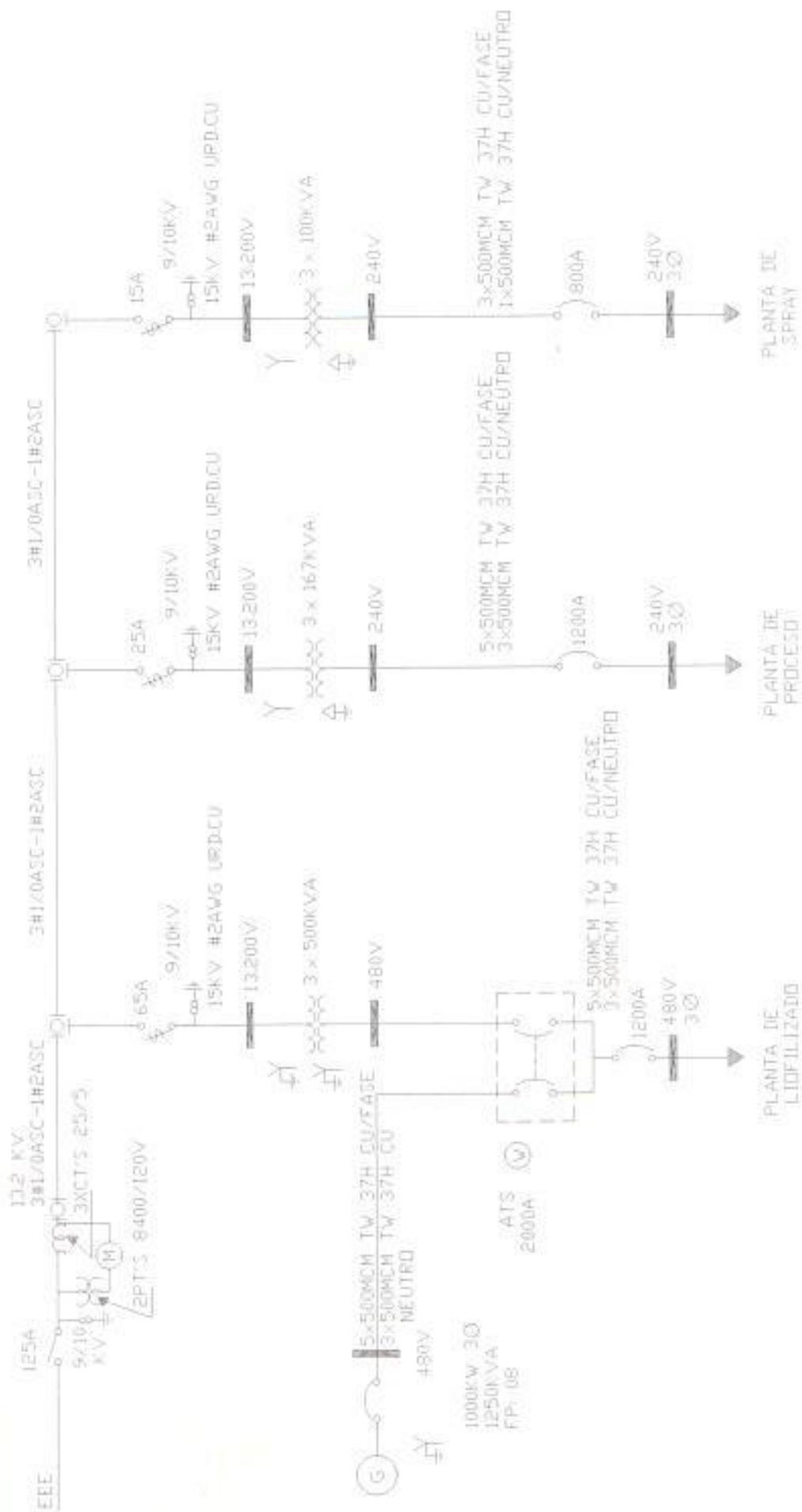
MARCA	:	WAKESA
RPM	:	1.800
SIZE	:	81/2x81/2
GOV. SPEED	:	1.200 1t
TURBOCARGADO		
ENFRIAMIENTO	:	AGUA DE TORRE
MODEL	:	L9752DSIU
CARGA	:	100% EN 5 MINUTOS

Este generador entregaba su energía únicamente a la Planta de Liofilizado a través de un Automatic Transfer Switch (ATS) de las siguientes características:

INTERRUPTOR AUTOMATICO DE TRANSFERENCIA (A.T.S.):

MARCA	:	WESTINGHOUSE
FASES/HILOS	:	3/4
VOLTIOS	:	600 V
AMP. NOMINAL	:	2.000 A
AMP. C.C.	:	2.000 KA
INTERRUPTORES	:	2 (NO AUTOMATICOS) - 2.000 AMP.
OPERACION	:	MANUAL/AUTOMATICO
GABINETE	:	NEMA 12 AUTOSOPORTADO

DIAGRAMA UNIFILAR ORIGINAL



GRAFICO#2

1.3 Falla de Energía

Cuando se presentaba alguna falla en el suministro de la energía eléctrica por parte de EMELEC como son: Fallas de una o más de las tres fases o, variaciones sostenidas de voltaje, el generador de Emergencia entraba en operación en un tiempo máximo de 5 minutos y, mantenía la continuidad del proceso únicamente de la Planta de Liofilizado; pero, como podemos apreciar del Diagrama Unifilar original (GRAFICO Nº 2 numeral 1.2), las otras dos plantas no recibían este servicio y, en muchos casos quedaban con daños graves en sus equipos por la situación presentada.

La Planta de Liofilizado continuaba su operación, es decir, el proceso de Liofilizado no abortaba (2 cámaras al vacío); el producto dentro de las grandes cámaras no se dañaba porque la presión interna no se alteraba pero, la producción se detenía pues los insumos elementales como extracto de café, agua helada, agua potable, vapor de agua, etc., que deberían recibir desde la Planta de Proceso (GRAFICO Nº 1 numeral 1.1) no llegaban porque dicha planta estaba paralizada sin energía eléctrica al no tener energía auxiliar para casos de emergencia como el que nos ocupa.

Además, la Planta de Spray, también paralizaba su producción por falta del fluido eléctrico ya que también

dependía su producción del abastecimiento de los mismos insumos requeridos por parte de la Planta de Proceso.

Podemos añadir que, incluso los servicios básicos como Administración, télex, central telefónica e iluminación de las vías de acceso al Complejo Industrial de Solubles Instantáneos C.A., se veían afectados cuando fallaba el fluido eléctrico de EMELEC puesto que, las oficinas administrativas, la central telefónica y el control de iluminación dependían del suministro de energía de la sub-estación eléctrica de Spray (3x100KVA) que, como sabemos también carecía de energía eléctrica emergente.

La experiencia nos enseña que, toda paralización súbita de procesos industriales por falla de fluido eléctrico trae consigo problemas ocultos y daños posteriores que tienen su origen en este hecho. Para citar pocos ejemplos expondremos los siguientes:

PLANTA DE PROCESO

- * Transportadores horizontales helicoidales y verticales de canguilones para el grano verde, paralizados en pleno funcionamiento con carga:

Los re-arranques súbitos traían consigo que, la correspondiente protección térmica del motor lo saque de servicio debido a la elevada corriente de arranque o, de lo contrario, si aquella no opera satisfacto-

riamente podría quemarse el motor como efectivamente sucedió en algunas ocasiones.

- * Tostadores giratorios helicoidales continuos de café verde que no debe paralizarse súbitamente con carga por más de 5 minutos mientras el equipo está operando normalmente puesto que, de ser así, se inflamaria internamente el producto. Mientras mayor es el tiempo de permanencia del grano de café en el tostador, mayor es la transferencia de calor, y por lo tanto se puede combustionar como efectivamente ocurría en algunos casos.

Se trataba de evitar lo expuesto mediante el accionamiento manual de un motor auxiliar externo a gasolina para que saque dicho producto pero, siempre existía el riesgo que dicho motor no opere cuando se lo requería, situación que también ocurría.

PLANTA DE SPRAY

- * Productos terminados como el polvo instantáneo de café que no pueden mantenerse por más de 10 minutos sin aire acondicionado (deshumificado) en las áreas de producción y llenado de envases porque de lo contrario, se pega en las máquinas y no se puede volver a trabajar sin que antes se limpien todas las áreas de trabajo con la consiguiente pérdida de tiempo y riesgo eléctrico por el lavado con agua potable.

Dependiendo del tiempo de paralización debido a la interrupción del suministro de energía eléctrica por

parte de EMELEC, la situación se complicaba aún más en la Planta de Spray ya que, lavar el café pegado en las paredes del Secador cónico (SPRAY DRYER) tomaba un par de horas.

Por lo anteriormente expuesto, se imponía entonces la necesidad de estudiar la posibilidad de implementar un confiable, práctico, económico y versátil sistema eléctrico de Emergencia que abarque a las tres Plantas de Solubles Sustancias, C.A., con la finalidad de que la Producción prioritariamente y luego la Administración no se paralicen y puedan operar satisfactoriamente evitando importantes pérdidas económicas a la Empresa durante las fallas en el suministro del fluido eléctrico por parte de E.E.E.

2. GENERADOR DE EMERGENCIA

2.1 Generalidades

De acuerdo a la información obtenida durante las operaciones del Generador de Emergencia con el sistema eléctrico actual de SICA, sobresalen los siguientes datos de operación:

DEMANDA MAXIMA	=	250KW
DEMANDA PROMEDIO	=	200KW
TIEMPO PROMEDIO OPERACION	=	3 Horas

De esta información muy general se pueden obtener las siguientes reflexiones.

a.-) CAPACIDAD DEL GENERADOR VS. CARGA ACTUAL

Siendo la capacidad nominal del Grupo Generador de Emergencia, 1000KW a 0,80 de factor de potencia, el consumo de energía eléctrica por parte de Solubles Instantáneos C.A., era aproximadamente el 25% cuando entraba en operación el Generador de Emergencia, ya que, tan sólo atendía a la Planta de Liofilizado la misma que, únicamente consume la energía necesaria para mantener el proceso más no para continuar con la producción.

b.-) CARGA BASICA: LIOFILIZADO

La Planta de Liofilizado (1500KVA), que tiene a su cargo la elaboración del grano soluble de café mediante cámaras al vacío, utiliza durante una Emergencia sólo la energía eléctrica necesaria para el mantenimiento de los siguientes sistemas:

- Iluminación Exterior/Interior
- Refrigeración:

* Mantenimiento 2 cuartos de frío - 50.C
(3,4x5,0x6) Mt.

- * Torres de enfriamiento (5) incluyendo la del generador

- Liofilizado:

- * Mantenimiento sistema de transporte.
- * Mantenimiento sistema de vacío (2 cámaras)
- * Mantenimiento sistema de neumático
- * Mantenimiento sistema de descongelamiento, etc.
- * Mantenimiento sistema de aceite caliente.
- * Mantenimiento sistema de amoníaco.

En el evento de ser atendida desde la Planta de Proceso respecto de los insumos necesarios, puede comenzar a producir, por lo que su demanda de Energía no será mayor de los 398 Kw. promedio.

c.-) CARGA ADICIONAL 1: PROCESO

La Planta de Proceso (501 KVA) que tiene a su cargo la elaboración del extracto líquido de café se divide en las siguientes cargas importantes:

- 1.-) BENEFICIO DE CAFE
- 2.-) EXTRACTO DE CAFE

3.-) TALLERES

4.-) OFICINA DEPARTAMENTO TECNICO

Para efectos de considerar la energía mínima necesaria que demandará durante una falla de energía de E.E.E. se pueden hacer las siguientes reflexiones:

1.-) Beneficio de Café:

Esta Planta posee 4 silos con café verde completamente procesados (limpiado, clasificado y despredado) con una capacidad, cada uno de 2 millones de libras y que, origina una autonomía promedio de 7 días por silo.

Esto significa que se podría prescindir totalmente de esta carga de aproximadamente 30 KW promedio, durante una emergencia, en el evento que los silos tengan el suficiente café verde.

2.-) Proceso del Extracto:

Esta Planta por no ser del tipo "continuo" tiene como característica especial que, en cada etapa de su proceso posea almacenamientos "pulmones" que permitirían durante una emer-

gencia utilizar las máquinas estrictamente necesarias para mantener la producción.

3.-) Talleres:

Esta operación puede suspenderse en caso de necesitarse optimizar al máximo la carga que se aplicará al Generador de Emergencia. A pesar de lo planteado, podría operar sin problemas por cuanto la carga que demanda es muy pequeña; lo que se debería evitar definitivamente es el uso de soldadoras eléctricas de elevada capacidad por cuanto podrían desestabilizar al Generador de Emergencia durante breves períodos.

4.-) Oficina-Departamento Técnico:

Esta carga no afectaría la operación del Generador de Emergencia por cuanto es bastante pequeña. Se debe mantener por ser estratégica durante la operación de todo el sistema.

Con la colaboración del Dpto. de Mantenimiento y la Gerencia de Producción de S.I.C.A. se obtienen los siguientes resultados:

PLANTA PROCESO

< 8 Horas 120 KW promedios

> 8 Horas 170 KW promedios

d.-) CARGA ADICIONAL 2: SPRAY

La Planta de Spray (300KVA) que tiene a su cargo la elaboración del polvo soluble de café mediante el sistema atomizado del extracto líquido que se produce en la Planta de Proceso posee las siguientes cargas importantes:

- 1.-) PROCESO DE SECADO
- 2.-) ENVASAMIENTO
- 2.-) ADMINISTRACION

Para efecto de considerar la energía mínima necesaria que demandará durante una falla de energía de E.E.E. se pueden hacer las siguientes reflexiones:

1.-) Planta de Secado:

Este proceso es continuo y necesita simultáneamente de insumos como vapor, agua helada, aire caliente, extracto líquido, etc., sus máquinas no pueden detenerse por cuanto

abortarían el proceso. Este proceso requiere de 70 KW promedio en condiciones normales de operación.

2.-) Envasamiento:

Esta sección posee bodegas de almacenamiento de productos terminados que permiten autonomía por 5 días. No obstante, el equipo de refrigeración debe operar para mantener limpia el área de trabajo y las máquinas, de lo contrario no se podría reiniciar el trabajo cuando retorne el servicio por parte de E.E.E. Esta sección requiere de 10 KW aproximadamente sin el equipo de refrigeración que requiere de 15 KW. Por lo anterior, se podría prescindir parcialmente de esta área para el caso que el generador de emergencia lo requiera.

3.-) Administración:

Esta carga es muy pequeña (10 KW), y no amerita eliminarla si no mas bien reducirla a 5 KW en el evento que lo demande el Generador de Emergencia. Además, es muy importante mantenerla por ser fundamental en la operación del Sistema.

e.-) EFICIENCIA:

El tiempo que el Generador de Emergencia ha operado desde Abril del 78 hasta el 12 Diciembre de 1982, es de 180 horas. Esto significa que operó durante casi 8 días continuos en un tiempo de aproximadamente 4 años y medio.

Esta reflexión es importante por cuanto nos permite deducir que el Grupo Generador en la probable condición de manejo de toda la carga de S.I.C.A. no operará mas tiempo que el que correspondería con Liofilizado, si no más bien, lo hará eficientemente utilizando cerca de casi el 80% de carga sin perder su condición de fuente emergente.

Considerando, la importancia de su operación, lo costoso del proceso en general y, las pérdidas en sucres por cada hora de paralización, estamos en la obligación técnica de ejecutar el análisis necesario para atender la posibilidad que, este Grupo pueda cubrir la demanda de energía de toda la Planta de Solubles Instantáneos C.A. en el evento de una falla en la energía suministrada por E.E.E.

2.2 Curvas de Carga

Según lo expuesto en el numeral 2.1., es necesario conocer con exactitud el comportamiento del consumo de ener-

gía eléctrica de todo Solubles Instantáneos y de cada una de sus tres Plantas. Para este efecto, se tomaron registros en cada una de las plantas y en los medidores de EMELEC (potencia activa y reactiva) durante un día típico de operación a plena carga con lecturas cada hora. El factor de potencia total fue calculado a partir de las lecturas de KWH, KVARH de EMELEC.

El resultado se lo tabula a continuación: Los valores y las curvas que se logran obtener corresponden a la producción del 8 de Diciembre de 1981.

REPORTE CONSUMO DIARIO DE POTENCIAS

Nombre: SOLUBLES INSTANTANEOS C.A. Comienzo: 08/12/81 16:00 Hrs
 Intervalos: 1 Hora Término : 09/12/81 15:00 Hrs

TIEMPO	KW. LIOF.	KW. PROC.	KW. SPRAY	KW. TOTAL	KVAR. TOTAL	KVA. TOTAL	F.P.
16: 0h	400	300.0	150.00	850.00	1034.00	1338.60	0.635
17: 0h	300	275.0	75.00	650.00	555.90	855.30	0.760
18: 0h	400	150.0	78.75	628.75	504.40	806.10	0.780
19: 0h	350	150.0	90.00	590.00	457.90	746.80	0.790
20: 0h	300	150.0	100.00	550.00	412.50	687.50	0.800
21: 0h	400	137.5	91.25	628.75	504.40	806.10	0.780
22: 0h	400	100.0	87.50	587.50	450.40	734.70	0.790
23: 0h	400	100.0	78.75	578.75	434.00	723.40	0.800
24: 0h	300	150.0	75.00	525.00	380.00	648.10	0.810
1: 0h	400	137.5	78.75	616.25	486.30	785.00	0.785
2: 0h	400	100.0	87.50	587.50	455.96	743.70	0.790
3: 0h	400	100.0	91.25	591.25	458.85	748.40	0.790
4: 0h	300	150.0	100.00	550.00	412.50	648.10	0.800
5: 0h	400	137.5	91.25	628.75	504.40	806.00	0.780
6: 0h	400	100.0	87.50	587.50	471.20	753.00	0.780
7: 0h	400	100.0	78.75	578.75	449.20	732.60	0.790
8: 0h	300	300.0	75.00	675.00	613.40	912.00	0.740
9: 0h	500	275.0	125.00	900.00	1033.00	1370.00	0.65
10: 0h	500	150.0	150.00	800.00	960.50	1250.00	0.640
11: 0h	500	150.0	145.00	795.00	954.30	1242.00	0.640
12: 0h	400	300.0	141.25	841.25	1064.50	1356.80	0.620
13: 0h	450	275.0	137.50	862.50	1120.40	1414.00	0.610
14: 0h	500	150.0	141.25	791.25	949.94	1236.30	0.640
15: 0h	450	150.0	145.00	745.00	870.96	1146.10	0.650
Mayor Diario:	500	300.0	150.00	900.00	1120.40	1500.00	0.810
Menor Diario:	300	100.0	75.00	525.00	380.00	648.10	0.600
Total Diario:	9550	4087.5	2501.25	16138.75	15705.91	22660.00	17.600
Promedio Diario:	398	170.3	104.21	672.41	654.41	944.27	0.717

Las lecturas que se indican reflejan la operación Sistema en un día "tipo" donde operan casi todos los equipos y la Producción se la puede considerar normal.

COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA POTENCIA ACTIVA

PLANTA LIOFILIZADO

— KW. LIOFILIZADO

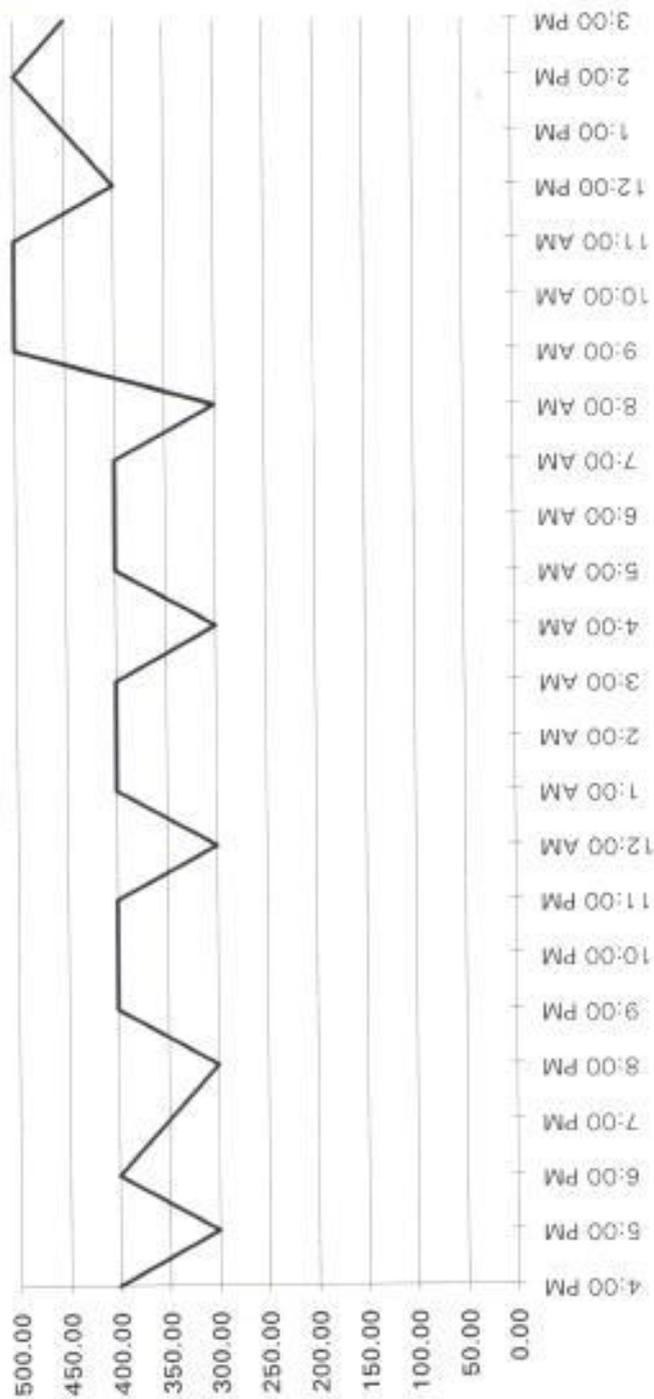


GRAFICO N° 3

COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA POTENCIA ACTIVA

PLANTA PROCESO

--- KW PROCESO

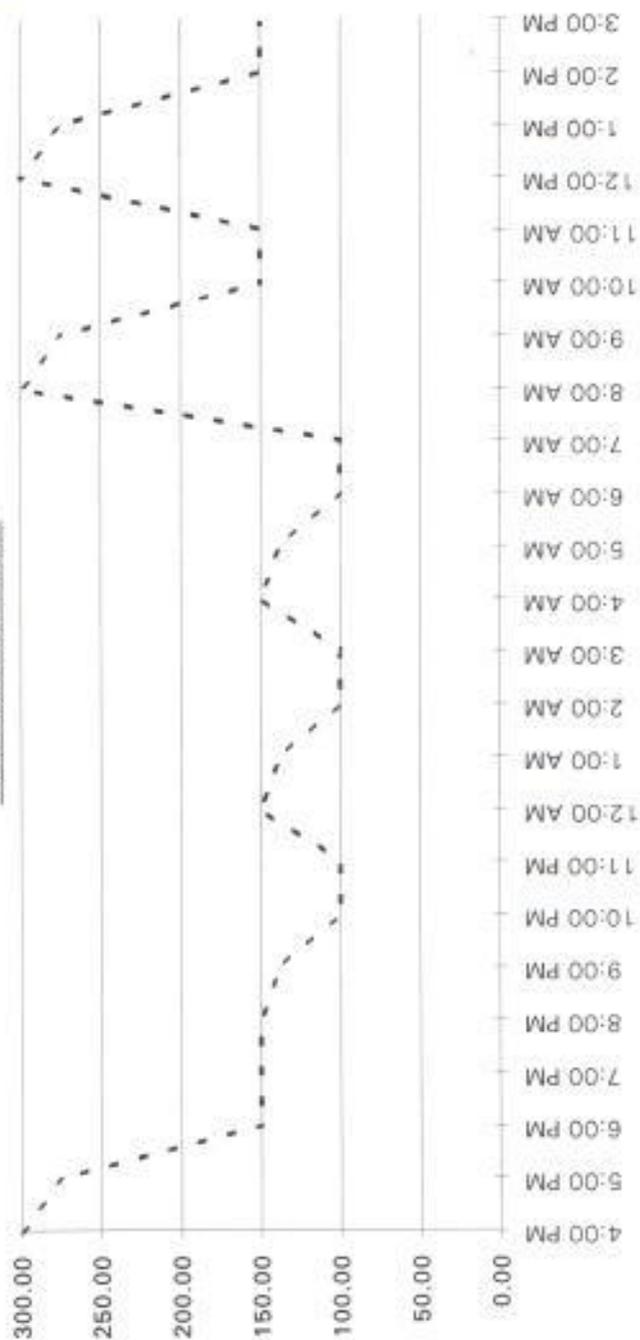


GRAFICO N° 4

COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA POTENCIA ACTIVA

PLANTA SPRAY

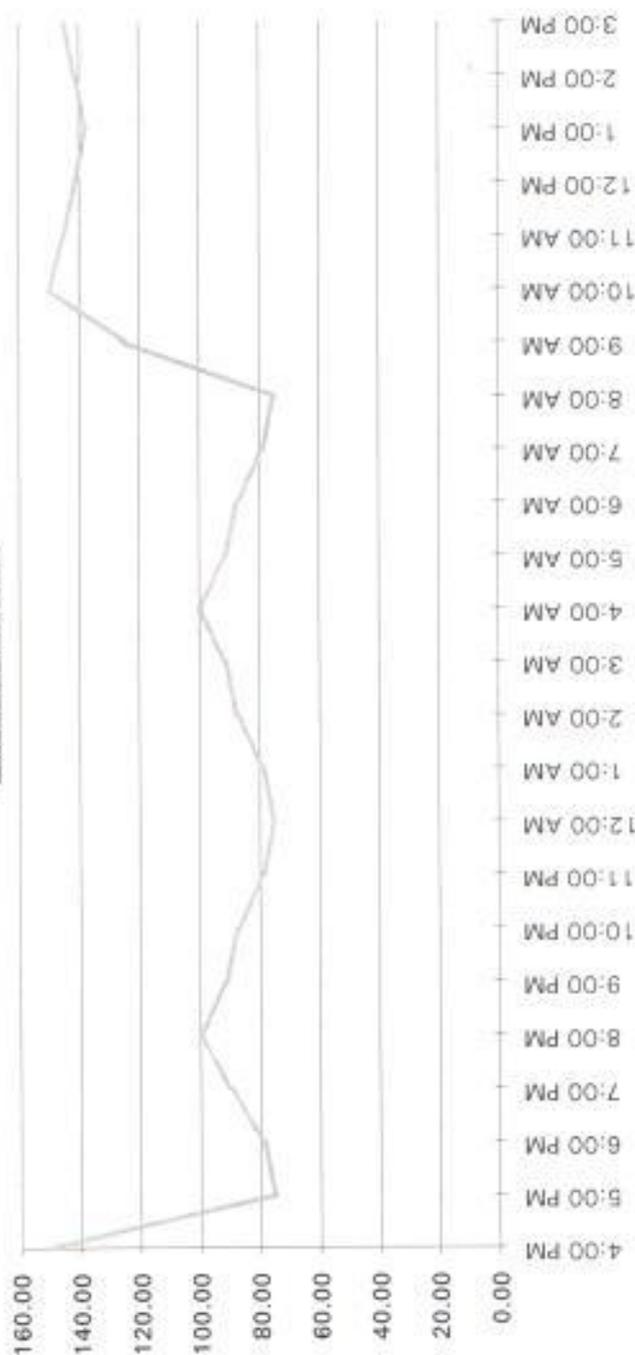


GRAFICO N° 5

CONSUMO DIARIO DE LAS ENERGIAS TOTALES

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

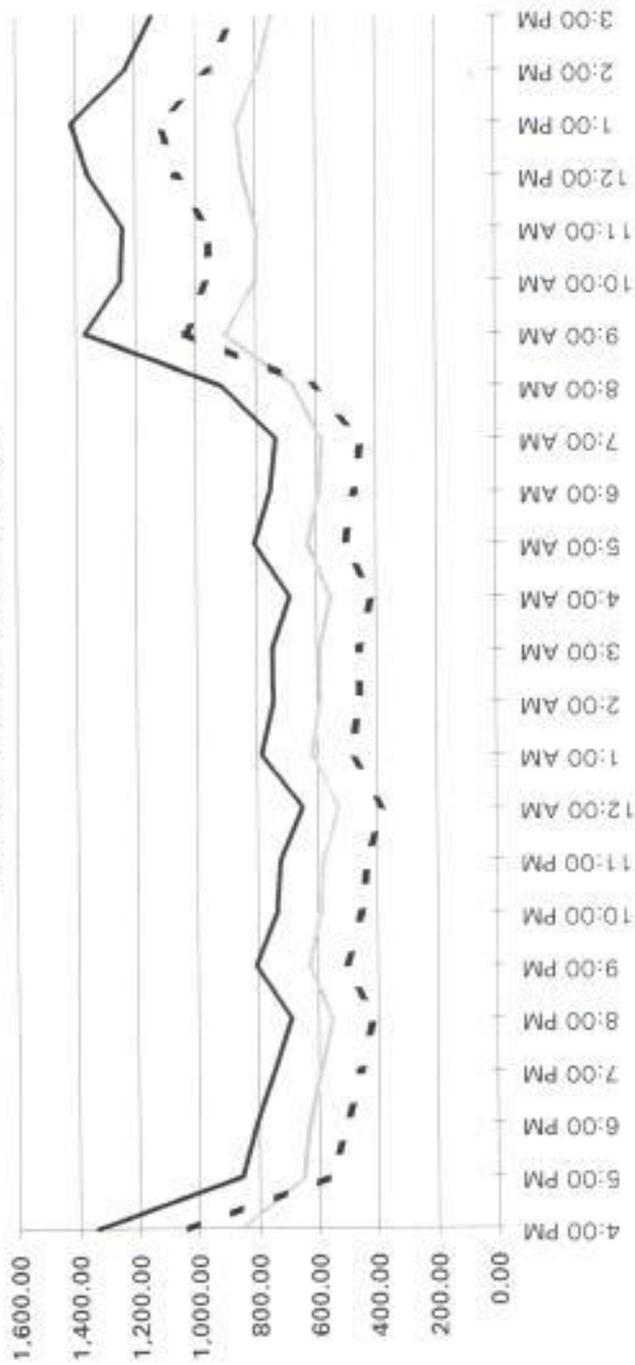
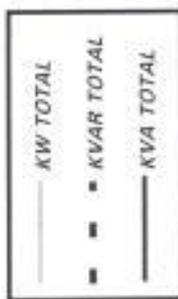


GRAFICO N° 6

VARIACION DEL FACTOR DE POTENCIA

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

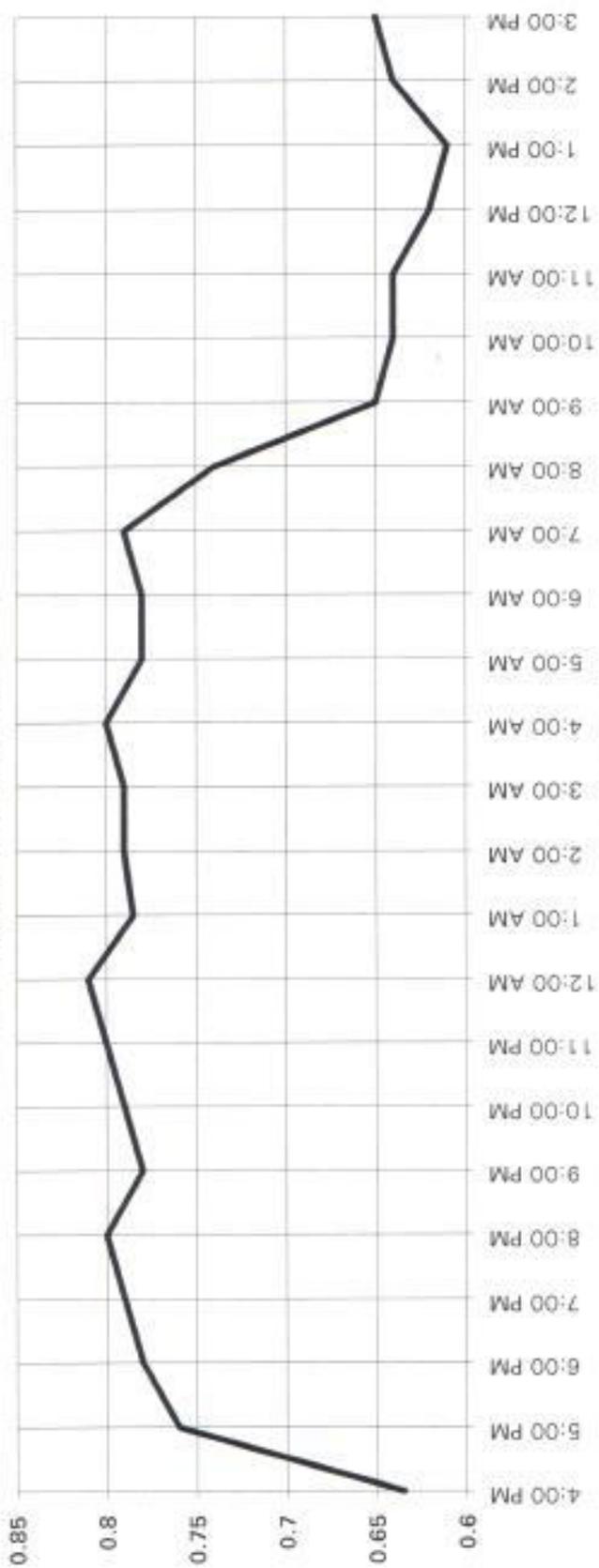


GRAFICO N° 7

2.3 Factor de Carga (F.C.)

Basados en la información suministrada por las curvas de carga (Cap 2.2), podemos utilizar el concepto del factor de carga para conocer la relación existente entre la máxima demanda en un intervalo de integración de 15 minutos respecto del consumo promedio de potencia eléctrica en un día tipo.

Este factor, menor o igual que la unidad, nos permite reforzar nuestra aspiración de autogenerarnos en emergencia a fin de atender todo el consumo de las tres Plantas de Solubles Instantáneos C. A.

DE (Pg.18) podemos calcular:

$D_m =$ Demanda máxima : 900 Kw

$D_p =$ Demanda promedio: 672,41 Kw

$$F.C. = \frac{D_p}{D_m}$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{672,41}{900} = 0.747$$

Este factor nos indica que el Grupo Generador que posee SICA, en condiciones de consumo normal, está en capacidad de atender la demanda de energía eléctrica, no obstante que siendo la condición de Emergencia una situación especial de consumo eléctrico, en donde se puede prescindir de ciertas cargas. Podemos mejorar el factor

de carga, y lograr una operación más segura al reducir el consumo promedio en KW, así:

Según 2.4:

$D_m = \text{Demanda máxima} = 900 \text{ KW}$

$D_p = \text{Demanda promedio} = 578 \text{ KW}$

$\text{Factor de carga} = \frac{578}{900} = 0,642$

2.4 Factor de Coincidencia (F.c.).

Con la finalidad de obtener el perfil del comportamiento de la carga eléctrica de cada una de las tres plantas de Solubles Instantáneos, respecto del consumo global de energía, utilizamos el concepto del factor de coincidencia, es decir:

F.c. = factor de coincidencia (<1)

$D_i = \text{demanda máxima en un período determinado de la Planta } i \text{ de SICA (KW)}$

$D_e = \text{demanda máxima en un mismo período de } D_i \text{ de toda la Planta de SICA en el punto de medición de E.E.E. (KW), por concepto:}$

D_e

$F_c = \frac{D_e}{D(\text{Spray})+D(\text{Proceso})+D(\text{Liofilizado})+ \dots D_i}$

$$F_c = \frac{900}{150 + 300 + 500} = \frac{900}{950} = 0,947$$

Este valor obtenido significa que aún en las condiciones de máxima demanda de potencia en cada una de las plantas de SICA, no se superará el valor de la demanda máxima registrada en el medidor de SICA. Lo contrario nos llevaría a analizar la posibilidad de que en algún momento dado, exista una demanda mayor que la registrada como máxima en el Cáp. 2.2. (900Kw) en el punto de medición de E.E.E. y, que corresponde al instante en que simultáneamente Spray, Proceso y Liofilizado aporten con sus máximas demandas. El factor de coincidencia nos indica que eso no sucederá.

2.5 Factor de Potencia

La Planta industrial de Solubles Instantáneos no contaba hasta el inicio del presente proyecto con algún equipo eléctrico de compensación fija o automática por el uso excesivo de energía reactiva.

Entre los motivos que originaban este hecho, era la falta de regulaciones por parte de la Empresa Eléctrica del Ecuador para exigir que todas las industrias de la ciudad mantengan el factor de potencia entre márgenes técnica-

mente aceptables (0.8 a 0.85). Se vivía una época de bonanza económica en donde se permitía este tipo de situaciones.

Casi simultáneamente entre la vigencia de una nueva disposición de Empresa Eléctrica del Ecuador sobre el factor de potencia mínimo que debería tener una Industria, se inició el desarrollo del presente trabajo y, no obstante que inicialmente no se consideraba importante este hecho, al analizar las condiciones necesarias que deberían reunir el Sistema para que durante una salida súbita de Empresa Eléctrica del Ecuador se pueda aprovechar al máximo la capacidad del Generador, se concluyó que el factor de potencia de Solubles Instantáneo debía estar lo más cercano a 0.95, ó, por lo menos sobre los 0.8 que exige el Grupo Generador como dato de la placa.

Luego del análisis de las curvas de carga (Cáp. 2.2.), así como del régimen de trabajo que de ellas se obtiene, es evidente que el factor de potencia de SICA deba ser bajo, porque siendo Liofilizado la Planta de mayor consumo eléctrico, posee en su sección de Refrigeración una capacidad instalada en compresores sobre los 1500HP a 480V. Es aquí donde se desarrollan más reactivos por cuanto la energía eléctrica aplicada a los motores no es transformada en el 100% en energía térmica (frío) en todo instante, sino que sólo se utiliza de los compresores la energía térmica necesaria para mantener una temperatura de congelación determinada.

2.6 Conclusiones

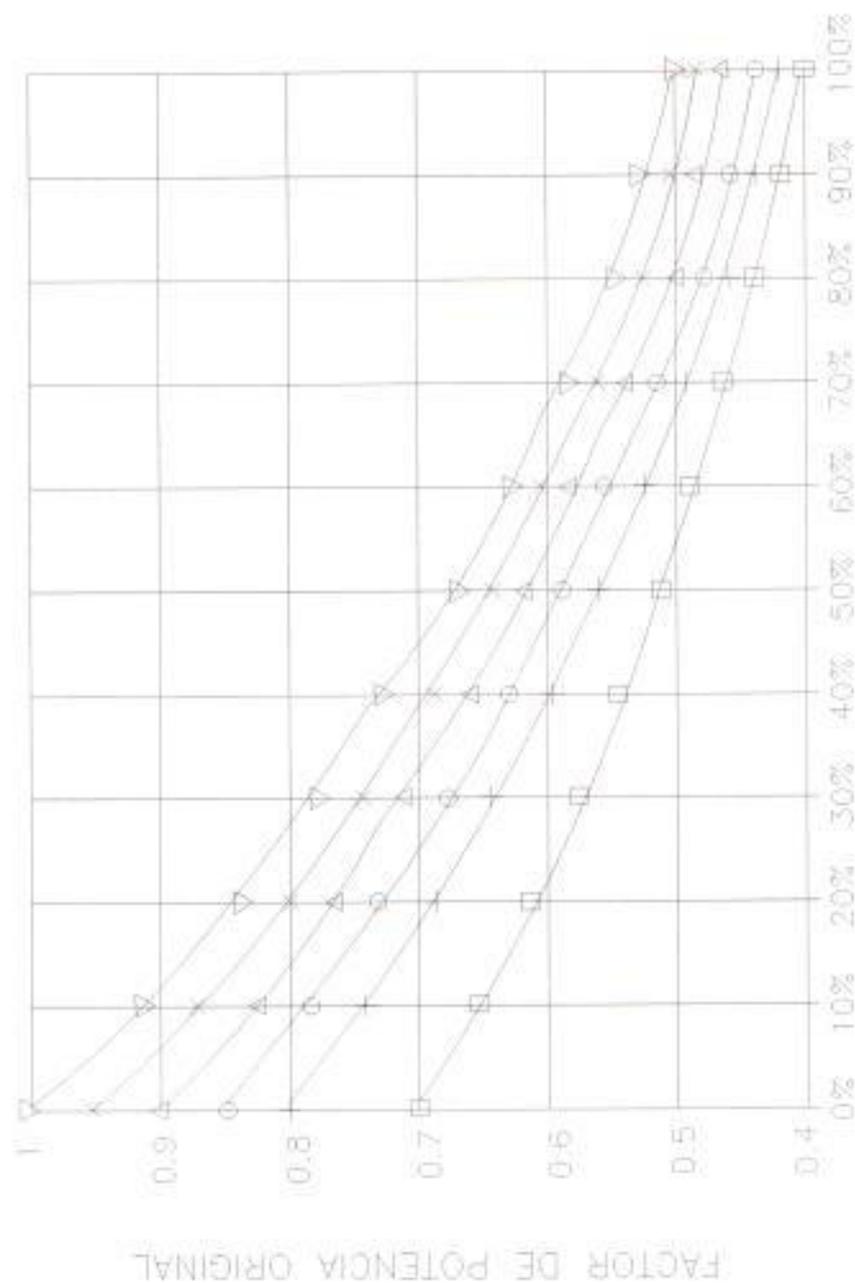
Por lo expuesto, en los numerales anteriores del presente capítulo podemos sacar las siguientes conclusiones:

a.- Considerando que la demanda promedio de Solubles Instantáneos es de 672,44Kw a 0.717 de factor de Potencia, significa por lo tanto que el Generador de Emergencia está en capacidad de atender al 100%, todas las tres Plantas (Spray, Proceso y Liofilizado). Este promedio podría bajar si se llevan a cabo las restricciones de carga que se plantearon en el Cap. 2.1., es decir:

	<u>NORMAL</u>		<u>RESTRICCION</u>
KW LIOF	= 398 KW	=	398KW
KW PROCESO	= 170,2KW - (50+30)	=	90KW
KW SPRAY	= <u>140,2KW</u> - 15KW	=	<u>90KW</u>
	672,4KW		578KW

b.- Es indudable que se necesita mejorar el factor de potencia de las cargas de S.I.C.A. por cuanto 0,717F.P promedio es bajo (ver gráfico No. 28) y, además se le estaría disminuyendo la capacidad en KW que puede entregar el Grupo Generador (1.000 KW

VARIACION DEL FACTOR DE POTENCIA VS
LA CAPACIDAD DISPONIBLE EN KVA DEL SISTEMA



KVA DISPONIBLE EN EL SISTEMA (% DE KW)

- FP=0.70
- △ FP=0.90
- + FP=0.80
- x FP=0.95
- FP=0.85
- ▽ FP=1.00

GRAFICO#8

a 0,8 F.P.), No podría haber un óptimo Sistema de Transferencia del Generador para toda las Plantas de S.I.C.A. si no se incluye el mejoramiento del factor de potencia a por lo menos 0.9; no debemos olvidar el gasto mensual en que incurriría S.I.C.A. por la penalización al tener factor de potencia.

- c.- El análisis de las curvas de carga refleja la posibilidad de re-programar la operación de las diversas máquinas que integran un proceso específico; concretamente se podrían trasladar ciertas cargas para que operen entre 4 pm y las 8am en lugar de 8am hasta 4pm. Esta reflexión se plantea considerando las "reservas pulmones" que se tienen en ciertas secciones del proceso y que se mencionan en los literales d y e del numeral 2.1.

Este control de cargas nos llevaría a reducir aún mas la demanda promedio y por consiguiente la demanda máxima pero, esta operación escapa del alcance del presente trabajo pues, debe ser el fruto de un trabajo coordinado entre la Gerencia General, Adquisiciones, Producción y Mantenimiento.

- d.- Como el Generador de Emergencia no es una barra infinita, los arranques de máquinas grandes como compresores de refrigeración como Reciprocantes (4x100HP), Boosters (4x75 HP), así como de ventiladores de alta inercia (30 HP a 480V o 20HP a

240V), deberán programarse evitando la simultaneidad de carga, de lo contrario, podría ocurrir por breves lapsos "flickers" o inestabilidad del sistema que se traduce visualmente en el apagado de luminarias fluorescentes de mercurio, sodio y en la desxonexión súbita de máquinas energizadas mediante contactores con el sistema de energización de la bobina utilizando un contacto auxiliar propio.

e.- Durante períodos de mantenimiento o similares donde la carga industrial prácticamente es cero, se deberá desconectar el sistema automático de transferencia por cuanto en el evento de una falla en el suministro de energía por parte de E.E.E., el Generador de Emergencia no debería operar con poca carga según lo expuesto en el literal b) del subcapítulo 2.1.

f.- Bajo ningún concepto se podrá utilizar el Generador de Emergencia para iniciar simultáneamente el arranque de las tres plantas de S.I.C.A. luego de una paralización prolongada. De la información suministrada por curvas de carga (2.2), si hay que utilizarlo, únicamente deberá ser por etapas, es decir primero Liofilizado, luego Proceso y finalmente Spray en su orden.

El exceso de KVA'S instalado (3x100; 3x167; 3x333) en cada una de las tres Plantas respecto de su consumo promedio, tiene que ver mucho con la energía necesaria para el arranque de cada una de ellas, especialmente con Liofilizado.

Como referencia se indicará a continuación el tiempo que toma cada Planta de S.I.C.A. para estabilizar sus cargas luego de una paralización prolongada. Obviamente, las demandas promedio y máxima serán más elevadas durante el arranque.

LIOFILIZADO	=	72 horas
PROCESO	=	24 horas
SPRAY	=	12 horas

3. SOLUCIONES ALTERNATIVAS

3.1 Generalidades

Respecto a lo tratado en los capítulos anteriores podemos resumir a continuación las características principales que debe reunir el Sistema Eléctrico de Transferencia para permitir que el Grupo Generador de Emergencia supla de energía eléctrica a todas las plantas de S.I.C.A. durante una falla de E.E.E.

- 1.-) Sencillo, práctico y seguro.
- 2.-) Que se pueda implementar en el plazo más corto.
- 3.-) Que no incluya demasiados elementos electromecánicos sujetos de mantenimiento.
- 4.-) Que su mantenimiento sea mínimo.
- 5.-) Que minimice en lo posible la intervención humana.
- 6.-) Que aproveche al máximo los elementos existentes en el Sistema actual.
- 7.-) Confiabilidad, para no arriesgar la operación de Liofilizado que como sabemos produce pérdidas importantes en su paralización por falla de energía eléctrica.

8.-) Costo aceptable y consecuente con los numerales anteriores.

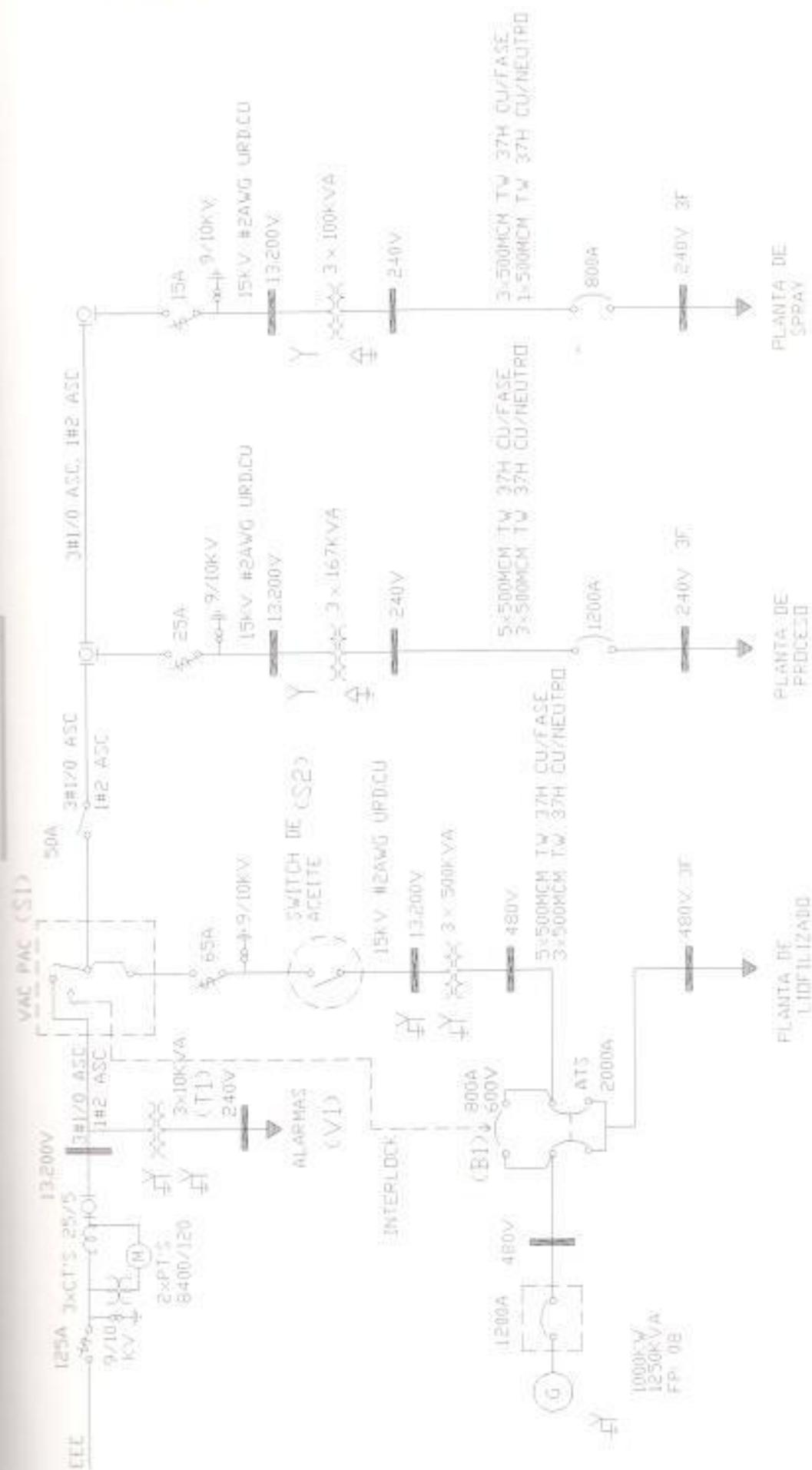
9.-) Que tenga presente que 7 minutos es el tiempo máximo que puede permanecer la Planta de Liofilizado sin energía eléctrica y no producir grandes pérdidas económicas.

3.2 Diseño N° 1

Para comprender este diseño primero presentaremos el respectivo diagrama unifilar.

3.2.1. Diagrama Unifilar Alternativa N°1.

ALTERNATIVA #1



GRAFICO#9

3.2.2 Elementos Adicionales

- S1: Interruptor Tripolar en vacío 200A, 15KV nominal, 60 HZ, dos posiciones (OFF-ON), operación simultánea hidráulica, con energía almacenada, uso interior en gabinete NEMA 12, con panel de control automático.
- S2: Interruptor Tripolar en aceite, 200A, 15KV nominal, operación manual simultáneo, uso exterior en piso.
- B1: Interruptor en aire termomagnético, 800A, 3P 600V, 60HZ con contactos auxiliares para alarma, uso interior, montaje en gabinete metálico NEMA1.
- T1: Banco de Transformadores de distribución convencionales 7620/13200V- 120/240V, de 10KVA, montaje en poste para uso exclusivo de alarmas.
- V1: Varios elementos de control y alarma.

3.2.3 Operación Normal

En condiciones normales S1 y S2; están normalmente abiertos (OFF). La energía eléctrica fluye desde E.E.E. y se distribuye a cada Planta pasando por sus respectivos bancos de transformadores.

El panel de control-alarma indica que las tres fases de E.E.E. están presentes. En el evento que algún operador imprudente intente operar (cerrar) B1, esto no sucederá por cuanto mecánicamente está bloqueada por la señal que recibe de S1 con quien son opuestas en operación.

3.2.4 Operación Emergente

Cuando existe ausencia de una o más fases, el panel de control indicará visualmente esta anomalía.

En este momento el operador designado esperará un tiempo acordado para el evento que E.E.E. se regrese; en caso de persistir la falla, el Generador de Emergencia arrancará y dará servicio a la Planta de Liofilizado a través del ATS en un tiempo máximo de 6 minutos.

Una vez que se haya normalizado la operación de Planta de Liofilizado, el operador pulsará el botón OFF del panel de alarma T1 para sacar de servicio S1 para

luego, acceder a B1 y cerrarlo. Esta última operación es posible por cuanto ya no existe el bloqueo de S1 ya que está en OFF.

En caso de existir alguna novedad atribuible al sistema en alta tensión este diseño tiene previsto la operación manual del S2 para sacar de servicio las Plantas de Spray y Proceso y permitir únicamente la operación de Liofilizado a través del Generador de Emergencia. Esta opción existe por cuanto en esta Planta los costos de paralización son muy onerosos.

3.2.5 Costos (año 1981)

1.-) Equipos Importación (S1 + B1 + S2 + T1)	U.S. \$ 25.000
2.-) Mano de Obra	U.S. \$ 2.000
3.-) Dirección Técnica	U.S. \$ 2.500
4.-) Material Local	U.S. \$ 10.000
5.-) Operador (1 año)	U.S. \$ 2.000
6.-) Obras civiles, aceite y varios S.I.C.A.	U.S. \$ 2.000
TOTAL	U.S. \$ 43.500

3.2.6 Ventajas

- 1.-) Seguridad
- 2.-) Versatilidad, porque en el caso de alguna eventualidad durante una Emergencia se pueden eliminar las Plantas de Proceso y Spray permitiendo la operación únicamente de Liofilizado (S2).
- 3.-) Utiliza todo los elementos eléctricos existentes del Sistema Original.

3.2.7 Desventajas

- 1.-) Se incluyen muchos elementos: 3 electromecánicos (S1+S2+B1), 3 estáticos (T1) y tablero de control de alarma.
- 2.-) Este sistema funciona únicamente con la intervención del operador quien debe tomar importantes decisiones antes, durante y después de la falla, los 365 días del año.
- 3.-) El tiempo de instalación y pruebas es de 7 días (4 días de paralización de la Producción).
- 4.-) Existen muchos bloqueos mecánicos y eléctricos.

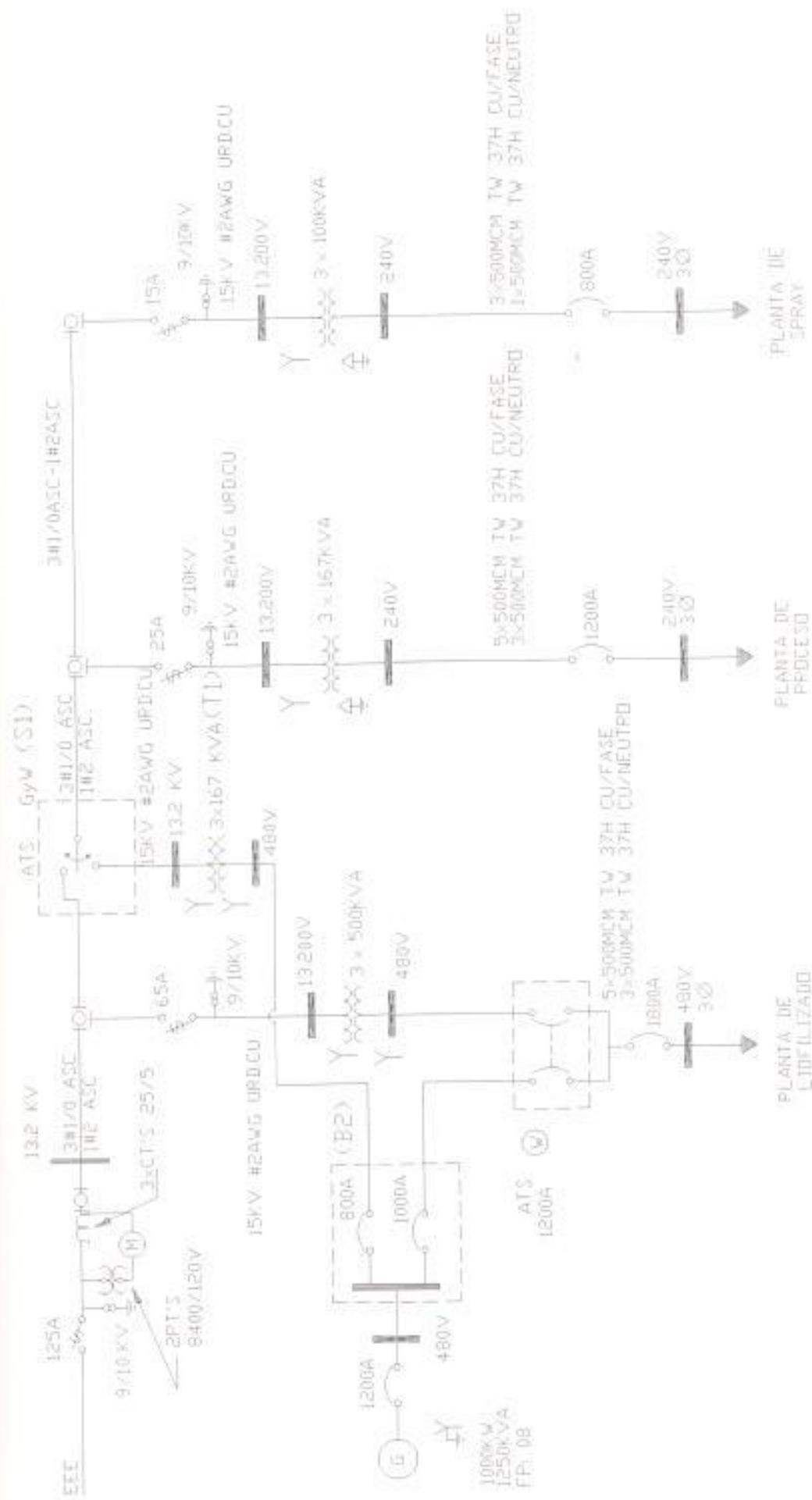
- 5.-) La transición de Emergencia a Normal es notoria y no simultánea e implica desenergizar todas las Plantas de S.I.C.A. por breves momentos y por ende paralizar la producción.
- 6.-) La instalación S1 y S2 es compleja e involucra obras civiles importantes.
- 7.-) Existen demasiados cortes en alta tensión, así con cajas fusibles, empalmes, conexiones, etc.
- 8.-) Se complica la protección.
- 9.-) La conexión Y-Y del banco auxiliar de 3x10 KVA, no es la mas segura e involucra hallar buena tierra para tener una conexión firme y segura.

3.3 Diseño Nº 2

Para entender este diseño, primero presentamos el respectivo diagrama unifilar.

3.3.1 Diagrama Unifilar Alternativa Nº 2

ALTERNATIVA #2



GRAFICO#10

3.3.2 Elementos Adicionales

- S1: Interruptor Tripolar en aceite, 400AMP, 15KV nominal, 60HZ, operación manual, 2 posiciones, uso exterior en piso.
- B2: Interruptor en aire ternomagnético, 800A, 25KA, 3P, 600V, uso convencional, interior, útil para montaje en gabinete metálico NEMA 12.
- T1: Banco de Transformadores de distribución (3) convencionales, 7620/13200Y- 120/240V, de 167KVA c/u, montaje en piso.

3.3.3 Operación Normal

En condiciones normales S1 está en la posición N, además B1 está normalmente abierto.

La energía eléctrica fluye desde E.E.E., y llega a una derivación tipo T., por un lado entra directamente a nivel 13.2 KV a los transformadores de la Planta de Liofilizado; por el otro lado llega a la posición N de S1 y de aquí a través de C de S1, se dirige a los transformadores de la Planta y Spray.

3.3.4 Operación Emergente

Este diseño basa su concepción de la existencia de alguna falla en el suministro de energía eléctrica mediante la sensación visual del operador y, de la operación automática que efectúa el Generador de Emergencia para atender las necesidades de la Planta de Liofilizado.

Cuando lo anterior ocurre y se encuentra estabilizado el Proceso de Liofilizado, el operador designado deberá conectar manualmente el breaker de 800 A; luego, deberá ir al patio de maniobra para operar manualmente el S1 para así poder dar energía eléctrica a la Planta de Proceso y Spray.

El operador deberá estar atento cuando regrese la energía de E.E.E., para proceder inversamente a lo explicado en el párrafo anterior. Obviamente que, cuando regrese E.E.E., y opere el sistema automático del Generador y del ATS, de Liofilizado, las Plantas de Proceso y Spray se quedarán totalmente sin energía durante el tiempo que le tome al operador de conectar manualmente el breaker de 800A y cambiar manualmente a la posición N el interruptor S1.

En caso de existir alguna novedad atribuirle al sistema en alta tensión, este diseño también tiene previsto la operación manual del B1 para sacar de

servicio (OFF) las Planta de Spray y, Proceso y dejar en operación únicamente Liofilizado.

3.3.5 Costos (año 1981)

1.-) Equipos Importación (S1 + T1)	U.S. \$ 21.000
2.-) Mano de Obra	U.S. \$ 3.000
3.-) Dirección Técnica	U.S. \$ 1.240
4.-) Material Local	U.S. \$ 7.800
5.-) Operador (1 año)	U.S. \$ 2.000
6.-) Obras civiles, aceite y varios S.I.C.A.	U.S. \$ 1.200
TOTAL	U.S. \$ 36.240

3.3.6 Ventajas

1.-) Más sencillo que el anterior (3.2) con las mismas consideraciones de diseño.

2.-) Versatilidad, por cuanto, en el caso de alguna eventualidad se pueden eliminar las Plantas de Spray y Proceso y permiten la operación de Liofilizado.

3.-) Durante la operación, de Emergencia no se utiliza el banco de transformadores (3 x 500KVA) de Liofilizado.

3.3.7 Desventajas

1.-) Se incluyen dos elementos electromagnéticos (S1 + B1) y tres estáticos (T1).

2.-) Este sistema funciona únicamente con la intervención del operador (24h) quien deberá tomar importantes decisiones antes, durante y después de la falla los 365 días del año.

3.-) El tiempo de Instalación y prueba es de 5 días (2 de paralización de la Producción).

4.-) La transición de Emergencia a Normal es notoria e implica desenergizar las Plantas de Proceso y Spray por breves momentos y por ende paralizar las producción.

5.-) El montaje e instalación de S1 es algo complejo e involucra obras civiles importantes.

6.-) Este diseño defiende la independencia de la transferencia automática exclusiva de Liofilizado mediante el ATS lo que hace complejo el

diseño por cuanto las otras plantas aparecen como agregadas con otro equipo de transferencia.

3.4 Diseño Nº 3

Para entender este diseño primero presentaremos el respectivo diagrama unifilar:

3.4.1 Diagrama Unifilar Alternativa Nº 3

ALTERNATIVA #3

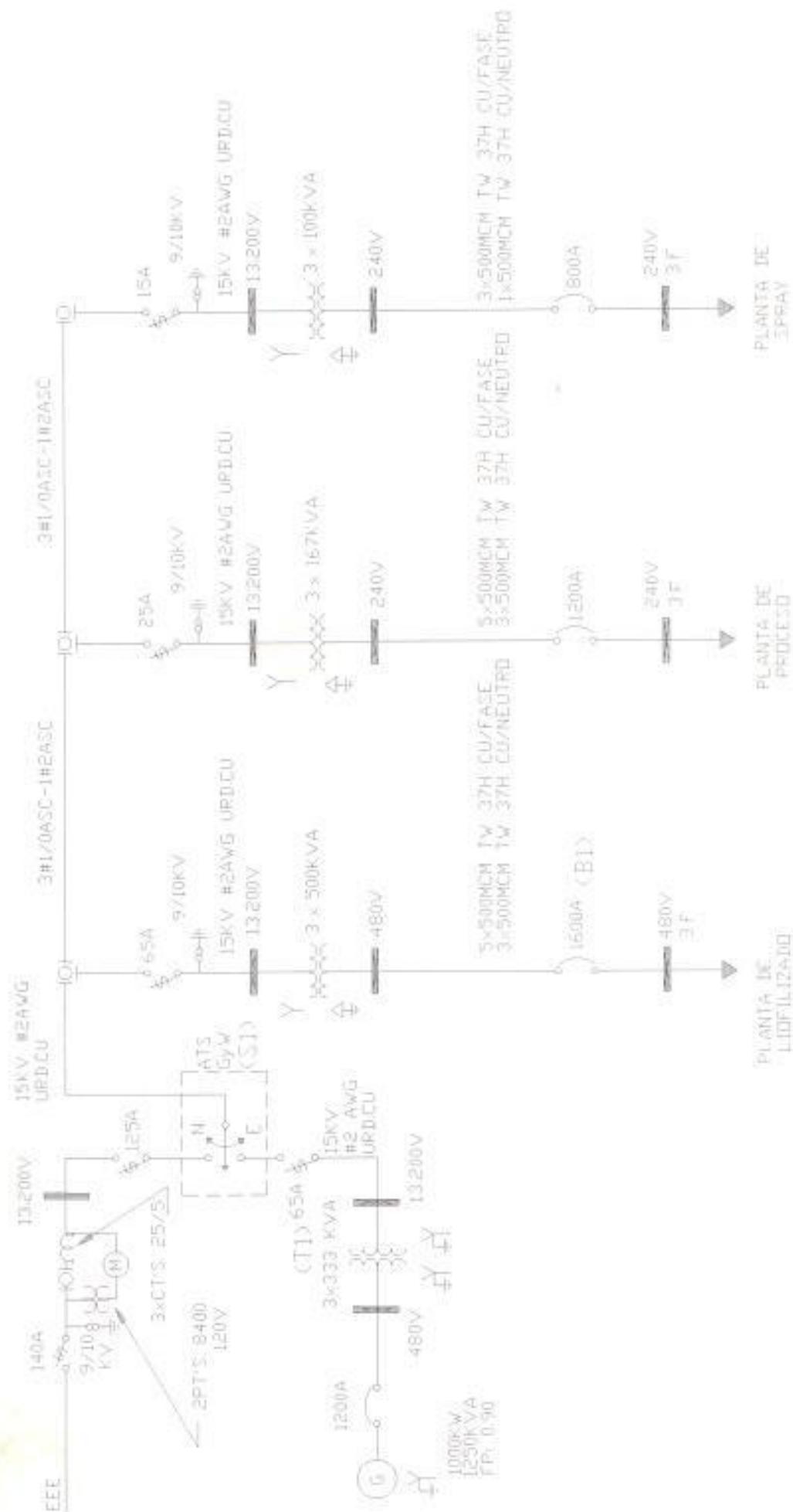


GRAFICO #11

3.4.2 Elementos Adicionales

S1: Interruptor tripolar en aceite, 300 Amp. 15KV nominal, 60HZ, operación manual-automática, 3 posiciones, uso exterior en piso.

T1: Banco de Transformadores de distribución (3) convencionales 7620/13200Y 120/240V, de 333KVA c/u.

B1: Interruptor en aire termomagnético, 1600 Amp. 3P, 600V, 60HZ, 65 KA de interrupción, útil para operar a 2000 Amp. en caso de ser necesario, montaje en gabinete metálico NEMA 12.

3.4.3 Operación Normal

En condiciones normales S1 está en posición N (E.E.E.); B1 está y siempre seguirá cerrado. La energía eléctrica fluye desde E.E.E., y se distribuye a cada Planta pasando por sus respectivos bancos de transformadores.

3.4.4 Operación Emergente

Cuando falla una o más fases de E.E.E., y ésta llega a durar 3 minutos, los sensores del sistema automático de arranque del Generador de Energía ordenan arrancar al Grupo Generador sin carga durante 3 minutos para precalentar y generar energía a 480V; luego, el

breaker principal del Generador que estaba en OFF, pasa a ON y se conecta automáticamente a la barra de 480V del Banco de 3x500KVA.

En este momento, el interruptor S1 que ya conoció del problema hace 6 minutos por sus propios sensores incorporados y que, tiene 13,2 KV en el punto E, espera 2 minutos adicionales, luego de los cuales haya regresado o no E.E.E., hace el cambio de sus cuchillas desde N hasta E y da servicio emergente a las tres Plantas de S.I.C.A. simultáneamente.

El tiempo total desde la salida de E.E.E., es de 8 minutos.

Cuando retorna E.E.E., los sensores del interruptor de transferencia S1, esperan 15 minutos para cerciorarse que no vuelva a fallar; luego de lo cual, cambia automáticamente sus cuchillas desde E hasta N. El cambio es tan rápido que solo se percibe un pequeño parpadeo de la luz artificial.

De esta forma las tres Plantas de S.I.C.A. son atendidas por E.E.E. Simultáneamente, mientras el Sistema Automático del Grupo Generador ordena a su breaker de 1200A desconectarse de barras. El Grupo continuará trabajando sin carga por 5 minutos más para enfriarse lentamente antes de apagarse.

3.4.5. Costos

1.-) Equipos Importados	U.S	\$	19.759
2.-) Mano de Obra	U.S	\$	3.250
3.-) Dirección Técnica	U.S	\$	1.600
4.-) Material Local	U.S	\$	15.000
5.-) Operador	U.S	\$	- 0 -
6.-) Obras Civiles, aceites y varios SICA	U.S	\$	1.000
			<hr/>
Subtotal			40.609
7.-) Costos de A.T.S marca (w) 600V, 2000A (*)	U.S	\$	10.000
			<hr/>
TOTAL	U.S	\$	30.609

(*) Recuperación por venta

3.4.6 Ventajas

- 1.-) Seguridad
- 2.-) Confiabilidad
- 3.-) Versatilidad

Tiene la opción de probar el sistema de transferencia mediante las siguientes opciones:

- * Salida simulada
- * Manual
- * Automático
- * Apagado

4.-) Se mantiene el esquema eléctrico original. Únicamente se intercala el A.T.S. y 3 x 333 transformadores sin utilizar espacio físico especial.

5.-) Eliminar por completo el uso del operador humano. Esto significa ahorro y minimización de errores.

6.-) Mantenimiento sencillo y mínimo.

7.-) Permite el uso de Bancos de Condensadores en Alta Tensión.

8.-) La Planta puede quedar totalmente sin tensión en la posición OFF del Interruptor de Transferencia en aceite

3.4.7 Desventajas

- 1.-) No se utiliza todos los equipos eléctricos ya existentes
- 2.-) El tiempo de Instalación y Pruebas es de cuatro días (dos de paralizar de la producción)
- 3.-) Se necesita un área exterior con una base de montaje apropiada para montar el Interruptor de Transferencia en aceite.

3.5 Selección de la Mejor Alternativa

Por todo lo expuesto en los diseños 1, 2 y 3, está bien claro que el diseño 3 cumple lo establecido en 3.1. Está por demás claro el uso de prácticamente todo el sistema de distribución eléctrica de SICA, aprovechando los bancos de transformadores desde el lado de baja tensión para de allí repartir la energía eléctrica en alta tensión a las 3 subestaciones (Liofilizado, Proceso y Spray), es lo que le da al diseño escogido la confiabilidad y seguridad que funcionará correctamente por cuanto los cambios efectuados únicamente permiten escoger la fuente de alimentación de energía eléctrica a través del Interruptor de Transferencia.

Es importante recalcar que, en el evento que SICA desee aumentar otra Planta siempre que no exceda la capacidad del Grupo Generador, puede incorporarla al Sistema de Transferencia escogido únicamente conectándose al Sistema de Distribución en Alta Tensión.

Además, debe mencionarse que las alternativas de operación que permite el Interruptor de Transferencia como son Automático, Manual, Salida Simulada, OFF, ayudaron para que la alternativa número 3 sea seleccionada, pues estas opciones permiten monitorear periódicamente el Sistema de Transferencia.

3.6 Conclusiones

Una vez desarrollado el presente capítulo podemos sacar las siguientes conclusiones:

- a.-) Existen muchas soluciones técnicas que nos pueden proporcionar la necesidad planteada. Pocas constituyen una decisión balanceada entre lo confiable, técnico y económico
- b.-) El diseño más sencillo es el escogido porque satisface lo indicado en el literal anterior

- c.-) Lograr que el operador humano se excluya de una operación tan importante para SICA, como es la de Transferencia, es un logro sobresaliente
- d.-) Tomar la decisión de eliminar equipos tales como el Interruptor Automático en Baja Tensión (ATS) en baja tensión, con el fin de no complicar el diseño ni la operación, es otro punto a favor
- e.-) Es evidente que, este sistema de Transferencia se justifica desde el punto de vista económico cuando sirve para una capacidad en KVA'S elevada, no sirve por tanto para un solo banco de transformadores cuya capacidad sea inferior a los 1500 KVA ya que el Interruptor de Transferencia en Alta Tensión tiene un costo muy elevado.

4. FACTOR DE POTENCIA

4.1 Generalidades

Existen dos motivos principales para incluir en este trabajo la compensación del factor de potencia de Solubles Instantáneos C.A. a saber:

- a.-) Como se indicó en el capítulo 2.2, el factor de potencia de toda la Planta de Solubles Instantáneos debe mejorar su valor promedio de 0,717, por cuanto, durante una falla de energía

se necesita tener a disposición la máxima capacidad en KW del Grupo Generador; de aquí pues, se sostiene que no puede haber Transferencia Automática para todo el Complejo Industrial de SICA, si la misma no incluye un diseño para mejoramiento del factor de potencia por lo menos a 0,90.

b.-) De acuerdo a la Ley Básica de Electrificación, la Empresa Eléctrica del Ecuador (E.E.E.) debe exigir que el factor de potencia de una industria se mantenga en 0,90 como mínimo, por lo tanto aún cuando no sea solicitada la energía desde el Grupo Generador, la Planta de SICA debe disponer lo necesario para que la E.E.E. no la penalice con el recargo económico en la planilla mensual mediante el siguiente cálculo:

Factor Penalización

$$= \text{IMPORTE POR ENERGIA} \times \frac{0,9}{0,73} \text{ (F.P.DESEADO)}$$

$$= \text{IMPORTE POR ENERGIA} \times 1,23$$

Considerando como valor típico la planilla de E.E.E. a S.I.C.A. del 9/Nov./81, el recargo por bajo factor de potencia en ausencia del equipo de compensación sería:

- Consumo (C) = 500.150 KWH/mes
 - Factor de potencia mínimo aceptado por E.E.E. (F.P2) = 0,85 KW
 - Factor de Potencia actual (F.P1) = 0,73 KW
 - Demanda mayor de los 12 últimos meses (D) = 1152 KW
 - Tarifa I-D2
 - Facturación = (40xD+1,51xC) = S/. 801.307,00
 - Penalización = (0,85 - 1) x 801.307 = S/. 131.721,00
- 0.73

Según el cuadro tarifario de E.E.E. a Septiembre de 1991, el recargo (penalización) por bajo factor de potencia para los valores dados por la tabla del capítulo 2.2 sería:

- Consumo promedio (C) = 672x24x30 = 483840 KWH/ mes
- Factor de potencia mínimo aceptado por E.E.E. (P.F2) = 0.9
- Factor de potencia actual (F.P1) = 0.717
- Demanda máxima del mes (D) = 900 KW
- Demanda máxima del mes entre 18:00H y 21:00H (Dm) ; 0.6 D ≤ Dm
- Demanda máxima de los 12 últimos meses (Da)
- Demanda facturable (DF) ; 0.7 Da < DF < D
- Facturación mensual (F)
- Penalización mensual (P)

$$F = \left[\frac{S/.1508.294 \times D_m}{KW \quad D} + \frac{S/.45.892 \times 200 KWH}{KWH \quad DF} + \frac{S/.42.022 \times 200 KWH}{KWH \quad DF} + \frac{S/.31.516 \times (C - 400)}{KWH \quad DF} \right] DF$$

ASUMIENDO QUE: $D = D_f = D_a = D_m$

$$F = [1.506,294 + 200 \times 46,692 + 200 \times 42,022 + \frac{(483,840 - 400) \times 31,516}{900}] = S/. 21'227.126$$

$$P = \left(\frac{0,9}{0,717} - 1 \right) \times 21.227.126 = S/. 5'417.802$$

Este valor de penalización (P), es sumamente elevado, y se estaría pagando de no haberse resuelto el problema en 1981.

4.2. Consideraciones

Para llevar a cabo un proyecto que resuelva satisfactoriamente el mejoramiento del factor potencia de SICA, es necesario que el diseño considere los siguientes factores:

4.2.1 Factor de Producción

4.2.2 Factor Técnico

4.2.3 Factor Económico

4.2.1 Factor de Producción

Según se puede apreciar de las curvas de carga del capítulo No. 2, Solubles Instantáneos C.A., posee dos tipos de consumo bastantes diferenciables. El uno corresponde a los períodos de arranque de la Planta mayor que es Liofilizado (4 veces al año); y el otro, a la que operación normal en plena producción.

Despreciando los períodos de arranques por cuanto son cortos y no interviene el Generador de Emergencia; podemos analizar en base a las curvas de carga del cap. # 2.2 la necesidad de reactivos que tiene SICA en "Carga promedio" y "Picos de carga".

Las tres plantas de SICA tienen una curva de consumo de energía diferente y se comportan según las siguientes consideraciones:

- Liofilizado: Proceso continuo. Las cargas están entrelazadas entre sí. No existe posibilidad de parar una parte del proceso sin afectar el resultado final de producción.

- Spray : Salvo excepciones como son las cargas de Oficina y Envasamiento, en el área de producción se maneja el mismo criterio anterior.

- Proceso : Como de aquí parte todo el proceso Industrial de SICA, esta planta tiene la posibilidad de paralizar temporalmente ciertos equipos importantes, por cuanto posee maquinarias "Pulmones Intermedios" que no afectan la continuidad del proceso de liofilizado y Spray.

No obstante lo sostenido para las plantas de Liofilizado y Spray, la energía que demandan cada uno de sus equipos importantes es variable a pesar de estar energizados todo el

tiempo. He aquí una de las causas importantes del bajo factor de potencia toda vez que, dichas Plantas constituyen más del 60% del consumo eléctrico de S.I.C.A.

A continuación se explica en detalle la forma como los equipos más sobresalientes de las Plantas de Liofilizado y Spray demandan la energía eléctrica.

SPRAY

- Ventiladores de Circulación:

El volumen de aire caliente que desplaza es variable dependiendo de las especificaciones del polvo de café a obtener: tiene graduador del volumen del aire a remover. Opera 24 horas/ día.

- Bombas de Flujo y de Presión:

El volumen de extracto a desplazar depende de la capacidad variable de secado de la torre y de los grados BRIX del extracto (parámetro variable de producción). Posee regulador del líquido a desplazar.

- Quemador de Torres:

Sus ventiladores y bombas de combustible consumirán mayor o menor energía dependiente de la cantidad (pre-especificada) de humedad que debe lograrse en el polvo soluble de café.

- Bombas de Vacío

Por una condición propia de su tecnología, los principales motores de las Bombas de Vacío, no pueden apagarse una vez que cumplen su objetivo (presión de vacío) y luego arrancar cuando sean solicitados, ya que, por cuanto atentan contra el proceso de Liofilizado al afectar la presión interna de sus cámaras. Aquí, la mayoría de motores, funcionan todo el tiempo.

- Compresores de Refrigeración:

Funcionando continuamente estos grandes motores pueden demandar energía eléctrica variable mediante el accionamiento de válvulas (UNLOADING) internas para lograr una presión de succión constante, según lo demanda el sistema. Aquí se encuentra una importante causa del bajo factor de potencia de SICA, toda vez que los KW instalados en compresores es mayor de 800 KW.

- Bombas Hidráulicas/ Aceites:

Funcionan continuamente en circuitos cerrados, pero la carga mecánica aplicada a sus respectivos motores es variable y controlada por sensores, actuadores o válvulas de desalajo. Operan 24 horas/día.

La Planta de Proceso en cambio posee una combinación de procesos continuos y de operaciones aisladas a saber:

- Tostador:

Es un sistema completo que incluye al sistema de transporte del grano, comenzando desde la Planta de Beneficio, hasta llegar a la sección de Extracción, pasando por el sistema de secado de grano. Su carga es variable y depende del tipo de grano y del porcentaje de humedad que debe tener el grano tostado. Operar 16 horas/ día.

- Bombas de Extracto:

Su cantidad es importante en las tres Plantas de SICA y se utilizan sin enlace específico con algún sistema. La carga mecánica aplicada al motor es variable, depende de las especificaciones del extracto de café a desplazar. Operación intermitente.

- Calderos:

Estos equipos se pueden considerar como cargas variables con pequeños rangos de estabilidad durante los períodos en que no hay extracción o evaporación. Estos equipos involucran desde bomba de agua, bombas de condensado, soldadores de aire, bombas de combustible, sistema de calentamiento eléctrico del combustible, etc; que actúan intermitentemente según lo demanden sus respectivos sensores. Operan 24 horas/ día.

- Torre de Enfriamientos:

Carga constante durante la producción. Operan 24 horas/ día.

- Bombas de Agua:

Carga intermitente y variable durante la producción. Operan 24 horas/ día.

- Centrífuga:

Carga intermitente y variable durante la operación. Opera 8 horas/ día.

- Benefecio de Grano:

Sub-Planta. Proceso variable. Opera 8 horas/día.

4.2.2 Factor Técnico

ALCANCE

Es importante y necesario definir cuales van a ser los aspectos que cubrirá el Diseño de Compensación a obtenerse. A continuación se indica los posibles aspectos:

- Evitar penalización de E.E.E. por entrega de reactivos al Sistema eléctrico de SICA.
- Mejorar regulación del Voltaje del Sistema
- Disminuir las Pérdidas, u
- Optimizar la capacidad de los Transformadores o del Grupo Generador.

Por todo lo expuesto en el presente Informe Técnico, el diseño a obtener debe resolver simultáneamente lo siguiente:

- *OPTIMIZAR LA CAPACIDAD DEL GRUPO GENERADOR
- *EVITAR LA PENALIZACION A SICA POR PARTE DE E.E.E. AL OPERAR A UN BAJO FACTOR DE POTENCIA.
- *EVITAR ó MINIMIZAR LA INCIDENCIA DE ARMONICAS AL SISTEMA EEE-SICA.

Estas serán las bases sobre las que se fundamentará el diseño eléctrico para el mejoramiento del Factor de Potencia. No obstante, se producirán efectos colaterales que irán en beneficio de SICA como por ejemplo el mejoramiento en la regulación de voltaje.

CLASIFICACION

Es claro que se puede hacer una gran división sobre el tipo de compensación:

-BAJA TENSION

-ALTA TENSION

Lo anterior no nos libera de la decisión que debemos tomar respecto de la forma de compensación, es decir, puntual o por grupos.

BAJA TENSION

De hecho, aquí estamos hablando de compensación por lo menos en tres sub-estaciones diferentes, es decir Spray, Proceso y Liofilizado. Si lo que se quiere es lo planteado en 4.2.2., lo apropiado sería instalar una batería de condensadores directamente a las barras del tablero principal de cada sub-estación protegidos por sus respectivos breakers o fusibles y energizados a través de contactores quienes recibirán órdenes de un controlador automático para lograr el factor de potencia deseado.

Este diseño produce una excelente compensación, y puede lograrse que el factor de potencia global de la carga se mantenga en forma permanente entre valores tales como el 95% en retraso y el 95% en adelanto.

Esta sería una compensación en grupo y en baja tensión.

Una variación de la compensación en baja tensión, más exacta y también más costosa sería la compensación individual en cada carga importante con todas sus protecciones además de incluir un banco de compensación fijo en el panel principal de cada sub-estación.

ALTA TENSION:

Como producto del cambio que sufre el circuito eléctrico de distribución en alta tensión de SICA cuando opera el Grupo Generador según el diseño de la Transferencia Automática logrado en el presente trabajo, es importante ubicar apropiadamente los condensadores para cumplir con lo sostenido en 4.2.2. Cabe resaltar que el Sistema de Distribución Eléctrica en alta tensión de SICA dispone de las facilidades necesarias para ejecutar este tipo de instalación.

Además, es importante señalar, que de los valores promedios de potencia en KVA de cada una de las plantas de SICA (Cap.2.2.), se puede concluir que existe capacidad disponible en KVA en cada subestación lo que favorece la compensación en alta tensión, toda vez que, si el caso fuere lo contrario, obligatoriamente habría

que compensar en baja tensión para disminuir los KVA y así aliviar la carga a los transformadores.

ESTABILIDAD EN LA OPERACION DEL GRUPO GENERADOR

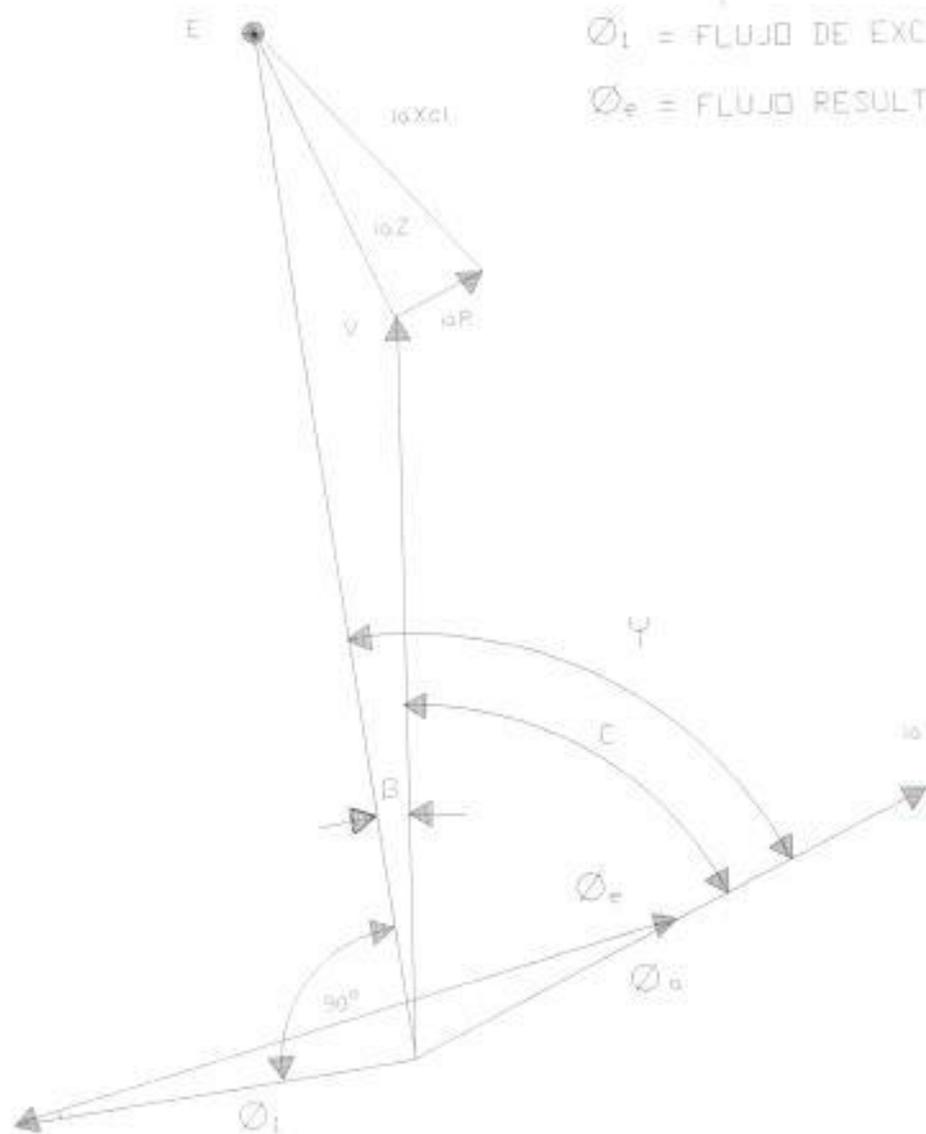
Al no ser el Grupo Generador una barra infinita capaz de absorber en un momento dado cantidades variadas e importantes de reactivos (KVAR) sin alterar su estabilidad, es importante que el diseño contemple que existe un mínimo de reactivos que pudiera absorber el Grupo Generador en cualquier condición de carga que el sistema le presente; de lo contrario, se estaría afectando el valor real de la f.m.m. resultante entre el campo y armadura porque la misma tendría que disminuir al transformarse la f.m.m. del inducido en f.m.m. con corriente en adelanto.

Esta situación afectaría en forma determinante la cantidad de potencia activa (KW) que puede entregar el Grupo Generador (Ver Gráficos 12 y 13).

Es importante entonces, que el diseño a seleccionarse en ningún caso entregue exceso de reactivos al Generador en la situación de operación durante una falla de energía eléctrica.

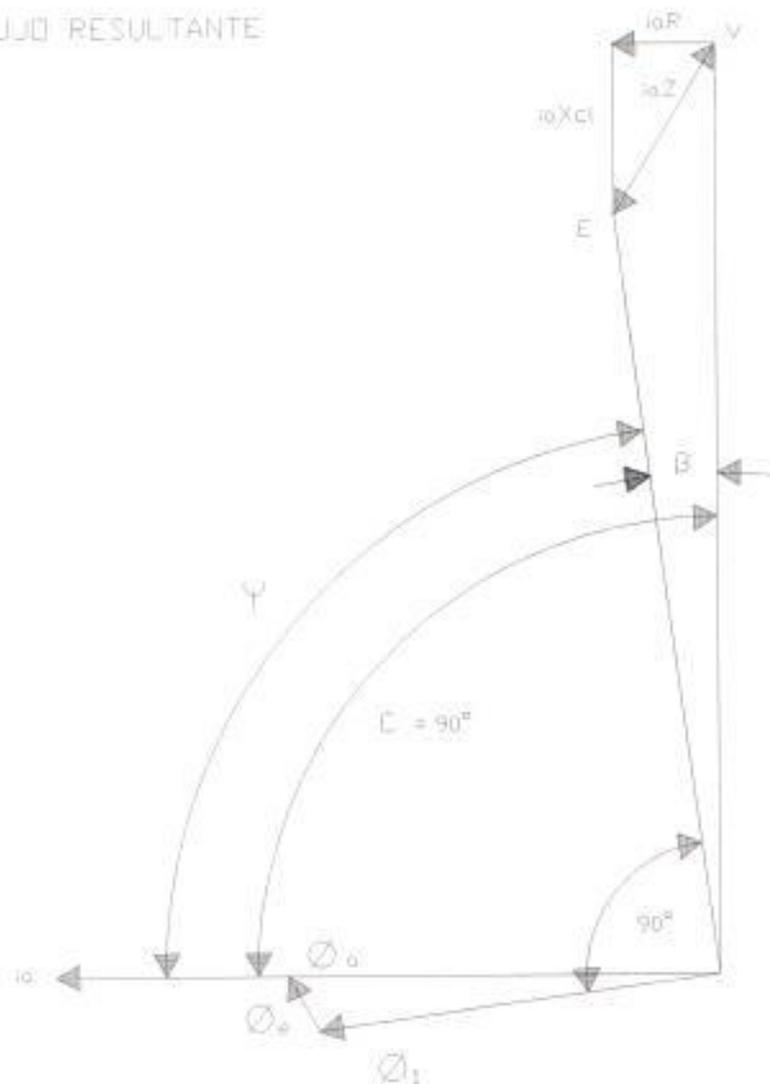
GENERADOR CON CARGA INDUCTIVA-RESISTIVA (F.P. < 1)
 Φ_e = FLUJO RESULTANTE NORMAL

Φ_o = FLUJO DE ARMADURA
 Φ_i = FLUJO DE EXCITACION
 Φ_e = FLUJO RESULTANTE



GENERADOR CON CARGA PURAMENTE CAPACITIVA (F.P.=0)
 Φ_e = FLUJO RESULTANTE MINIMO

- Φ_a = FLUJO DE ARMADURA
- Φ_l = FLUJO DE EXCITACION
- Φ_e = FLUJO RESULTANTE



4.2.3 Factor Económico

Este factor depende básicamente de los siguientes aspectos:

- a.-) Ubicación óptima del equipo de compensación
- b.-) Grado de complejidad del diseño
- c.-) Presupuesto

a.-) Ubicación óptima del equipo de compensación

Es conocido que hasta tensiones de 46 KV, la compensación en alta tensión es aproximadamente 10 veces menos costosa que en las tensiones Industriales de 240 ó 480 voltios.

Esta aseveración se explica por cuanto en baja tensión si bien es cierto que se puede lograr un excelente perfeccionamiento en el control y mantención de un factor de potencia dado, no es menos cierto que para eso se requiere:

- Espacio físico apropiado con ventilación adecuada
- Gabinetes metálicos apropiados
- Protección individual para cada banco de condensadores
- Equipo de conexión / desconexión para cada banco de condensadores.
- Equipo de sensor
- Equipo de control
- Interconexión a la red de distribución
- Mantenimiento y supervisión continua

Estos rubros, para una misma capacidad en KVAR, son muchos mas baratos en alta tensión que en baja tensión.

b.-) Grado de Complejidad del Diseño

Este aspecto puntualiza el hecho que mientras el sistema de compensación busca a través de muchos equipos de protección, señalización, operación o automatismo un factor de potencia casi constante para cualquier condición de carga, el costo de la instalación será más oneroso.

El diseño deberá ser práctico, sencillo de interpretar y ejecutar, utilizando solo los equipos necesarios de tal suerte que cumpla con el fin para el cual fue creado.

c.-) Presupuesto

Muchas veces nos encontramos en situaciones fuera de toda consideración de ingeniería como es la presupuestaria, donde tenemos que preparar diseños que cumplan la necesidad técnica pero que al mismo tiempo sean consecuente con el cupo asignado en el presupuesto de la Empresa.

Esto produce trabajos que logran un equilibrio técnico económico, en donde no se obtiene el diseño ideal pero, que cumplen con la necesidad de resolver un problema que como en el caso que nos ocupa, satisface lo establecido en 4.2.2.

4.3 Diseño y Operación

4.3.1 Determinación de los Reactivos Necesarios

Considerando los valores promedios y picos según las curvas de carga del capítulo # 2.2. tenemos:

CALCULO DE KVAR'S PARA COMPENSAR CONSUMO PROMEDIO

POTENCIA ACTIVA = 672 KW	FACTOR DE POTENCIA = 0.7333
POTENCIA REACTIVO= 654 KVAR	ANGULO PROMEDIO = 44,22

$$\phi_1 = \text{tg}^{-1} \frac{654}{672} = 44,22 \text{ Grados}$$

$$\operatorname{tg} \phi_2 = \frac{654 - Q}{672}$$

CORRECCION A 0.9

$$\phi_2 = \cos^{-1} 0.9 = 25,84 \text{ Grados}$$

$$\operatorname{tg} 25,84 = \frac{654 - Q}{672} \Rightarrow Q = 328 \text{ KVAR}$$

Por lo tanto:

Q (STANDARD) = 300 KVAR

CALCULO DE KVAR'S PARA COMPENSAR CONSUMO PICO

POTENCIA ACTIVA = 900 KW

FACTOR DE POTENCIA = 0.65

POTENCIA REACTIVA = 1.033 KVAR

ANGULO PROMEDIO 1 = 49,45

$$\phi_1 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{1033}{900} = 48,93 \text{ Grados}$$

$$\operatorname{tg} \phi_2 = \frac{1033 - Q}{900}$$

CORRECCION A 0.9

$$\phi_2 = \cos^{-1} 0.9 = 25,84 \text{ Grados}$$

$$\operatorname{tg} 25,84 = \frac{1033 - Q}{900} \Rightarrow Q = 597,50 \text{ KVAR}$$

Por lo tanto:

Q (STANDARD) = 600 KVAR

4.3.2 Determinación del Voltaje de Operación

En primer lugar, debemos determinar cual será el voltaje de operación para el equipo de compensación según el siguiente análisis:

CONSUMO PROMEDIO

	OPERACION NORMAL			CORRECCION A 0.9	
	P KW	Q KVAR	F.P.	Q1 KVAR	Q2 KVAR
SPRAY	104	83.5	0.78	50.4	33.1
PROCESO	170	150	0.75	82.3	67.7
LIOFILIZADO	398	420.5	0.69	192,7	227.8
TOTAL SICA	672	654	0.718	326	328

- Q1 = REACTIVOS PROPORCIONADOS POR E.E.E.
Q2 = REACTIVOS PROPORCIONADOS POR BANCOS DE COMPENSACIÓN.

COMPENSACION A 0.9 F.P PARA CONSUMO PROMEDIO AÑO 1981									
	PARAMETROS	KAVAR RAQUERIDO	KAVAR STANDAR	F.P REAL	EQUIPO	COSTO EQUIPO Y MONTAJE	AHORRO MENSUAL	MESES PARA PAGAR	TASA ANUAL RETORNO (%)
BAJA TENSION	3F, 60Hz 240V.	227,8	200	0,875	CONTACTORES INTERRUPTORES CONDENSADORES CONTROL	320.000	73.396	4,4	272%
	3F, 60Hz 480V.	100,8	100	0,898	IDEM	250.000	73.396	3,4	352%
ALTA TENSION	3F, 60Hz 13,8KV.	328,0	300	0,885	ESTRUCTURA CONDENSADORES SECCIONADORES PROTECCION	148.000	73.396	2,0	600%

NOTAS:

Costo al año 1981

TASA ANUAL DE RETORNO = (12 : meses para pagar equipo) x 100%
LA INVERSION.

$$\text{FACTURACION} = 45 \times 20 + 40(0-20) + 0(0,75 \times 80 + 0,6 \times 60 + 0,05 \times 120) + 0,4(C-240) = 315.172$$

$$\text{PENALIZACION} = \left(\frac{0,90}{0,73} - 1 \right) \times 315.172 = S/.73.396$$

CONSUMO PICO

	OPERACION NORMAL			CORRECCION A 0,9	
	P KW	Q KVAR	F.P.	Q1 KVAR	Q2 KVAR
SPRAY	125	118	0.73	60.5	57.5
PROCESO	275	303	0.67	133	170
LIOFILIZADO	500	612	0.63	242	370
TOTAL SICA	900	1033	0.65	435.5	597.5

Q1 = REACTIVOS PROPORCIONADOS PARA E.E.E.
 Q2 = REACTIVOS PROPORCIONADOS PARA BANCOS DE COMPENSACIÓN.

COMPENSACION A 0.9 F.P PARA CONSUMO PICO AÑO 1981									
	PARAMETROS	KAVAR RAQUERIDO	KAVAR STANDAR	F.P REAL	EQUIPO	COSTO EQUIPO Y MONTAJE	AHORRO MENSUAL	MESES PARA PAGAR	TASA ANUAL RETORNO (%)
BAJA TENSION	3F,60Hz 240V.	2x227,8= 455,6	2x200= 400	0,875	CONTACTORES INTERRUPTORES CONDENSADORES CONTROL	640.000	98.368	6,5	185%
	3F,60Hz 480V.	2x100,8= 201,6	200	0,898	IDEM	500.000	98.368	5,0	240%
ALTA TENSION	3F,60Hz 13,8KV.	597,5	2x300= 600	0,885	ESTRUCTURA CONDENSADORES SECCIONADORES PROTECCION	300.000	98.368	3,0	400%

NOTAS:

COSTO DEL AÑO 1981

TASA ANUAL DE RETORNO = (12 : MESES PARA PAGAR EQUIPOS) x 100%
 DE LA INVERSION

FACTURACION = $45 \times 20 + 40(0-20) - 0(0,75 \times 60 + 0,8 \times 60 + 0,5 \times 120) + 0,4(C-240) = S./ 422104$

$$\text{PENALIZACION} = \frac{(0,90 - 1) \times 422.404}{0,73} = \text{S./ } 98.368$$

CONCLUSION.-

Teniendo presente que nuestro diseño básicamente debe lograr lo establecido es el capítulo 4.2.2., este análisis nos permite determinar que la compensación en 13.200., voltios es la más aconsejada desde el punto de vista técnico-económico comparada con 480 voltios ó 240 voltios.

4.3.3 Concepción

Este diseño utiliza dos bancos trifásicos de condensadores de 300 KVAR c/u, uso exterior, montaje en poste, 7960 GRDY/13.800 V, 60HZ, compuesto de tres unidades monofásicos de 100 KVA cada uno conectados en Y, los mismos que se conectan a la línea a través de seccionadores monopolares (Oil Switch) sumergidos en aceite, uso exterior, operación manual mecánica, manual eléctrica y automática eléctrica, ubicados en posiciones estratégicas para satisfacer lo expuesto en los capítulos 4.3.1. y 4.3.2.

Banco No. 1

Este banco está ubicado estratégicamente entre la Planta de Liofilizado y las de Proceso y Spray con el fin de atender la demanda promedio de SICA, tanto para la operación normal con E.E.E. cuando para la emergente con el Grupo Generador.

Por esta condición, es el banco que más tiempo será demandado de tal suerte que, puede operar en una primera etapa fijo a la línea de alta tensión a través de los seccionadores en aceite (3) y cajas fusibles 100A, 15KV (3).

No obstante lo expuesto en el último párrafo, se recomienda que su instalación sea similar a la del banco No. 2, decir que incluya sensores de corriente y equipo automático.

Banco No. 2

Este banco está ubicado al ingreso del complejo de SICA inmediatamente después del poste de la medición en alta tensión de E.E.E., antes del Interruptor de Transferencia en Alta Tensión, marca G y W.

Este equipo tiene como complemento para su operación, un transformador de corriente uso exterior, montaje en poste de 15KV, 50/5, cuya señal la recibe un control automático de condensadores quien ordenará operar el banco cuando el sistema sobrepase los 700 KW de demanda. Es decir, este banco de condensadores es automático y, entra a operar cuando el consumo de SICA comienza a exceder sus valores promedios.

Cuando el sistema eléctrico opera en emergencia, no hay manera que los KVAR de este banco ingresen al Grupo Generador de SICA por cuanto, la configuración del diagrama unifilar emergente lo deja fuera. Esto es muy importante, ya que, prevé que en el evento de ocurrir una operación indeseada de este banco, no

se producirá lo expuesto en el subtítulo #5 del capítulo 4.2.2. y, más bien, en el evento de ocurrir cualquier falla en el sistema automático, que haga que se conecte a la red de este banco de condensadores, el exceso de KVAR se irá al sistema de E.E.E.

AJUSTE DEL BANCO # 2 (4.3.1.)

CONEXION : 700 KW ó 30 Amp. A.T.

DESCONEXION : 600 KW ó 26 Amp. A.T.

Ventajas

- Cuando opera el Grupo Generador, de los 600 KVAR instalados, sólo se aplican al sistema en Alta Tensión 300 KVAR fijos que pueden ser automáticos pero que no es necesario inicialmente por cuanto corresponden a la capacidad promedio de la Planta (4.2.)
- Los Bancos pueden ser operados automáticamente manual/ eléctrico o manual-mecánico.
- No ocupan área física de ninguna de las tres Plantas pues están montados en los postes existentes.
- No se hizo mayor cambio en el Sistema eléctrico de SICA.

- Montaje en 4 Horas
- Cuando, durante la operación de E.E.E. el sistema de SICA no demande toda la energía reactiva instalada, el exceso será absorbido por E.E.E.
- Tiene un mínimo de elementos de conexión/desconexión (6 Oil-Switch, 15 KV)
- Disminuye las pérdidas en la alimentadora de SICA
- Mejora la regulación del voltaje en SICA

Desventajas

- Todos los dos bancos deben ser automáticos
- Cuando se opera a baja carga, el transformador de corriente en alta tensión no reproduce una exacta señal para el control.
- No se produce una compensación continua sobre un valor fijo, sino escalonada para un intervalo de factor de potencia que produce al final del mes un valor promedio en la planilla
- Impide aprovechar el 100% de la capacidad en KVA de los bancos de transformadores de las diversas sub-estaciones.
- Hay que tener cuidado en baja carga (parada, reducción de producción o mantenimiento) por el exceso de KVAR que recibirá el GENERADOR. Es preferible sacar de servicio el banco fijo de

condensadores para la condición de baja carga en el evento de la entrada del Grupo Generador.

- La operación de equipo de seccionamiento y protección ubicados en la red interna de alta tensión de SICA, debe realizárcelea previa la desconexión de los bancos de condensadores para evitar arcos eléctricos que pudieran dañarlos.

4.3.4 Consideraciones Técnicas para la Instalación de Condensadores en Alta Tensión

La vida media esperada de una instalación de capacitores de potencia (no exterior) es de 15 a 20 años de servicio en condiciones normales de operación. Sin embargo, es normal encontrar en la práctica, que de cada mil capacitores instalados, fallen algunas unidades entre los primeros meses y los primeros años de operación.

Si se tiene en cuenta, como ejemplo, que un capacitor de potencia de 150 KVAR (alta tensión) está fabricado con un dieléctrico de pocas milésimas de milímetro de espesor y unos 200 m² de superficie, puede comprenderse fácilmente la dificultad de producir dos capacitores idénticos en cuanto al grado de homogeneidad física y química de sus dieléctricos.

Porcentajes de fallos en operación, de capacitores de potencia

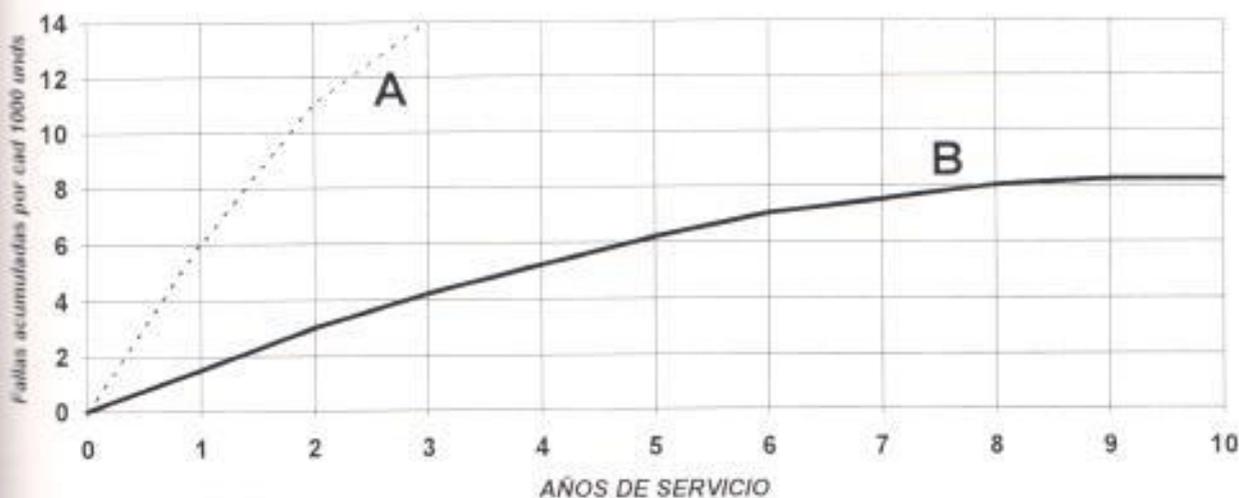


GRAFICO N°14

A = Bancos sin protección

B = Bancos con protección

Normalmente, el fallo de un capacitor de potencia implica un cortocircuito entre sus placas, con un arqueo que descompone el dieléctrico formando cloruro de hidrógeno gaseoso. Este gas, sometido por el arco eléctrico puede llegar a hacer explotar el tanque del capacitor.

Tensión Nominal

Los capacitores de potencia para alta tensión y, a veces, también los capacitores para bajas tensiones industriales, se fabrican de forma que puedan operar a sobrevoltajes de hasta el 10% del voltaje nominal sin que aparezcan problemas de aislamientos, estabilidad térmica, etc. Esto es para prevenir fluctuaciones de voltaje de la energía proveniente de E.E.E. o de los mismos condensadores al operar en condiciones de baja carga.

Sin embargo en operación normal, debe tratarse que el voltaje aplicado a los capacitores no exceda al valor de su tensión nominal, ya que el deterioro que produce el sobrevoltaje sobre los dieléctricos es análogo al producido por el sobrecalentamiento.

$$\text{POTENCIA REACTIVA} = \text{KVAR} = 2\pi fC (\text{KV})^2 \times 10^3$$

Por lo expuesto, siendo el voltaje nominal del sistema 7620/13200Y voltios, determinamos que el voltaje de operación de los bancos de SICA debe ser 7.960/13.800 GRDY voltios.

Esta decisión extenderá la vida útil de los condensadores.

Sobrecorriente

La protección más económica y práctica para capacitadores de potencia tipo poste es mediante fusibles tipo expulsión.

Para poder utilizar este tipo de fusibles se debe cumplir lo siguiente:

- La corriente de cortocircuito del sistema en el punto de instalación debe ser menor que la del fusible y menor que la capacidad de ruptura de los tanques de condensadores para una falla sostenida de por lo menos medio ciclo.
- Debe poderse coordinar las curvas en función de los fusibles con las curvas de probabilidad de ruptura del tanque de los capacitores.
- Si la corriente de fallo de un capacitor de potencia de

alta tensión es mayor de 5.000 Amp. asimétricos para unidades individuales de 100 KVAR, se deben usar fusibles del tipo limitadores de corriente.

La selección del fusible adecuado debe considerar lo siguiente:

- Transporte de la corriente nominal

$$IN = 300 \text{ KVAR} \div \sqrt{3} \times 13,2 \text{ kv} = 13,12 \text{ AMP.}$$

- Transporte de las sobrecorrientes producto de los sobrevoltajes propios de la tolerancia del Sistema.

$$IN = \text{KVAR} / \text{KV}$$

Utilizando el factor tradicional de 1,65 para los bancos de condensadores conexión Y aterrizados tendremos:

$$\text{Fusible} = 13,12 \times 1,65 = 21,65 \text{ amp.}$$

No obstante lo indicado, debemos tener presente que dependiendo del fabricante, los fusibles normalmente tienen dos capacidades a saber:

- Capacidad nominal
- Capacidad continua de sobrecarga

Debemos tener presente éste último factor, por cuanto esto significa que bien se podrá seleccionar un fusible de 15 amp. nominal con capacidad de sobrecarga de hasta 21 amp. nominal.

Esta consideración evitará operaciones indeseadas por cuanto, mediante la Capacidad continua de Sobrecarga se prevé situaciones como transientes por seccionamiento, armónicas, descarga atmosféricas etc. A pesar de lo expuesto, el factor de 1,65 se lo podría optimizar hasta 1,35 cuando las posibilidades de fallas de alta magnitud son importantes. Esta precaución evita rupturas en tanques al despejar fallas más rápidamente seleccionando fusibles de menor capacidad de conducción.

$$\text{Fusible} = 13,12 \times 1,35 = 17,7 \text{ amp.}$$

Selección= 12 amp, tipo K (hasta 17 amp. de sobrecarga)

4.3.5 Efectos de las Armónicas en el Sistema Eléctrico de E.E.E.

El diseño de corrección de factor de potencia debe contemplar que no exista posibilidad alguna que los condensadores de potencia a utilizar, originen circuitos resonantes serie o paralelos con los elementos de estado sólido de la Planta (aparatos controlados por transistores, controladores de frecuencia, rectificadores, etc.) que den como resultados corrientes armónicas de grados importantes (3^{ro}, 5^{to}, 7^{no}, etc), por cuanto podrían dañar

los equipos de distribución de EEE ó accionar sus respectivas protecciones (ver gráfico No.15). Así:

MVA de cortocircuito de sistema
en el punto de entrega de energía = 178,4 MVA
(mínima generación)

MVAR de los condensadores
de potencia = 0,6
(máxima compensación)

$$h_o = \frac{MVAcc}{MVAR} = \frac{178,4}{0,6} = 17,2$$

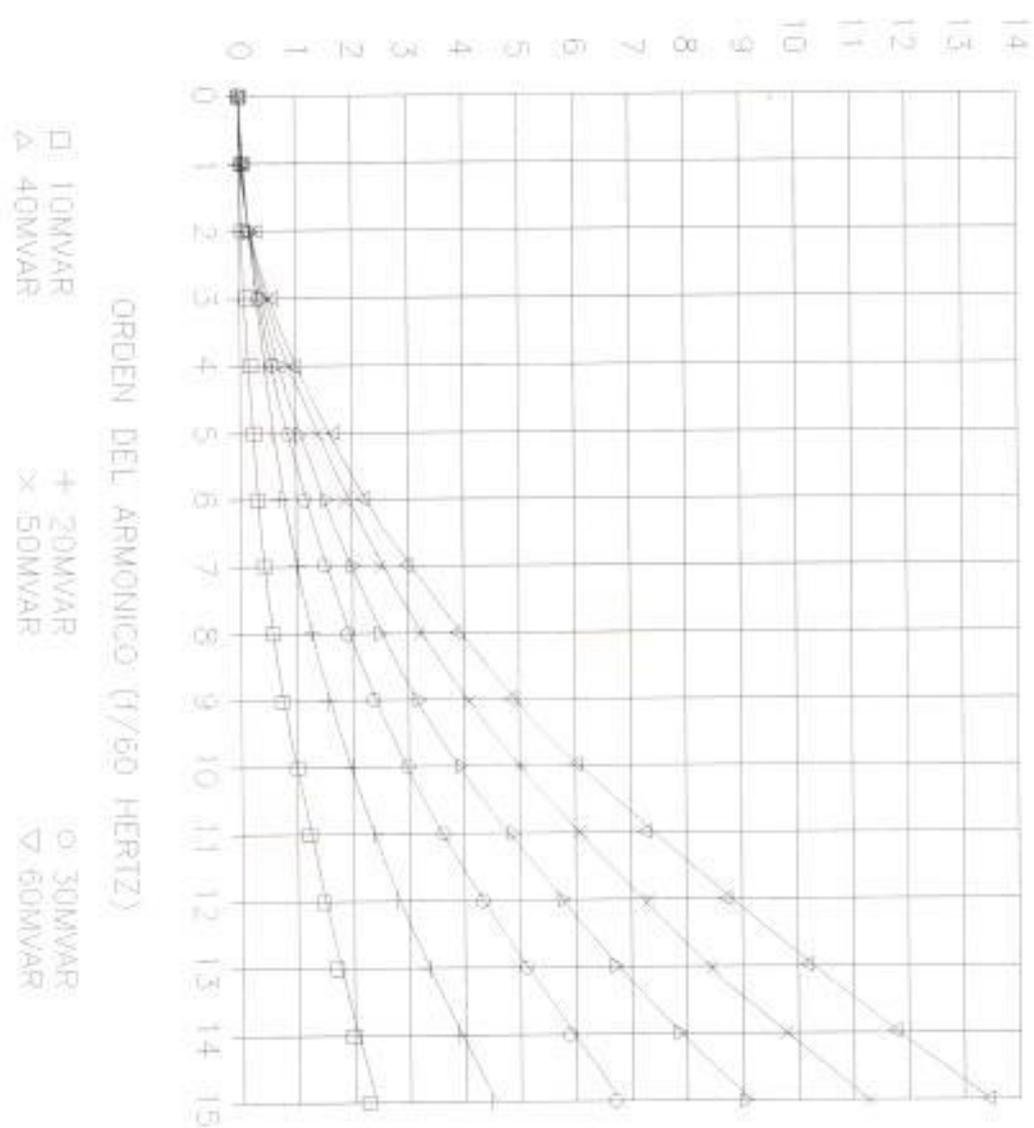
ho = order de armónica

CONCLUSION: El orden obtenido, en el evento de una resonancia, no representa peligro de amplificación por cuanto su valor (=Inom/17) es insignificante en comparación de los valores nominales de la corriente fundamental.

Es importante recalcar que los condensadores de potencia a utilizar, no generan armónicas pero sí, proporcionan circuitos o caminos para que se produzca una resonancia local o general ó para que las armónicas que siempre ven a existir, se magnifiquen.

MVA DE CORTO CIRCUITO (MVASC)
(Thousands)

RESONANCIA PARALELO DE UN SISTEMA
DE POTENCIA UTILIZANDO COMPENSACION



4.3.6 Curvas de Carga Compensadas

Cambiando al diseño seleccionado para el Sistema Automático de Transferencia de SICA(alternativa 3.5), y al diseño seleccionado para la corrección del factor de potencia (Caps. No. 4.3.3.), podemos fácilmente elaborar curvas de cargas compensadas en base a la información estadística del (Cap. 2.2.) y conocer el comportamiento proyectado de los parámetros eléctricos totales (KW, KVAR, KVA, f.P.) en el punto de medición de E.E.E.

**REPORTE CALCULADO DE CONSUMO DIARIO DE POTENCIAS
CON COMPENSACION DE REACTIVOS
SEGUN ALTERNATIVAS No3**

Nombre: SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.
Intervalos: 1 Hora

Comienzo: 08/12/81 16:00 Hrs
Término : 09/12/81 15:00 Hrs

Banco No 1 = 300 KVAR - fijo
Banco No 2 = 300 KVAR - automático

TIEMPO	KW. LIOF.	KW. PROC.	KW. SPRAY	KW. TOTAL	KVAR. TOTAL	KVA. TOTAL	F.P.
16: 0h	400	300.0	150.00	850.00	434.00	954.40	0.89
17: 0h	300	275.0	75.00	650.00	- 44.10	651.50	0.99+
18: 0h	400	150.0	78.75	628.75	- 95.60	635.97	0.98+
19: 0h	350	150.0	90.00	590.00	157.90	610.76	0.966
20: 0h	300	150.0	100.00	550.00	112.50	561.40	0.979
21: 0h	400	137.5	91.25	628.75	204.40	661.14	0.951
22: 0h	400	100.0	87.50	587.50	150.40	606.44	0.968
23: 0h	400	100.0	78.75	578.75	234.00	624.26	0.927
24: 0h	300	150.0	75.00	525.00	80.00	531.06	0.988
1: 0h	400	137.5	78.75	616.25	186.30	643.80	0.957
2: 0h	400	100.0	87.50	587.50	155.96	607.85	0.966
3: 0h	400	100.0	91.25	591.25	158.85	612.46	0.965
4: 0h	300	150.0	100.00	550.00	112.50	561.40	0.979
5: 0h	400	137.5	91.25	628.75	204.40	661.01	0.951
6: 0h	400	100.0	87.50	587.50	171.20	611.94	0.960
7: 0h	400	100.0	78.75	578.75	149.20	597.67	0.968
8: 0h	300	300.0	75.00	675.00	313.40	744.21	0.907
9: 0h	500	275.0	125.00	900.00	433.00	1081.67	0.832
10: 0h	500	150.0	150.00	800.00	360.50	877.47	0.912
11: 0h	500	150.0	145.00	795.00	354.30	870.37	0.913
12: 0h	400	300.0	141.25	841.25	464.50	960.97	0.875
13: 0h	450	275.0	137.50	862.50	520.48	1007.30	0.856
14: 0h	500	150.0	141.25	791.25	349.94	865.18	0.914
15: 0h	450	150.0	145.00	745.00	270.96	792.75	0.939
Mayor Diario:	500	300.0	150.00	900.00	520.48	1081.67	0.990
Menor Diario:	300	100.0	75.00	525.00	- 44.10	531.06	0.832
Total Diario:	9550	4087.5	2501.25	16138.75	5630.19	17322.98	22.538
Promedio Diario:	398	170.3	104.21	672.41	234.59	722.27	0.939

Las lecturas que se indican reflejan la operación Sistema en un día "tipo" donde operan casi todos los equipos y la Producción se la puede considerar normal.

COMPARACION DE KVAR CON Y SIN COMPENSACION

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

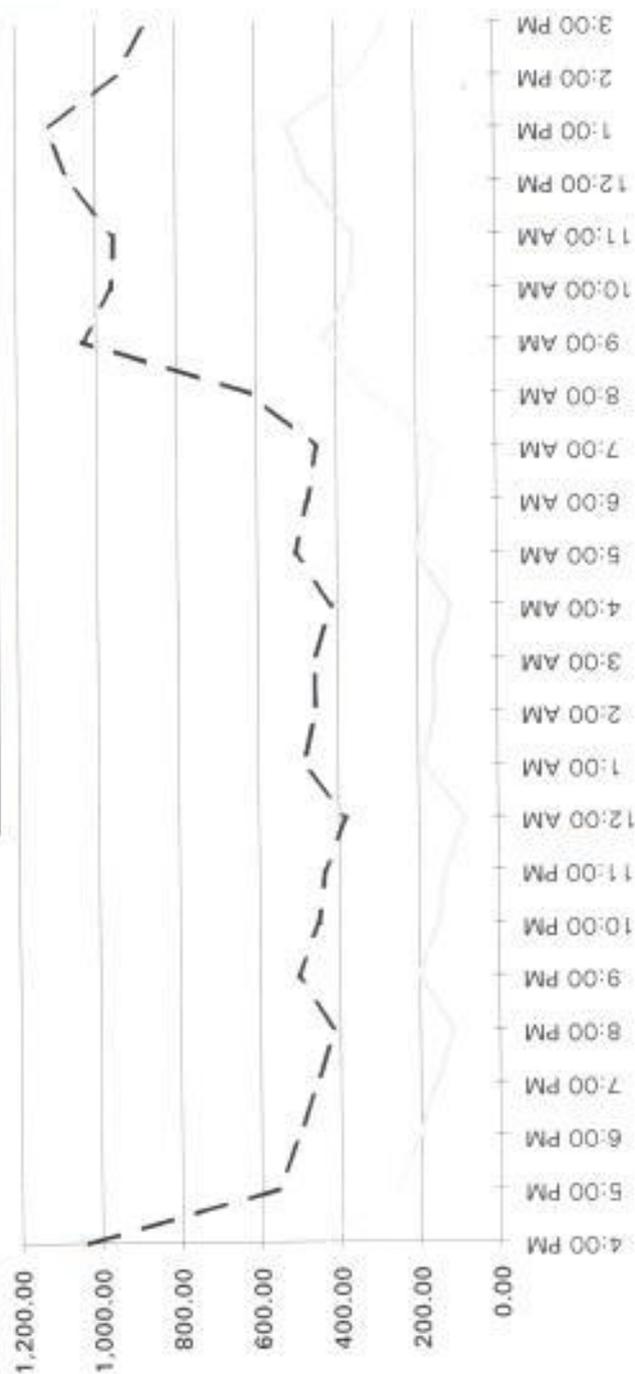
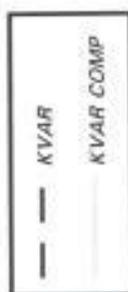


GRAFICO N° 16

COMPARACION DE KVA CON Y SIN COMPENSACION

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

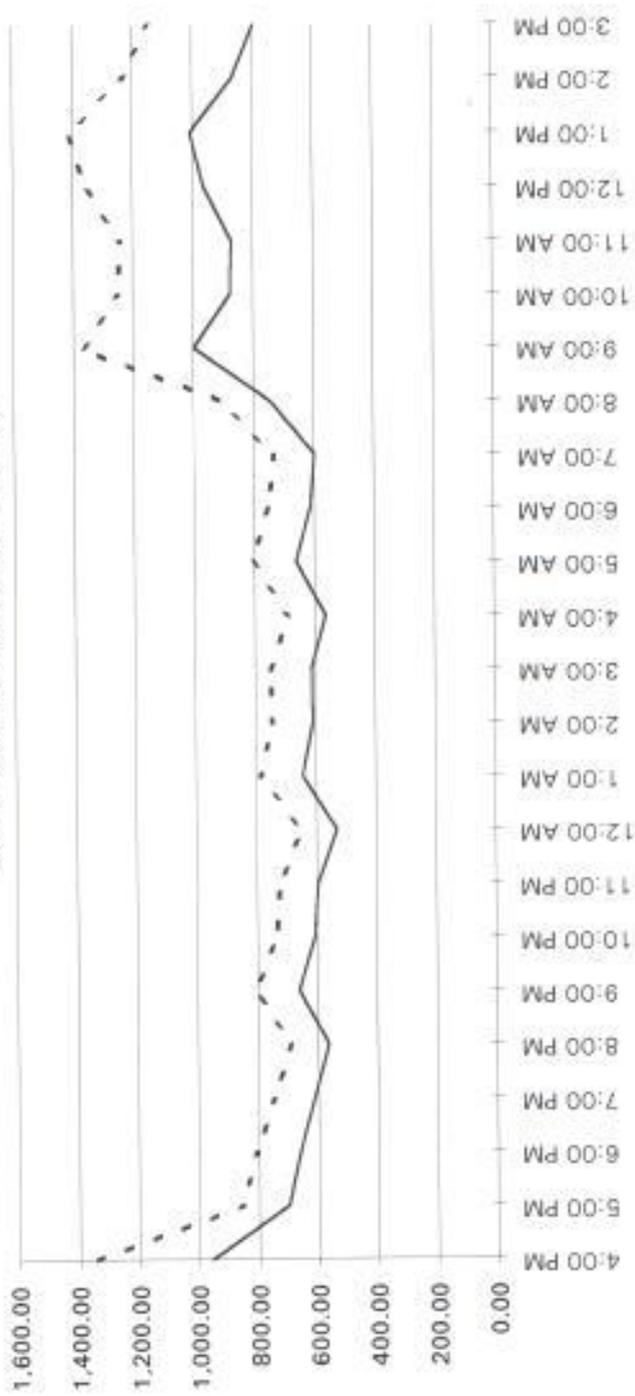


GRAFICO N° 17

COMPORTAMIENTO DIARIO DE POTENCIAS CON COMPENSACION

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

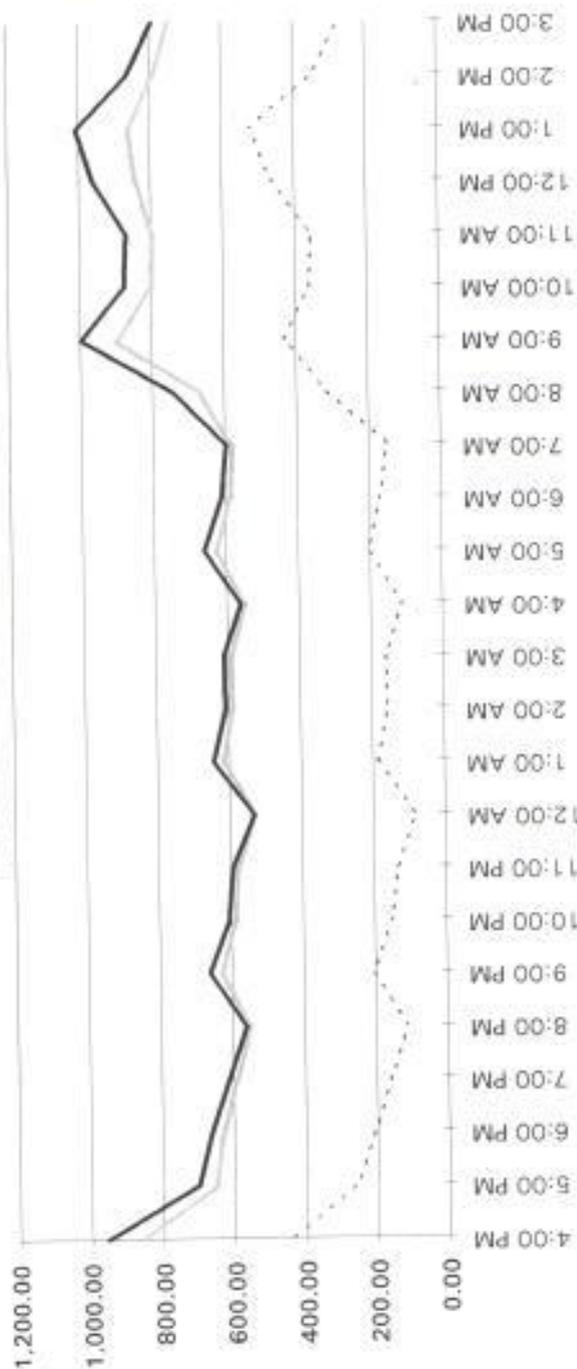


GRAFICO N° 18

VARIACION DEL FACTOR DE POTENCIA CON COMPENSACION

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

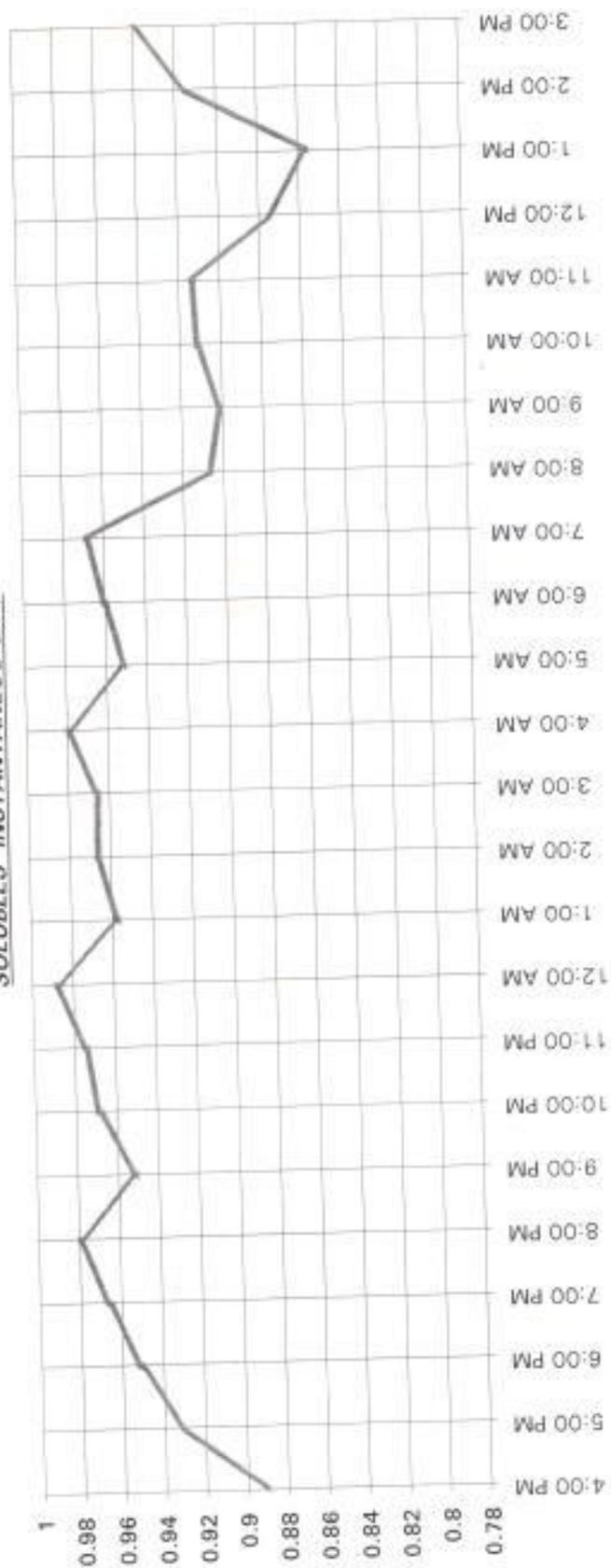


GRAFICO N° 19

COMPARACION DEL FACTOR DE POTENCIA CON Y SIN COMPENSACION

SOLUBLES INSTANTANEOS C.A.

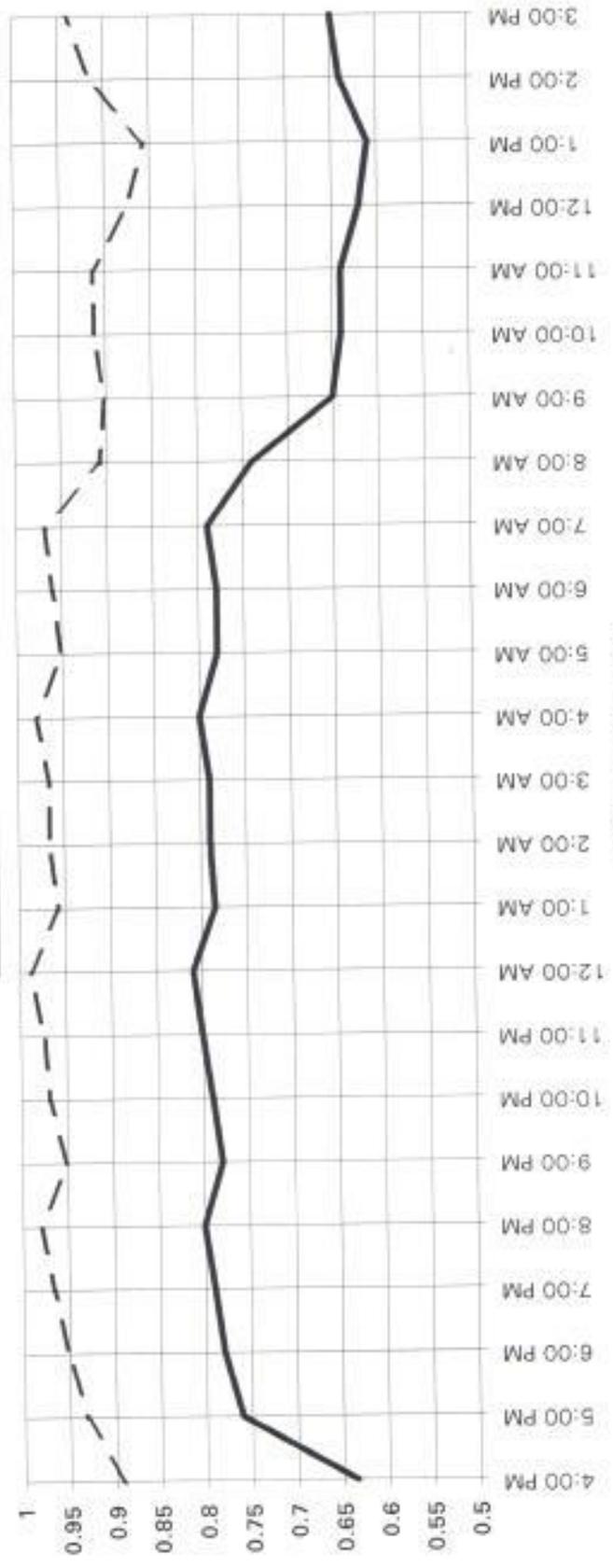


GRAFICO N° 20

4.4 Conclusiones

Del trabajo efectuado en el presente capítulo debemos puntualizar las siguientes conclusiones:

- a.-) Es muy importante en un diseño eléctrico definir periódicamente el alcance que tendrá el uso de condensadores.
- b.-) Hay que optimizar el diseño manteniendo una armonía entre lo técnico y económico.
- c.-) Es una obligación del técnico asesorar al industrial en el uso óptimo de la energía eléctrica evitando una mala práctica que llevará a encarecer los costos de producción (penalización) y, en suma a mayores inversiones del País para cubrir el exceso de la energía no deseada como es la reactiva.
- d.-) Hay que observar cuidadosamente los parámetros de operación del sistema eléctrico a compensar, para así, poder seleccionar los condensadores, equipos de seccionamiento y protección sin que tenga que sufrir situaciones que pudieran deteriorarlos.

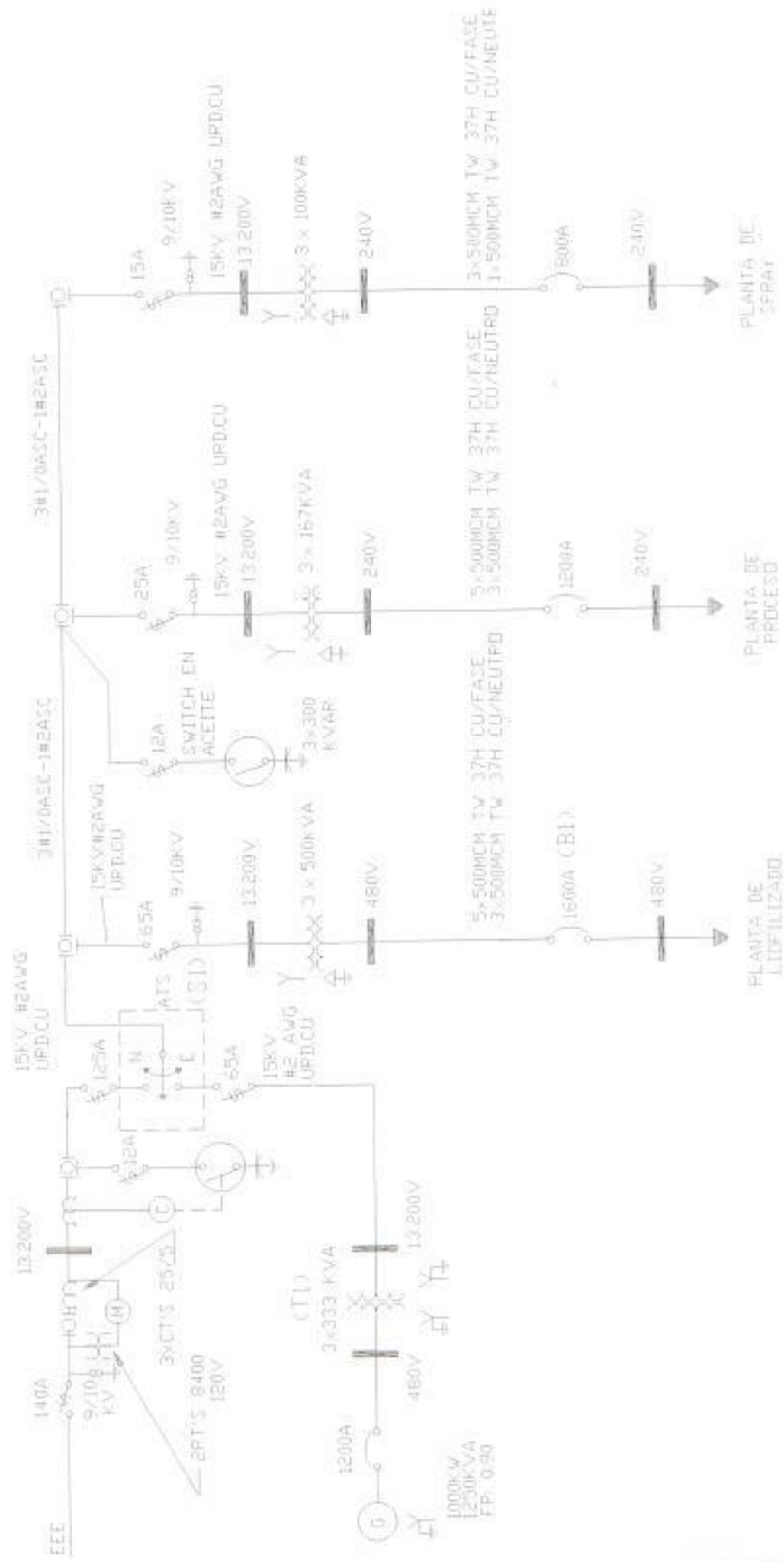
5 DISEÑO ELECTRICO INTEGRAL

5.1 DIAGRAMA UNIFILIAR FINAL

La unificación de los dos diseños tratados en el presente Informe Técnico, es decir, el sistema de Transferencia Automático en alta tensión y el sistema de compensación de reactivos en alta tensión, pueden apreciarse en el diagrama que a continuación se presenta.

Este sistema está operando a satisfacción desde el año 1982 sin novedad alguna.

DIAGRAMA UNIFILAR FINAL



GRAFICO#21

5.2 Selección de Equipos

Considerando los parámetros eléctricos que impone el diseño de la Planta Industrial de SICA, y a la información de los niveles de cortocircuito de la Alimentadora a 13.2 KV de E.E.E. procederemos a la selección de los equipos a utilizarse.

DATOS DE E.E.E. En el punto de entrega de energía a SICA

Máxima Generación :

Fallo Trifásico : 190.6 MVA Ang.; -85.57

Fallo Monofásico : 210.0 MVA Ang.; -86.74

Mínima Generación :

Fallo Trifásico : 178.4 MVA Ang.; -85.76

Fallo Monofásico : 200 MVA Ang.; -86.83

I) INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE TRANSFERENCIA (A.T.S.)

Corriente de Cortacircuito : 20.000 Amp.

Corriente Nominal : 300 Amp. Continuos

Voltaje Nominal : 15.000 Volt.

Nivel de Aislamiento : 110.000 Volt. B.I.L

Uso : Exterior/ Interior

Clase : Ra-20

Tipo : RAD 31-374M-20MH4EFT

Diagrama : B9113

Interruptores de Prueba

Medio de Desconexión/Conexión: Aceite Dieléctrico

II) TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

Corriente de Cortocircuito:	
Voltaje Nominal	: 7620/13200Y-240/480V
Capacidad	: 333 KVA c/u.
Nivel de Aislamiento	: 95.000 Volt. B.I.L
Uso	: Exterior/ Interior
Clase	: OA
Taps	: I 2x2 1/2 % c/u.
Tipo	: Standar (S)
Medio Aislante	: Aceite Dieléctrico

III) CONDENSADORES DE DISTRIBUCION

Voltaje Nominal	: 13.800 GRAY/7.960 Volt.
Capacidad	: 100 KVAR c/u.
Fases	: 3
Nivel de Aislamiento	: 95.000 Volt. B.I.L
Ciclos	: 60 HZ
Cantidad	: 3 por banco
Uso	: Exterior
Control	: Corriente-Tipo AS
Interruptores	: En Aceite
Cantidad Interruptores	: 3 por banco
Uso Interruptores	: Exterior
Tipo Interr.	: NR

Corriente Nominal Interr : 200 Amp.

Corriente Cortocirc.Interr: 9.000 Amp. 15 KV

Nivel de Aislamiento Interr:95.000 Volt. B.I.L.

IV) TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Tipo	: Seco
Voltaje Nominal	: 15.000 Volt.
Nivel de Aislamiento	: 110.000 Volt. B.I.L.
Precisión	: ANSI 03
Relación	: 75 : 5
Frecuencia	: 60 HZ
Uso	: Exterior
Burden	: B-0.5
Cantidad	: Uno

V) PARARRAYOS

Tipo	: Válvula
Voltaje de Operación	: 9/10 KV
Nivel de Aislamiento	: 90.000 Volt. B.I.L.
Uso	: Exterior
Cantidad	: Seis

VI) CABLE COBRE 15 KV

Tipo	: U.R.D.
Voltaje Nominal	: 15.000 V.
Uso	: Exterior/Interior
Neutro	: Concéntrico al 33 1/3%
Material aislamiento	: Polietileno Reticulado
Calibre	: # 2 AWG
Cantidad	: 100 mts aproximado

VII) INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

Tipo	: Caja Moldeada
Uso	: Industrial-Interior
Voltaje Nominal	: 600 V
Corriente Nominal	: 1.600 Amp.
Corriente de Cortocircuito	: 42.000 Amp. - 480V.
Operación	: Termomagnética

VIII) PUNTAS TERMINALES

Tipo	: Proformas en caucho
Uso	: Interior
Voltaje Nominal	: 15 KV
Diámetro	: Para # 2 AWG, URD
Cantidad	: 12

IX) PUNTAS TERMINALES

Tipo	: Porcelana
Uso	: Exterior
Votaje Nominal	: 15 KV
Diámetro	: Para # 2 AWG, URD
Cantidad	: 15

5.3 Conclusiones

- 1.-) Es altamente satisfactorio conocer que desde la puesta en marcha del Sistema Automático de Transferencia de SICA allá por el año 1981 hasta la presente fecha mediados del 93, su funcionamiento se mantiene excelente sin fallas y, prácticamente el único mantenimiento efectuado corresponde al filtrado del aceite del ATS el año 1988 por el lado natural que se va formando como residuo en la parte inferior del equipo cuando ocurren las operaciones de seccionamiento.

- 2.-) También es gratificante comprobar que en éstos doce años el Grupo Generador ha sido y continúa suficiente para poder atender las necesidades de carga eléctrica que demanda SICA incluidos los aumentos en maquinarias.

- 3.-) Respecto del Factor de Potencia de SICA también desde el primer día de instalación de los condensadores hasta la presente fecha su funcionamiento es excelente y el valor promedio oscila entre 0,98 y 0,99 es totalmente aceptable. El mantenimiento ha sido mínimo y no ha habido penalización por parte de E.E.E.

- 4.-) Como producto del trabajo efectuado podemos concluir que el Sistema de Transferencia en Alta Tensión se justifica plenamente cuando la capacidad de transformación en KVA de una empresa dada, es por lo menos, mayor que 1.500 KVA

a 220V ó 3000 KVA a 480 voltios. De esta forma, el costo del conjunto Transformadores de elevación Transferencia Automática en Alta Tensión incluida su instalación es menor que en Baja Tensión.

5.-) Actualmente existen varias empresas que han implementado dicho sistema para prevenir la falta del fluido eléctrico sobre todo por la incapacidad de nuestras Centrales Eléctricas para atender la demanda del País en época de estiaje.

A continuación mencionaré algunos de ellos:

- Industrial Molinera/92
- Phidaigesa/92
- Eterplast/92
- Transmabo/Cartonera Ecuatoriana/Conaplast/92
- Imbiosa/85
- Cacaos del Ecuador/81
- Banco La Previsora/94

6.-) Este trabajo resalta la necesidad de que en las empresas industriales se incorporen equipos de monitoreo para poder obtener periódicamente las curvas de carga del sistema y saber como se está consumiendo la energía eléctrica.

De la información que se obtiene se pueden mejorar muchos aspectos que producirían ahorros significativos e influirán finalmente en la reducción de los costos de producción

7.-) El tema de las Transferencias Automáticas de carga para Grupos Generadores de Emergencia cobra vigencia en la actualidad ya que, por todo el País es conocido el déficit de energía eléctrica que sufrimos a principios del año 1992. Esta alternativa será válida para muchas empresas que buscarán mantener su producción mediante sus propios Generadores evitando así pérdidas económicas que los desplazaría del grupo de aquellas que operan con eficiencia para así competir en mercados exigentes.