

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“CALIDAD, EFICIENCIA Y OPTIMIZACION DE LAS
INSTALACIONES ELECTRICAS DEL ESTADIO MONUMENTAL DE
LA "U".”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

MARTIN MAXIMO RODRIGUEZ SERVELEON

PROMOCION 1998-II

LIMA - PERU

2002

En homenaje a mi madre y a mi padre.
Agradeciendo el apoyo de mis hermanos

INDICE

	Pag
PROLOGO.....	9
 CAPITULO 1	
Introducción.....	10
 CAPITULO 2	
ALGUNAS DEFINICIONES PREVIAS:	
2.1.-Concepto de Calidad de la energía.....	13
2.2.-Definición de Armónicos.....	13
2.3.-Terminología básica usadas en instalaciones.....	14
 CAPITULO 3	
NECESIDAD DE IMPLANTAR CRITERIOS DE DISEÑO EN LA CALIDAD, CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA DE LA ENERGIA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES.....	
	18
3.1.-Generalidades sobre las instalaciones eléctricas.....	18
3.2.-Criterios a tomar en cuenta para diseñar un buen sistema eléctrico.....	19
 CAPITULO 4	
CALIDAD DE LA ENERGIA.....	21
4.1.-Concepto de Calidad de energía.....	21

4.2.-Origen de la mala calidad.....	21
4.3.-Problemas que genera la mala calidad de energía.....	22
4.3.1.-Generacion de armónicos.....	23
4.3.2.-Fugas de corriente en la red de tierra.....	24
4.3.3.-Variaciones de la tensión o voltaje.....	24
4.4.- Problemas frecuentes en el suministro eléctrico.....	24
4.4.1.- Problemas de voltajes de modo común	26
4.4.2.- Ruido Eléctrico.....	27
4.4.3.-Sobrevoltajes e impulsos transitorios.....	27
4.4.4.-Regulación de voltaje	27
4.4.5.-Fallas de energía eléctrica.....	28
4.4.6.-Disturbios inesperados.....	28
4.5.-Como prevenir los disturbios eléctricos en nuestras instalaciones...	29

CAPITULO 5

ARMONICOS EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS.....	31
5.1.- Concepto de armónicos.....	31
5.2.-Efecto de los armónicos en equipos.....	31
5.3.-Norma IEC 555-2 sobre electrodomésticos.....	34
5.3.1.-Limites de la Norma IEC 555-2.....	36
5.4.-Análisis armónico de la corriente armónica de un controlador de luz incandescente.....	38

5.5.-Tableros exclusivos dedicados a computadores.....	39
5.6.-Corrientes medidas en un edificio de oficinas.....	42
5.7.-Corrientes de entrada de fuentes de poder no interrumpidas trifásicas.....	42
5.8.-Recomendaciones referentes a distorsión armónica en sistemas de alimentación de electricidad.....	45
5.9.-Fugas de corriente en la red de tierra por mala calidad de energía.....	47

CAPITULO 6

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN INSTALACIONES

ELECTRICAS.....	48
6.1.-Uso eficiente de la energía eléctrica.....	48
6.2.-Tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la electricidad a nivel de usuarios.....	49
6.2.1.-Los motores eficientes.....	50
6.2.2.-Controladores electrónicos de velocidad.....	52
6.2.3.-Bombas.....	52
6.2.4.-Automatización y control de procesos.....	53
6.2.5.-Iluminación.....	54
6.2.6.-Computadores.....	58
6.3.-Eficiencia en sistemas de distribución de electricidad de los usuarios industriales, comerciales y de servicios.....	59

CAPITULO 7

EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGETICA.....	68
7.1.-Métodos generales para evaluar inversiones en eficiencia energética.....	68
7.2.-Elementos de análisis para definir cuando hay que introducir un motor nuevo eficiente.....	74
7.3.-La eficiencia energética en el cálculo de conductores y cables eléctricos.....	80
7.4.-Optimización de un sistema de iluminación en una planta industrial	83

CAPITULO 8

CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA ELECTRICO.....	86
8.1.-Diseño de sistema de suministro de electricidad tomando en cuenta aspectos de confiabilidad.....	86
8.2.- Esquema y opiniones que mejoren la confiabilidad de un sistema.....	88
8.3.- Problemas de confiabilidad vinculados con la calidad de la red	88
8.4.-Registros históricos de problemas de calidad de redes eléctricas.....	91
8.5.-Definición de los principales tipos de anomalías de redes de suministro de electricidad.....	94
8.6.-Proyectos de mejoramiento de la red: Solución a cortes de	

energía, regulación y transitorios de voltaje.....	96
8.7.- Proyectos de mejoramiento de la red: Soluciona los problemas de distorsión armónica.....	98
8.8.-Proyectos de mejoramiento de la red: Solución a los problemas de mallas de tierra.....	103

CAPITULO 9

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	105
9.1.- Algunas definiciones previas.....	105
9.1.1.-Potencial "cero.....	105
9.2.-Importancia de la instalación de una puesta a tierra.....	105
9.3.-Diferencias entre la conexión de tierra y neutro.....	106
9.4.-Elementos que integran un sistema de puesta a tierra	107
9.5.-Topologías y arreglos de sistemas de puesta a tierra	109
9.6.-Mediciones de la resistencia de una puesta a tierra.....	110
9.7.-Mantenimiento	111

CAPITULO 10

APLICACIÓN DE CALIDAD, EFICIENCIA Y CONFIABILIDAD DE LA ENERGIA EN EL SISTEMA ELECTRICO DEL ESTADIO MONUMENTAL.....	113
10.1.-Generalidades.....	113

10.2.- Sistema de Utilización.....	114
10.2.1.-Cálculo por corriente de carga.....	116
10.2.2.-Cálculo por caída de tensión.....	120
10.2.3.-Cálculo corriente de cortocircuito en el cable.....	122
10.2.4.-Cálculo por corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (lkm).....	125
10.2.5.-Dimensionamiento de barras 10 kv en SE N° 1.....	126
10.2.6.-Cálculo de la corriente de choque.....	126
10.2.7.-Cálculo por esfuerzos electrodinámicos.....	126
10.2.8.-Cálculo por resonancia.....	128
10.2.9.-Cálculo por elevación de temperatura	128
10.2.10.-Cálculo de ventilación.....	129
10.3.-Instalaciones Eléctricas interiores.....	133
10.4.-Uso eficiente de la energía en las instalaciones eléctricas del Estadio.....	134
10.4.1.-Introducción.....	134
10.4.2.-Descripción de los sub-sistemas.....	135
10.4.3.-Descripción por locales.....	138
CONCLUSIONES.....	146
BIBLIOGRAFIA.....	151

PLANOS

PROLOGO

El presente informe tiene como objetivo principal el de fijar criterios adicionales a los tradicionales, en el desarrollo de diseños de instalaciones eléctricas, con mención especial a las instalaciones del Estadio Monumental de la U, de la cual se ha tomado gran parte de la información para este informe.

Este informe consta de 10 capítulos, del segundo al tercer capítulo se exponen terminologías usadas y la necesidad actual de contar con un buen sistema eléctrico en nuestras empresas.

Del tercer al noveno capítulo se exponen generalidades, conceptos y como afrontar desde el diseño, ejecución y puesta en marcha de las instalaciones eléctricas, anomalías tales como armónicos, ineficiencia en el consumo de energía, falta de confiabilidad del sistema, mal sistema de puesta a tierra , que generalmente producen el mal funcionamiento de los equipos electrónicos y eléctricos y un consumo excesivo de energía.

Finalmente en el capítulo 10 se desarrolla los capítulos antes mencionados aplicado a las instalaciones del Estadio Monumental de la U, para lograr la calidad, eficiencia y confiabilidad en el uso de la energía eléctrica.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Este informe va dirigido a estudiantes, ingenieros y técnicos responsables de realizar instalaciones eléctricas las mismas que deben estar adecuadas al tipo de uso, y que tienen que ir de la mano con la innovación tecnológica, ya que en estos últimos tiempos la ingeniería electrónica ha avanzado a pasos agigantados, lo cual nos empuja a realizar sistemas eléctricos que sean confiables, de calidad, y el uso eficiente de la energía eléctrica, para proteger la inversión que realizan las empresas y/o personas naturales.

También se intentará sembrar en la conciencia de mis colegas la importancia de conocer la existencia de los disturbios de la electricidad, que vendrían hacer en comparación con los virus informáticos, los virus de la electricidad, se tratará de dar algunos lineamientos prácticos para amortiguar estos efectos, debemos tener en cuenta que existen muchas instalaciones eléctricas antiguas y que deben ser reemplazadas de acuerdo a las necesidades actuales, para cumplir con la exigencia mínima de los fabricantes y cumplir con las normas internacionales de instituciones como la NEC, IEEE, etc, para esto se mostrará algunas consideraciones en el diseño de las instalaciones.

Cuando se habla de calidad de la energía, se refiere de cómo recibimos la energía eléctrica, es decir desde el concesionario hasta el consumidor final, ésta debe cumplir algunos estándares reglamentados o normados de variación de voltaje, fluctuaciones, frecuencia, es decir, se habla de menor o mayor calidad de la energía, en la medida que nos apegamos mas a las normas establecidas para este fin.

Uno de los disturbios de la energía eléctrica que más importancia tiene para tomarse en cuenta a la hora de diseñar una instalación eléctrica, son los armónicos que son parte de la mala calidad de la energía, éstos de modo común pueden causar pérdidas inexplicables de datos, mal funcionamiento, fallas del sistema y recalentamiento de equipos, etc.

También se analizará, utilizando fórmulas de las matemáticas financieras, en que momento un equipo eléctrico debe ser cambiado de acuerdo a comparaciones con equipos de mayor tecnología, este tiene como fin dar la herramienta en la toma de decisiones.

En cuanto al uso mismo de la energía eléctrica, ahora más que nunca, se debe tomar en cuenta el uso de la tecnología para el uso eficiente de esta, debemos recalcar que actualmente los contratos que se firma con el concesionario de distribución eléctrica, existen penalidades por sobrepasarse de la demanda máxima en Horas punta y esto naturalmente se manifiesta en dinero, y que gracias a la automatización de los equipos

electromecánicos se puede lograr un programa de Ahorro de Energía, como por ejemplo generar energía por medio de grupos cuando la energía comercial esta por llegar a la demanda máxima solicitada a la empresa concesionaria.

CAPITULO 2

ALGUNAS DEFINICIONES PREVIAS

2.1.-Concepto de calidad de la energía.

Calidad de la energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- Tensión o voltaje constante.
- Forma de onda sinusoidal.
- Frecuencia constante.

Investigaciones llevadas a cabo en estos últimos años, acerca del correcto desempeño de las instalaciones eléctricas, han permitido establecer este nuevo concepto. Cualquier desviación de estos estándares de calidad que ocasiona problemas en los equipos eléctricos instalados, recibe el nombre de Mala Calidad de Energía.

2.2.- Definición de armónicos.

- Son frecuencias enteras o múltiplos de números enteros de frecuencias fundamentales. Cuando estas se combinan con las ondas sinusoidales fundamentales, forman una onda distorsionada, repetitiva, no sinusoidal.

2.3.-Terminología básica

- **Aislación:** Es el conjunto de aislantes aplicados alrededor de los conductores y destinados a aislarlos eléctricamente.

- **Aislado eléctricamente:** separado de otras superficies conductoras por un dieléctrico (incluyendo aire) que ofrece una alta resistencia al paso de la corriente.

- **Aislador:** Material aislante de una forma diseñada para soportar físicamente un conductor y separarlo eléctricamente de otros conductores u objetos.

- **Automático:** que opera por si mismo o por su propio mecanismo, cuando actúa por una influencia no personal, como por ejemplo un cambio de corriente, no manual, sin la intervención de una persona. El control remoto que requiera intervención de personas no es automático sino manual.

- **Buzón de inspección:** Un recinto subterráneo en el cual personal puede entrar y que es utilizado con el propósito de instalar, operar y mantener equipos y cables subterráneos.

- **Buzón de registro:** Una abertura de acceso, prevista en un equipo o en un recinto subterráneo relacionado con líneas subterráneas, en el cual el personal puede tener acceso sin poder entrar, con el propósito de instalar, operar o mantener equipos, o cables o ambos.

- **Cable:** Un conductor con aislamiento, o un conductor con varios hilos trazados, con o sin aislamiento y otras cubiertas (cable monopolar o unipolar) o una combinación de conductores aislados entre sí.

- **Capacidad de corriente:** Es la capacidad de conducir corriente de un conductor eléctrico bajo condiciones térmicas establecidas, expresada en amperes.

- **Circuito:** Un conductor o sistema de conductores concebido para que a través de ellos cuales pueda circular una corriente eléctrica.

- **Conductor de puesta a tierra:** Conductor utilizado para conectar el equipo o el sistema de cableado a uno o varios electrodos de puesta a tierra.

- **Conexión equipotencial:** Conexión permanente de baja impedancia, de partes metálicas normalmente no energizadas, para formar una vía eléctricamente conductiva que asegure continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente impuesta.

- **Equipo:** Un termino genérico que incluye accesorios, dispositivos, artefactos, arreglos, aparatos y similares utilizados como, parte de o en conexión con un suministro eléctrico o con sistemas de comunicaciones.

- **Estación de generación:** Una planta donde se produce energía eléctrica por conversión de alguna otra forma de energía, por medio de aparatos apropiados. Esto incluye todos los equipos asociados necesarios para la operación de la planta. No se incluyen las estaciones que producen potencia para uso exclusivo de sistemas de comunicaciones.

- **Instalación al interior:** Es una instalación eléctrica o de comunicaciones, dentro de un edificio o una envolvente, cuyos medios de servicio están protegidos contra las influencias atmosféricas.

- **Línea:** Es una disposición de conductores, materiales aislantes y accesorios para transmitir electricidad entre dos puntos de un sistema.

- **Puesta a tierra:** Conectado a tierra o en contacto con ella o conectado a un cuerpo conductor que actúe como la tierra.

- **Subestación:** Conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o solo

al seccionamiento y protección de circuitos y esta bajo control de personas calificadas.

- **Suministro:** conjunto d instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.

CAPITULO 3

NECESIDAD DE IMPLANTAR CRITERIOS DE DISEÑO EN LA CALIDAD, CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA DE LA ENERGIA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES.

3.1.-Generalidades sobre las instalaciones eléctricas actuales:

Las empresas constructoras son las encargadas de realizar las construcciones de complejos arquitectónicos, muchos de ellos megaproyectos, en donde se requiere una estructura de organización, como gerencia de proyectos, Jefaturas, Supervisores, Logística, etc., para garantizar un trabajo con la calidad que se requiere, respondiendo a los requerimientos que exige este mundo globalizado.

Es por ello que las empresas constructoras son las llamadas a innovar los procesos de construcción en toda su dimensión, en la que se encuentra como parte vital las instalaciones eléctricas, área que detallaremos con mayor incidencia en este informe.

Además se debe tener en cuenta que existen muchas instalaciones antiguas que en su momento se diseñaron para una carga específica y particular, pero que sin embargo en la actualidad ha cambiado radicalmente por el uso de muchos equipos electrónicos, es por ello que una de las recomendaciones que se detallaran mas adelante y a corto plazo es el de

diseñar cables eléctricos de mayor diámetro, claro que este debe guardar cierta relación con el costo en dinero a la hora de comprar el cable eléctrico.

3.2.-Criterios a tomar en cuenta para diseñar un buen sistema eléctrico.

Para diseñar un buen sistema eléctrico se debe tomar en cuenta algunos criterios adicionales a los tradicionales que ya conocemos.

En estos últimos años nos encontramos con un arsenal de equipos electrónicos cada vez mas sofisticados y que son más sensibles a la mínima variación de voltaje, es por esto que se debe tomar en cuenta algunos criterios normados para diseñar una instalación eléctrica.

Algunos de los criterios son:

-Además de los factores de corrección del dimensionamiento de los cables eléctricos se debe considerar hasta un 30% más para amortiguar el efecto de los armónicos.

-Diseñar tableros exclusivos para computadoras y demás equipos electrónicos, a la vez que se conecten a un UPS y un transformador de aislamiento.

-En lo posible tratar de usar varios circuitos eléctricos.

-Dimensionar el neutro para que sea capaz de soportar la suma de las corrientes de las fases en un sistema trifásico, ya que estos en teoría deberían anularse pero con la existencia de armónicos existe un desbalance entre éstas.

-Usar herramientas computacionales para obtener un diseño óptimo y que contengan gran parte de los criterios antes mencionados.

CAPITULO 4

CALIDAD DE LA ENERGIA

4.1.-Concepto de Calidad de energía:

Calidad de la energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- Tensión o voltaje constante.
- Forma de onda sinusoidal.
- Frecuencia constante.

Investigaciones llevadas a cabo en estos últimos años, acerca del correcto desempeño de las instalaciones eléctricas, han permitido establecer este nuevo concepto. Cualquier desviación de estos estándares de calidad que ocasionen problemas en los equipos eléctricos instalados, recibe el nombre de Mala Calidad de Energía.

4.2.-Origen de la mala calidad:

Puede tener 2 orígenes:

El primero, en la acometida de la red eléctrica que alimenta la instalación, por deficiencias del suministro.

El segundo en la propia instalación.

Los equipos electrónicos modernos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos) presentan un comportamiento de

carga no lineal a diferencia de otros equipos que presentan carga lineal (iluminación, calefactores eléctricos, motores). Normalmente la energía que requieren los equipos de carga lineal es de 60 Hz de frecuencia y 220 voltios. Sin embargo los equipos electrónicos requieren de una energía de mas eficiencia llamada "Switch mode" o modo de interrupción, que funciona a manera de pulsaciones que no tiene forma de onda de voltaje sinusoidal. Estos modernos equipos necesitan un dispositivo electrónico que convierta la corriente alterna en corriente directa. Aproximadamente el 50% de la energía eléctrica pasa por este dispositivo antes de ser finalmente aprovechada. No obstante, estos dispositivos tienen efectos secundarios que son los que ocasionan la mala calidad de energía.

4.3.-Problemas que genera la mala calidad de energía:

Los problemas que genera la mala calidad son:

4.3.1.-Generación de corrientes armónicas.

4.3.2.-Fugas de corrientes en la red de tierra.

4.3.3.-Variaciones de voltaje.

Estos fenómenos técnicos ocurren por dos razones principalmente:

- La instalación de equipo electrónico en un ambiente determinado sin haber hecho las modificaciones necesarias en la instalación eléctrica, de tal

manera que no hay un equilibrio entre el consumo de energía y la instalación que soporta este consumo.

La construcción de edificaciones sin el conocimiento de la carga eléctrica que se requerirá para las necesidades de consumo de energía de los equipos que serán instalados.

4.3.1.-Generación de armónicos:

En el capítulo V desarrollaremos con más detenimiento el caso de los armónicos.

4.3.2.-Fugas de corriente en la red de tierra:

Algunos equipos electrónicos filtran la corriente alterna porque tienen un consumo no lineal. El voltaje filtrado aparece como corrientes en el sistema de tierra que tienen frecuencias muy altas (hasta 100 kHz) y que no están sincronizadas con la fundamental de 60 Hz. Estas corrientes que provienen de diferentes equipos se combinan en su desplazamiento hacia tierra. El resultado de esto son las fugas que se encuentran en los principales puntos de tierra. Originalmente la conexión a tierra tenía un propósito de seguridad, proteger al hombre de recibir una descarga eléctrica. Hoy en día la inclusión de equipo electrónico hace que la conexión a tierra tenga que estar preparada para recibir estas corrientes adicionales. El mal funcionamiento de la conexión a tierra puede ocasionar:

- Shocks eléctricos.
- Interferencias con los equipo.

Para ello se debe preveer lo siguiente:

- Mantener bajas impedancias en la ruta a tierra.
- Disponer en un plano del sistema de tierra detallado de tal manera que establezca claramente el origen, el destino de los cables y si estos pueden ser desconectados.

4.3.3.-Variaciones de la tensión o voltaje

Las variaciones típicas de voltaje son las siguientes:

- Pico de alto voltaje.
- Caídas de voltaje.
- Parpadeo de voltaje.
- Estas distorsiones ocasionan el mal funcionamiento del equipo electrónico. La exposición recurrente a estos problemas definitivamente las reduce el tiempo de vida útil.

Para solucionarlos se debe prever lo siguiente:

- Circuitos dedicados para equipos electrónico especial con sus correspondiente instalaciones de Back Up como por ejemplo UPS.
- Un sistema de conexión a tierra con un buen diseño y mantenimiento.
- Instalación de eliminadores de sobretensión para protección de áreas claves.
- Sistemas de Filtros para complementar todas las acciones anteriores.

4.4.-Problemas frecuentes en el suministro eléctrico.

Los problemas mas frecuentes que se presentan con el suministro de energía eléctrica, generalmente por estar fuera de los rangos o parámetros que se fijan para lograr una energía de calidad, estas son:

4.4.1.- Problemas de voltajes de modo común

4.4.2.- Ruido Eléctrico.

4.4.3.-Sobrevoltajes e impulsos transitorios.

4.4.4.-Regulación de voltaje,

4.4.5.-Fallas de energía eléctrica.

4.4.6.-Disturbios inesperados.

Estos problemas de la energía eléctrica que alimenta su sistema, pueden atacar la productividad de una empresa.

Se ha oído muchas veces comentarios acerca de los peligros de los virus del software. Pero los problemas de energía eléctrica puede hacer mucho daño a su sistema, y una instalación típica como la que encontramos en casi cualquier parte de nuestro país.

Algunos de éstos disturbios eléctricos son obvios, algunos casi no se pueden notar, pero todos causan problemas que pueden dañar seriamente su productividad, causando la pérdida de datos, interrupciones en el funcionamiento del sistema, errores de comunicación y fallas del hardware.

4.4.1.-Problemas de voltajes de modo común.

Probablemente este disturbio es el más serio que encaran los usuarios de computadores hoy en día, los problemas de voltajes de modo común pueden causar pérdidas inexplicables de datos, mal funcionamiento, fallas del sistema y llamadas de servicio en las que "no se encuentra ningún problema". La única forma de inmunizar su sistema contra el voltaje de modo común es instalar un acondicionador de energía eléctrica o UPS que tenga un transformador de aislamiento en la salida.

4.4.2.-Ruido eléctrico

Este disturbio es transmitido por aparatos eléctricos cercanos, tales como reactores de iluminación fluorescente, motores eléctricos, impresoras, fotocopiadoras y hasta otras computadoras. Con el tiempo, y en conexión con los impulsos de bajo voltaje, el ruido puede desgastar componentes eléctricos y causar que fallen sin ninguna razón aparente.

4.4.3.-Sobrevoltajes e impulsos transitorios

Al igual que el ruido eléctrico, este virus también es transmitido por equipos dentro de su oficina o lugar de trabajo. Cuando los elevadores, motores o aparatos de aire acondicionado arrancan y paran, ellos pueden causar grandes aumentos de voltaje dentro del sistema eléctrico. Otras causas incluyen la operación de interruptores por la compañía de servicio eléctrico y las descargas eléctricas atmosféricas (que pueden causar sobrevoltajes transitorios tan intensos que literalmente "destruyen" circuitos electrónicos sensibles).

4.4.4.-Regulación de voltaje

En el pasado, los voltajes no regulados causaban grandes problemas con las fuentes de alimentación lineales, dificultando el funcionamiento de equipos basados en computadoras. Las fallas eran comunes, sin embargo,

gracias a las fuentes de modo de conmutación utilizadas en las computadoras actuales, los sistemas de hoy en día han desarrollado su propia inmunidad a los virus de regulación de voltaje. (Esta inmunidad es un resultado de la misma tecnología que hizo las fuentes de alimentación de modo de conmutación más pequeñas y económicas).

4.4.5.-Fallas de energía eléctrica

Aun cuando los "apagones" eléctricos son los más visibles y memorables de todos los disturbios eléctricos, los apagones son relativamente infrecuentes y causan muy pocos problemas cada año. Una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) mantendrá su sistema energizado y operando durante una falla del servicio eléctrico, pero no lo inmunizará contra todos los demás disturbios eléctricos.

4.4.6.-Disturbios inesperados

Este disturbio infecta su sistema usando un camino bastante inesperado: la "puerta trasera" de su sistema. Aun cuando no provienen de conexiones del servicio eléctrico de corriente alterna, varios disturbios eléctricos dañinos pueden entrar en sistemas electrónicos a través de líneas telefónicas, modems, conexiones de red y cables de entrada/salida (E/S),

4.5.-Como prevenir los disturbios de electricidad en nuestras instalaciones.

Primero:

Es necesario incorporar un desviador de impulsos de sobrevoltaje. Los desviadores de impulsos toman las condiciones transitorias de alto voltaje y las desvían lejos de su sistema electrónico.

Segundo:

Un transformador de aislamiento de baja impedancia. Los transformadores eliminan el voltaje de modo común y aseguran que la tierra del sistema de lógica (o la referencia para tomar decisiones) de la computadora no es disturbada.

Tercero:

Los filtros de ruido son importantes para proteger el sistema contra el ruido de alta frecuencia de modo normal. Estos tres elementos son la base de todas las soluciones eficaces para los problemas de protección eléctrica.

El sistema de batería se puede añadir a esta protección, pero una UPS sin estos tres importantes elementos no asegura realmente la calidad de la energía eléctrica.

CAPITULO 5

ARMONICOS EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS

5.1.- Concepto de armónicos:

Son frecuencias enteras o múltiplos de números enteros de frecuencias fundamentales. Cuando estas se combinan con las ondas sinusoidales fundamentales, forman una onda distorsionada, repetitiva, no sinusoidal.

5.2.-Efecto de los armónicos en equipos:

A)En conductores:

Recalentamiento de los conductores por que la corriente aumenta, y la existencia de corrientes elevadas en el neutro.

B)En interruptores automáticos:

Actúan los térmicos debido a que se incrementa la corriente.

C)En barras colectoras:

Los armónicos Triplens provocan calentamiento.

D)En tableros de Medición:

Estos son diseñados para la frecuencia fundamental, presentan resonancia debido a campos magnéticos y empieza a vibrar a frecuencia superior (frecuencia de los armónicos).

E)En telecomunicaciones:

Los armónicos originan interferencias.

F)Transformadores de Distribución:

Las corrientes armónicas del neutro se reflejan en el primario originando calentamiento del núcleo.

Los sistemas de distribución eléctrica en instalaciones industriales pueden verse afectados por las corrientes y voltajes armónicos. A continuación indicamos en el cuadro siguiente algunos de los componentes más comunes, el efecto que las corrientes o voltajes armónicos tienen en ellos y los posibles problemas.

Componente	Efecto de las armónicas	Posibles problemas
Conductor neutral	Algunas armónicas (las múltiplos de la 3ª: 3ª, 9ª, 15ª, etc.) no se cancelan, mas bien se suman en el conductor neutral.	El conductor neutral puede estar sobrecargado, y esto representa un peligro ya que este conductor no está protegido por un interruptor. Para aplicaciones con alto contenido de armónicas, se debe evitar el neutro I compartido por varios circuitos y en los alimentadores, el neutral debe ser de igual calibre que los otros conductores (evitar neutral reducido).
Paneles Eléctricos	Paneles diseñados para llevar corrientes de 60 Hz. Pueden entrar en resonancia mecánica debido a los campos magnéticos producidos por las corrientes armónicas.	Los paneles emiten un sonido debido a la vibración a frecuencias armónicas. Estas vibraciones pueden aflojar conexiones eléctricas y causar un daño en los equipos.
Banco de Capacitores	Los bancos de capacitores son diseñados para llevar su capacidad de corriente de 60 Hz. Ya que la impedancia capacitiva es inversamente proporcional a la frecuencia, el banco de capacitores presenta una impedanci a menor a corrientes con frecuencias mayores.	Pueden dañarse los bancos de capacitores por sobrecarga. Una de las opciones es la de instalar filtros para las armónicas.
Motores	Los motores se diseñan para manejar corrientes de 60 Hz. La presencia de corrientes armónicas produce un aumento en las pérdidas de energía y por consecuencia un sobrecalentamiento interno del motor.	Puede darse una falla del motor por envejecimiento prematuro de su aislamiento, debido a su operación a temperaturas mayores que las de diseño. Cuando se utilizan motores con manejadores de frecuencia variable (Variable Frequency Drives "VFD") se deben utilizar motores diseñados para esa aplicación.
Transformadores	Los transformadores están diseñados para llevar carga a 60 Hz, corrientes a mayores frecuencias producen un incremento en las pérdidas de energía en el núcleo, causando un aumento de temperatura a niveles mayores que con corrientes de frecuencia fundamental.	Posible daño del transformador por sobrecalentamiento. Cuando existe un nivel alto de armónicas, se debe instalar un transformador con la capacidad "rating" para corrientes armónicas, comúnmente conocidos como tipo "K". En instalaciones existentes, se debe verificar el calibre de la barra del neutral.

5.3.-Norma IEC 555-2 sobre electrodomésticos

Armónicas en rectificadores : computadoras y televisores.

Si bien existen diversos equipos cuyo consumo es no-lineal, televisores y computadores son de empleo masivo y por tanto, las armónicas que inyectan han sido motivo continuo de analisis y normalización.

La razón por la cual su consumo es no sinusoidal se relaciona con el empleo de un circuito de rectificación o fuente de poder de alimentación.

La figura (a) muestra un diagrama básico circuital y la forma de onda de la corriente que se observa en la red de 220V. Básicamente, el circuito con diodos conduce solo en los instantes en que el voltaje se acerca al valor máximo; en ese instante se recarga el condensador que mantiene constante simulando una batería de voltaje continuo constante. Cuando el voltaje sinusoidal es inferior al voltaje del condensador los diodos dejan de conducir. El resultado es que prácticamente todos los computadoras y televisores tienen un consumo de corriente pulsante, como el mostrado en la fig. (b); los pulsos de corriente coinciden con el valor máximo del voltaje, lo que acentúa el problema de distorsión debido a la simultaneidad de este pulso de corriente en todos los televisores y computadores.

Fig. (a)

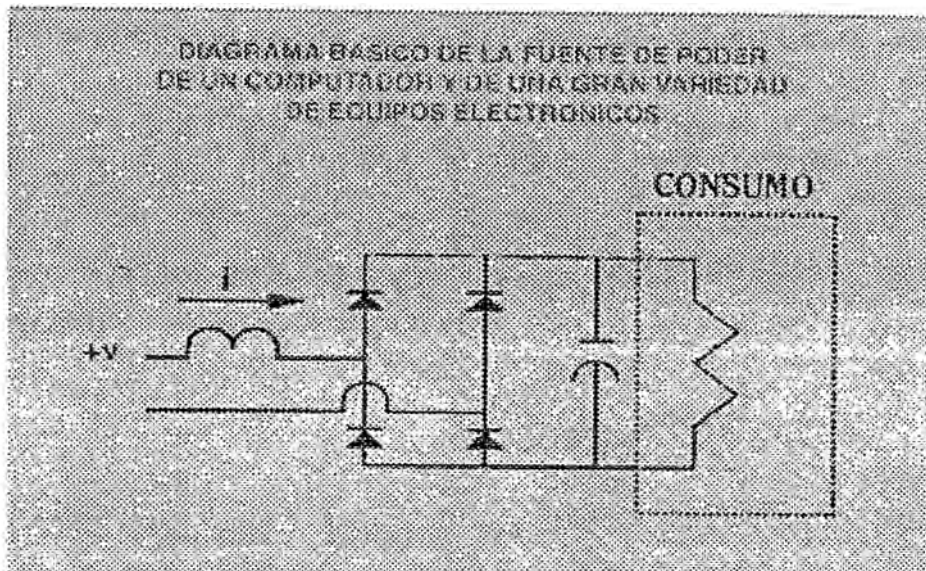
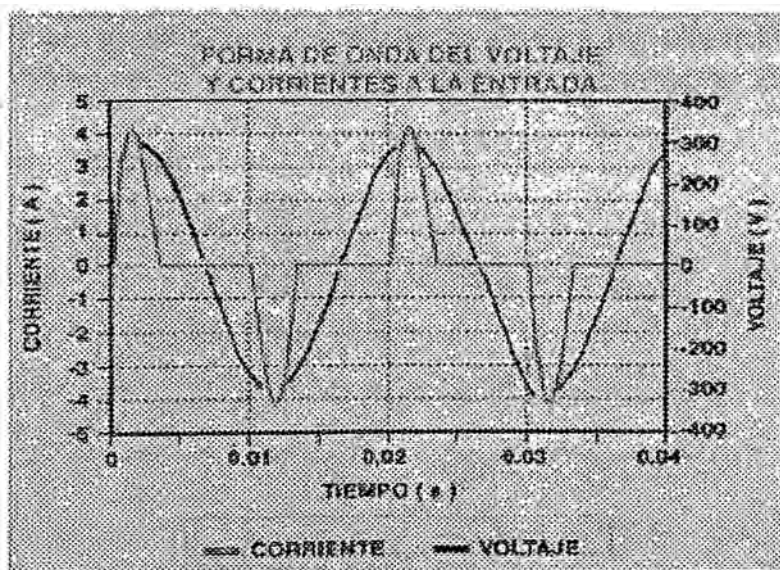


Fig. (b)



5.3.1.-Límites de la Norma IEC 555-2

La norma IEC 555-2 establece las exigencias sobre armónicas que deben cumplir todos aquellos equipos que consumen menos de 16 A por fase en la red de 220V a 415V, entre ellos figuran los computadores personales y televisores.

La tabla 1 muestra los límites que todo equipo de más de 50W debe cumplir. Bajo esa potencia no existirá límite alguno. La norma establece los límites en base a valores eficaces (rms) de cada armónica. La relación entre el valor eficaz y valor máximo es:

$$I_{\text{rms}h} [\text{A rms}] = \frac{I_{\text{mh}}[\text{A max}]}{\sqrt{2}}$$

El valor efectivo total es la suma cuadrática del valor rms de cada armónica:

$$I_{\text{rms tot}} [\text{A rms}] = \sqrt{I_{\text{rms}1}^2 + I_{\text{rms}2}^2 + I_{\text{rms}3}^2 + \dots + I_{\text{rms}h}^2}$$

TABLA 1		
Límite de Norma IEC 555-2		
ARMONICA	LIMITE	LIMITE
H	m A/W	A
3	3.4	2.3
5	1.9	1.14
7	1	0.77
9	0.5	0.4
11	0.35	0.33
13 y más	3.85/n	0.15*15/n

Los límites expuestos en la Tabla 1 se aplican, a modo de ejemplo, al consumo de un computador personal que posee una fuente de poder de 200 W. La fuente tiene una eficiencia de un 75% de modo que absorbe de la red 267 W.

La tabla 2 señala los límites derivados del standard. En este caso, como en todo equipo menor que 670W, el límite esta impuesto por el valor en m A/W descrito en la norma.

Así usualmente, los computadores distorsionan la red con una corriente armónica que es levemente superior a la admitida por la Norma. Debe hacerse notar que, en 1982, la Norma IEC solo establecía el límite absoluto en amperes indicando en la tabla 1, que en el caso de la armónica 11 es 0.33 A, es decir, bastante superior al límite aceptado hoy.

La solución al problema, entre otras, consiste en agregar una inductancia en serie con la fuente(del orden de 10mH). Con ello, los valores se modifican y prácticamente cumplen con lo exigido.

En todo caso la Norma permite inyectar un 75% de armónica 3, situación que será necesario considerar en los diseños de alambrado.

TABLA 2		
Límite aplicados a un PC de 200W		
ARMONICA	LIMITE	Onda fig a y b
H	A rms	A rms
1	-----	1.201
3	0.908	0.977*
5	0.508	0.620*
7	0.266	0.264
9	0.133	0.068
11	0.094	0.114*
13	0.079	0.089*
15	0.069	0.029
17	0.061	0.042
19	0.054	0.044
21	0.049	0.019
23	0.045	0.020

(*) valor excedido

5.4.-Análisis de la corriente armónica de un controlador de luz incandescente.

Un dispositivo para controlar la corriente en un consumo lineal constituido por una inductancia y una resistencia, el voltaje es interrumpido por los semiconductores y deja de ser sinusoidal; la corriente es nula en determinados intervalos de tiempo, el usuario puede controlar los instantes de conducción y por tanto variar el voltaje y la corriente, este sistema se emplea para regular la iluminación emitida por una ampolla de luz incandescente. Por cierto, que a plena luz, los semiconductores conducen todo el tiempo, y el voltaje y corriente resultan sinusoidales. Para disminuir la iluminación se hace conducir los semiconductores durante un tiempo menor,

disminuyendo la potencia en la lámpara. En estas circunstancias, la corriente por la lámpara y por el sistema crece en armónicas. La figura (c) muestra la variación de armónica 3 al variar la potencia de la lámpara; se observa que entre un 15% y un 75% de luminosidad, la corriente de armónica 3 inyectada fluctúa entre 0.18 y 0.20 A máximos, es decir, aproximadamente un 30% de la corriente nominal de la lámpara.

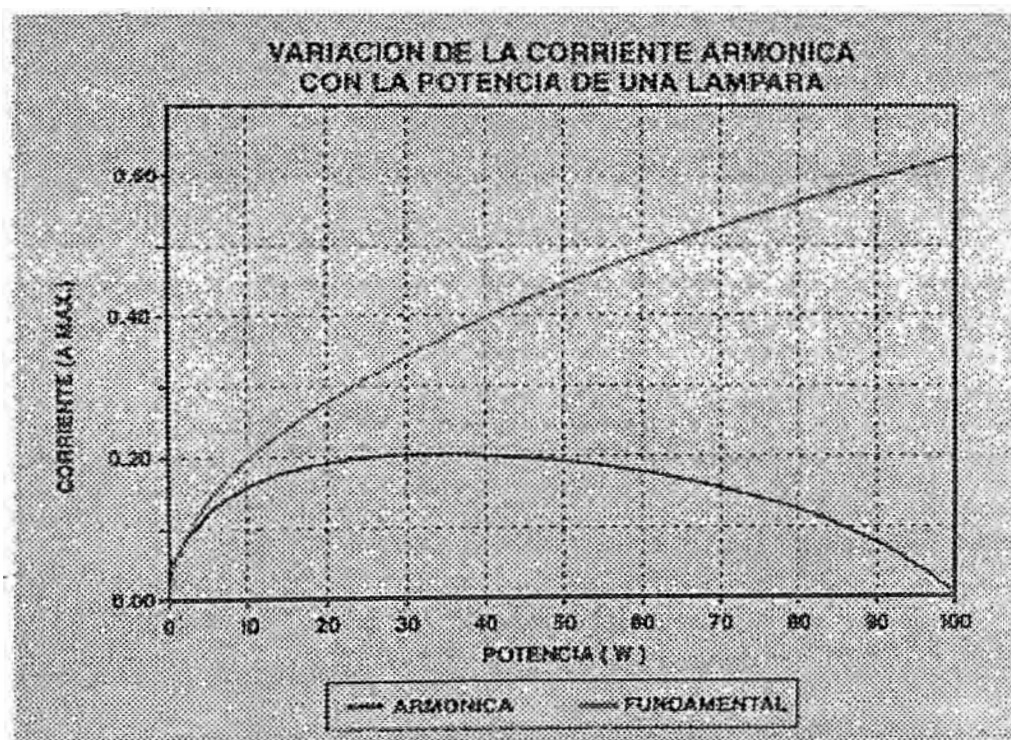


Fig. (c)

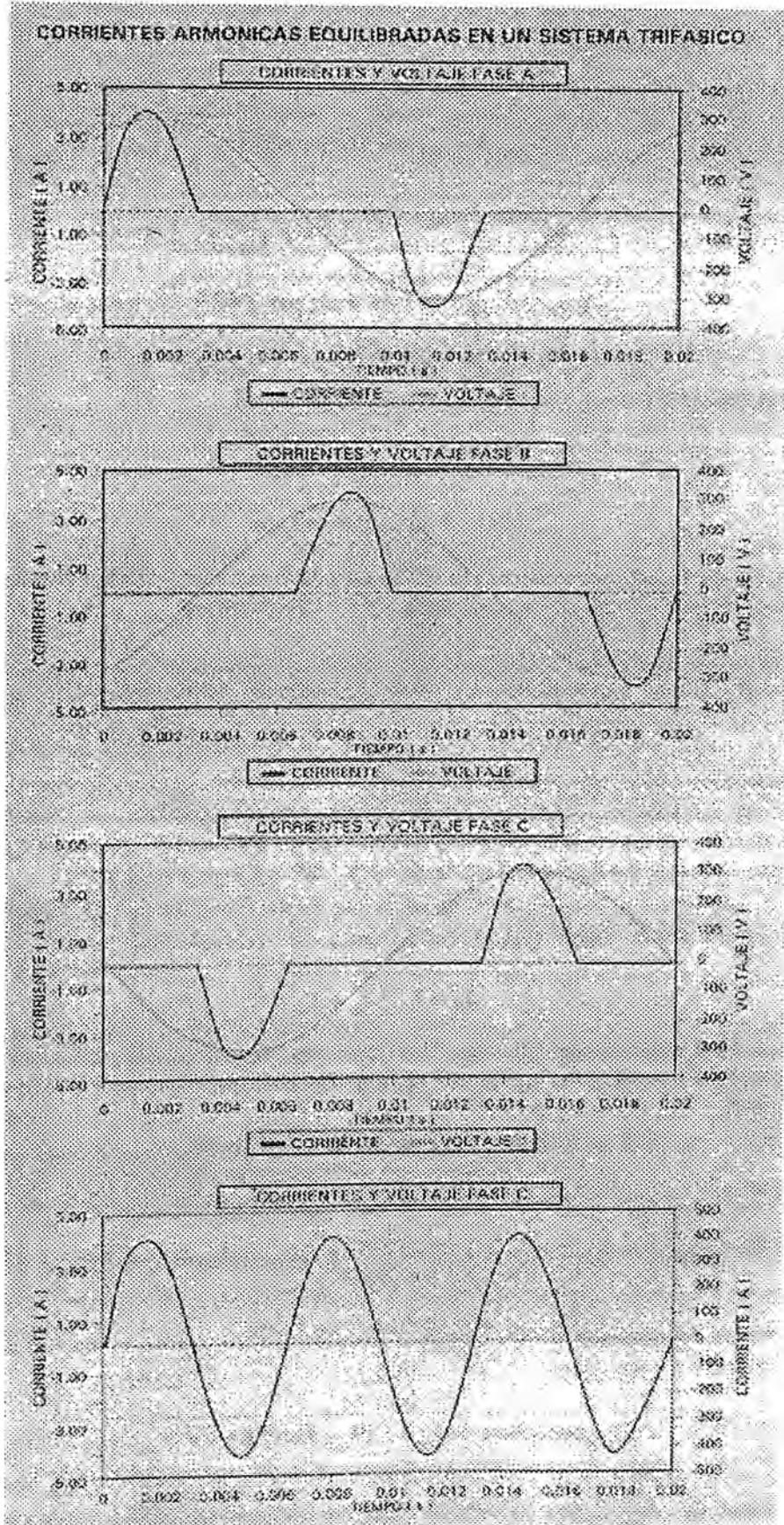
5.5.-Tableros exclusivos dedicados a computadores:

Es común observar, en grandes edificios, que se deja un tablero de uso exclusivo para conectar computadores y equipos electrónicos. Si este tablero es trifásico, se tendrá en las fases un consumo similar al mostrado en la fig

(d) (detallado en la tabla 2) y por el neutro circularán las armónicas impares múltiplos de 3 (3,9,15,21). La Tabla 3 muestra el resultado que se obtiene. Se ha agregado una columna con los valores al cuadrado para facilitar la realización de la suma total necesaria para calcular el valor efectivo rms total. El resultado es que la corriente de neutro resulta igual a $\sqrt{3}I_{fase}$, situación que, si no es prevista por el proyectista producirá problemas. Normalmente el conductor de neutro no tienen protección de sobrecarga.

TABLA 3				
Corriente de Fase y Corriente de Neutro (caso figura 7)				
ARMONICA	Corriente fase A (i_A)		Corriente neutro (i_N)	
h	(A rms)	(A rms ²)	(A rms)	(A rms ²)
1	1.201	1.442	0.000	0.000
3	0.977	0.955	2.931	8.591
5	0.620	0.384	0.000	0.000
7	0.264	0.070	0.000	0.000
9	0.068	0.005	0.204	0.042
11	0.114	0.013	0.000	0.000
13	0.089	0.008	0.000	0.000
15	0.029	0.001	0.870	0.008
17	0.042	0.002	0.000	0.000
19	0.044	0.002	0.000	0.000
21	0.019	0.000	0.057	0.003
23	0.020	0.000	0.000	0.000
TOTAL	1.698	2.882	2.940	8.643
	(A rms)	(A rms ²)	(A rms)	(A rms ²)
	100%.		173%.	

Fig (d)



5.6.-Corrientes medidas en un edificio de oficinas

Los valores reales medidos en edificios de oficinas confirman lo aseverado hasta aquí. La tabla 5 muestra el consumo por fase y del neutro en un edificio, observándose incrementos de las corriente de neutro con respecto a las de fase.

TABLA 5		
Corriente medidas en un edificio de oficinas		
CORRIENTE TOTAL EN EDIFICIO		
FASE A	410	A rms
FASE B	445	A rms
FASE C	435	A rms
NEUTRO	548	A rms
CORRIENTE EN UN CIRCUITO PARTICULAR		
FASE A	7.80	A rms
FASE B	9.70	A rms
FASE C	13.50	A rms
NEUTRO	15.00	A rms

5.7.-Corrientes de entrada de fuentes de poder no interrumpidas trifásicas

En sistemas computacionales de gran valor es usual emplear fuentes de poder no interrumpida (UPS) para alimentar los consumos durante los cortes de energía y, también, para garantizar que la alimentación de los equipos

tiene una regulación adecuada. Estas fuentes de poder son rectificadores idénticos a los que ya explicados y, por tanto inyectan armónicas a la red.

Las fuentes de poder no interrumpidas pueden ser monofásicas, como las ya analizadas, o trifásicas, es decir, en base a un rectificador trifásico se cargan las baterías de respaldo para los momentos en que no hay energía. Este rectificador trifásico no tiene conexión de neutro; esto imposibilita la circulación de armónicas múltiplos de 3 por cada fase. La figura (e) muestra la corriente típica observada en una fase de un rectificador trifásico. Al realizar el análisis armónico de esta corriente se observa que la armónica más importante es la número 5, es decir de 250 Hz, lo que corresponde a un 18% de la corriente fundamental (Fig f).

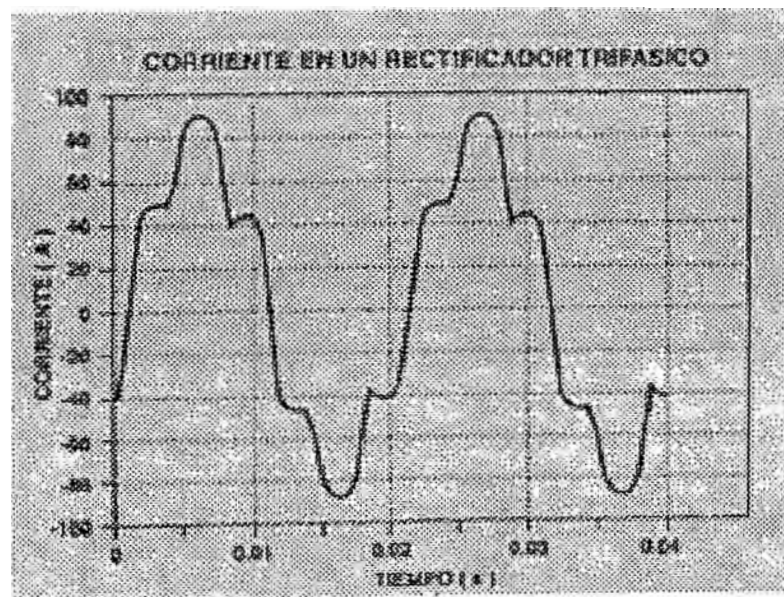


Fig (e)

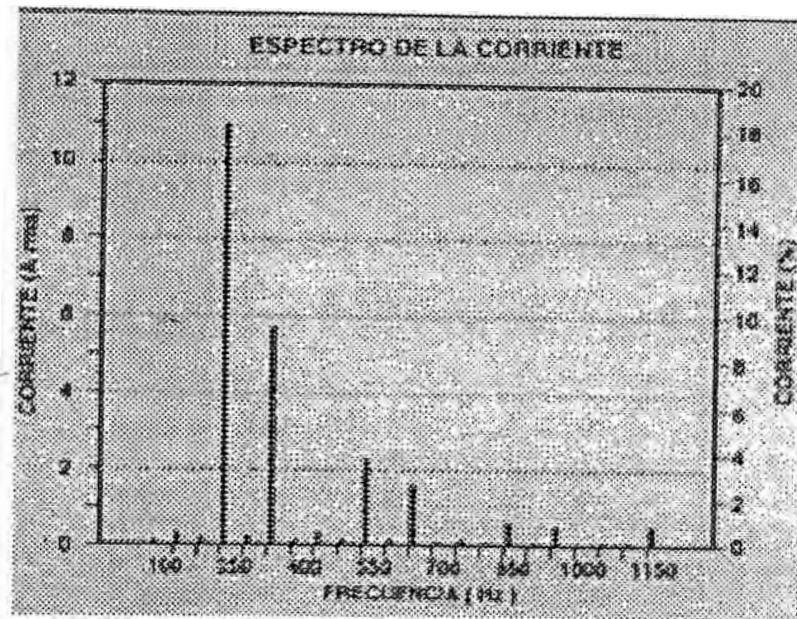


Fig (f)

5.8.-Recomendaciones referentes a distorsión armónica en sistemas de alimentación de electricidad.

La tabla 11 muestra las características que precisan mediante cifras numéricas la presencia anormal del fenómeno.

Los efectos de la distorsión armónica se resumen en la Tabla 12.

Para aminorar los problemas de distorsión armónica a niveles permitidos por norma, se deben llevar a cabo algunas de las acciones señaladas en la Tabla 13.

TABLA 11	
Término empleado	Características límites de las perturbaciones. El voltaje deja de ser sinusoidal: la distorsión de voltaje total es mayor que un 5%. La corriente consumida por el usuario es fuertemente no sinusoidal: La distorsión total de corriente es superior al 20%.
Distorsión armónica	Por el conductor de neutro circula la corriente debida a los desequilibrios entre cada fase y a componentes armónicas principalmente de orden 3.
Diferencial de voltaje entre	El voltaje entre neutro y tierra.
TABLA 12	
Equipo	defectos de la distorsión armónica Efectos observados.
Transformador	Sobrecalentamiento si el factor K es elevado (superior a 2,7) y la carga es superior al 90% de la nominal.
Condensadores	Los condensadores (de compensación de factor de potencia, de iluminación, por ejemplo) se queman si la corriente por ellos es mas que 1,3 veces su corriente nominal.
Motores de inducción	Sobrecalentamiento y vibraciones excesivas si la distorsión de tensión es superior al 5%.
Cables de conexión	Sobrecalentamiento si el valor efectivo de la corriente (medido con un instrumento true rms) es superior al que soporta el cable.
Equipos de computación.	Perdidas de algunos datos y daños en algunos componentes electrónicos debido a que el voltaje máximo es superior al nominal o a que existe un diferencial de voltaje entre neutro y tierra.
TABLA 13	
Equipo o instalación Distribución de electricidad.	Medidas de mejoramiento de instalaciones eléctricas contaminadas por armónicas Proyecto o mejoramiento. *Dimensionamiento de conductores considerando armónicas. *Disminución de las corrientes por el neutro mediante balance de cargas. *Disminución de las corrientes armónica mediante filtros y transformadores de aislamiento.
Condensadores Equipos contaminantes.	Tableros separados para equipos sensibles *Mejoramiento de los equipos (exigencia a los fabricantes de ubicar filtros de línea o reactancias serie). *Ejemplo de transformadores de aislación.

5.9.-Fugas de corriente en la red de tierra por mala calidad de energía.

Algunos equipos electrónicos filtran la corriente alterna porque tienen un consumo no lineal. El voltaje filtrado aparece como corrientes en el sistema de tierra que tienen frecuencias muy altas (hasta 100 kHz) y que no están sincronizadas con la fundamental de 60 Hz. Estas corrientes que provienen de diferentes equipos se combinan en su desplazamiento hacia tierra. El resultado de esto son las fugas que se encuentran en los principales puntos de tierra. Originalmente la conexión a tierra tenía un propósito de seguridad, proteger al hombre de recibir una descarga eléctrica. Hoy en día la inclusión de equipo electrónico hace que la conexión a tierra tenga que estar preparada para recibir estas corrientes adicionales. El mal funcionamiento de la conexión a tierra puede ocasionar:

- Shocks eléctricos.
- Interferencias con los equipo.

Para ello se debe preveer lo siguiente:

- Mantener bajas impedancias en la ruta a tierra.
- Disponer en un plano del sistema de tierra detallado de tal manera que establezca claramente el origen, el destino de los cables y si estos pueden ser desconectados.

CAPITULO 6

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

6.1.-Uso eficiente de la energía eléctrica.

El uso eficiente de la energía (UEE) constituye una de las mas importantes opciones tecnológicas para enfrentar los problemas señalados.

Sin embargo, se afirma que el UEE no es una opción valida para los países en desarrollo, los que antes de pensar en economías de energía, deberían aumentar su consumo para mecanizar su actividad productiva y mejorar las condiciones de vida de la población. Esta argumentación contiene una falacia, ya que el uso eficiente de la energía no consiste en racionar o reducir los servicios que esta presta sino en utilizarla mejor. Incluso existen evidencias de que los aumentos de productividad y la reducción de los consumos energéticos por unidad de producto constituyen facetas del mismo proceso.

El UEE, bajo esta óptica consiste en:

- 1.-Satisfacer los requerimientos energéticos de la sociedad al menor costo económico y energético posible.
- 2.-Energizar actividades de baja productividad o que requieren de energía para realizarse

3.-Sustituir fuentes energéticas en función de sus costos sociales relativos.

4.-Concebir políticas de largo aliento en oposición a programas de emergencia y coyunturales.

La eficiencia energética solo tiene sentido en la medida que permite reducir los costos globales de producción.

En términos generales puede afirmarse que en la mayoría de las instalaciones eléctricas se derrocha del orden de un 10% o mas de la electricidad que se adquiere a las empresas eléctricas debido a una selección y operación inadecuada de los equipos y sistemas de distribución de la electricidad.

Las principales pérdidas eléctricas provienen del uso de motores, transformadores y líneas de distribución. Al respecto debe mencionarse que en los sectores industrial y minero del orden de un 70% del total de consumo eléctrico es realizado por los motores eléctricos, equipo que constituye uno de los objetivos principales de cualquier programa de eficiencia energética, no solo en el caso de los nuevos proyectos sino que además en situaciones de reemplazo de equipos existentes.

6.2.-Tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la electricidad a nivel de usuarios.

Conceptualmente la forma de evaluar económicamente distintos proyectos de eficiencia y se representan ejemplos que permiten ilustrar la aplicación de la metodología propuesta.

6.2.1.-Los motores eficientes

Para una mejor comprensión de las características de los motores eficientes, en este punto, se introducen algunos elementos que relacionan el concepto de eficiencia y las fuentes de pérdidas, para luego describir los principales elementos relativos a motores eficientes.

a) La eficiencia de los motores eléctricos.

La eficiencia o rendimiento se puede definir como el cociente entre la potencia mecánica de salida del motor y la potencia eléctrica entregada al mismo, siendo las pérdidas la diferencia entre la potencia eléctrica y la mecánica.

Las distintas normas internacionales distinguen los motores eficientes de los estándar; en general, el rendimiento de los primeros, para distintos niveles de carga, es siempre superior al de los motores estándar.

Conviene señalar que no siempre los fabricantes que presentan las mejores eficiencias para un determinado tipo de motor (Potencia, número de polos, tipo de carcasa, etc) lideran necesariamente las eficiencias para otros tipos,

por lo que se sugiere, para evaluar proyectos de eficiencia, disponer de la información acerca de las características eléctricas y de precios de los principales fabricantes internacionales.

b.-Factor de carga (fc).

Un factor de suma importancia en el rendimiento con que se usan los motores es el factor de carga, debido a que el rendimiento de estos varía con dicho factor. El cuadro siguiente presenta la variación de la eficiencia de un motor con la carga, independientemente de la potencia de los motores, según valores proporcionados en un catálogo de SIEMENS. Este cuadro tiene una validez aproximada que es generalizable, ya que se basa en una distribución porcentual de las pérdidas, la que no cambia mayormente ni por los tipos ni por los tamaños de los motores.

Otro aspecto relevante a considerar es el efecto que la mantención de los motores posee sobre la eficiencia de los mismos. En efecto la lubricación, limpieza y rebobinado afectan el rendimiento del motor.

Por último, un motor eficiente es normalmente más robusto y mejor construido que el motor estándar lo que se traduce en menores gastos de mantenimiento, lo que si bien es difícil de evaluar en general, constituye una ventaja económica que debe incorporarse en el análisis aunque no más sea en forma cualitativa.

6.2.3.-Bombas

La gran mayoría de las bombas industriales son centrifugas. Según el Department of Energy (DOE) de los Estados Unidos, en 1980, el 75% de todas las bombas empleadas en los EEUU eran de este tipo y consumían el 90% de la energía de bombeo.

Si bien es difícil establecer conclusiones específicas, se han planteado dos observaciones generales:

a) Las bombas nuevas adecuadamente diseñadas y fabricadas presentan, en general, eficiencias medias 3-5 puntos porcentuales mayores que las del parque existente.

b) Las bombas nuevas más eficientes tienen eficiencias 3-5 puntos porcentuales mayores que el promedio de las bombas nuevas.

En cuanto a los aspectos económicos, un estudio (DOE, 1980) estimaba que un 20% de incremento en el costo de la bomba atribuible a un diseño más eficiente, se traduce en una mejora de eficiencia de 10 puntos porcentuales en las bombas pequeñas (menos de 4 kW) y de 2-3 puntos en bombas grandes (más de 40 kW).

6.2.4.-Automatización y control de procesos

En este ámbito se acostumbra a distinguir dos áreas: automatización y poder.

En la primera ocupan un lugar predominante los controladores Lógicos. En la segunda los dispositivos más representativos son los variadores (controladores electrónicos) de velocidad (Adjustable electronic Speed Drives, ASD).

Cabe señalar que los mayores ahorros de energía no provienen de acciones directamente concebidas para tal efecto sino que de esfuerzos que persiguen otros objetivos como mejorar la calidad del producto, disminuir costos de operación, etc.

6.2.5.-Iluminación

La selección de un sistema de iluminación es extraordinariamente compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. En forma simplificada se puede afirmar que ellos se vinculan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estéticas y encandilamiento reducido o controlado como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia (lúmenes/watt), sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida.

Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes. En este último caso, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o reemplazarlos por incompatibilidad técnica con los que se incorporan.

Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso. En efecto, algunos de las alternativas disponibles son aplicables en forma preferencial en los galpones industriales (tubos fluorescentes), otras en el alumbrado público y exteriores de plantas industriales (lámparas de sodio de alta presión), en el sector comercio (halógenas, fluorescentes compactas y tubos fluorescentes) y en las residencias, según las áreas: incandescentes en zonas de baja ocupación y con exigencias estéticas, tubos fluorescentes en cocinas y baños, y fluorescentes compactas en áreas exteriores con uso diario prolongado.

Lámparas fluorescentes compactas

La alta eficiencia que presentan estas lámparas, su larga vida, su vasta variedad de tamaño, potencias y formas y una razonable respuesta al color; los hace recomendable como el adecuado reemplazo de lámparas incandescentes comunes, especialmente debido a que su rosca las hace intercambiable con aquellas. Conviene indicar que no debe utilizarse esta lámpara en un circuito con reductor de luz(dimmer), debido a peligro de incendio.

La eficiencia lumínica de una lámpara fluorescente compacta es de alrededor de 44 lum/watt mientras que la de una incandescente presenta tan solo 11 lum/ watt. Una lámpara incandescente en condiciones normales alcanza una vida media de 1000 hrs. El mayor rendimiento y vida útil de este

tipo de lámparas debe contrastarse con el menor precio de las ampollitas incandescentes, al evaluar económicamente ambas alternativas.

Lámparas de vapor de sodio de alta presión

La alta eficiencia que presentan estas lámparas de descarga, su tamaño y el satisfactorio color de la luz (no debe desconocerse que estas lámparas producen una luz ligeramente amarilla), las hace recomendables para reemplazar las lámparas comúnmente utilizadas en el alumbrado público: lámparas de vapor de mercurio (descarga), lámparas de luz mixta (descarga y filamento) y lámparas incandescentes (filamento). Incluso, debido a su eficiencia, su costo de inversión puede ser menor que la lámpara de mercurio debido a que en ciertas condiciones se requieren menos lámparas.

La eficiencia lumínica de las lámparas de sodio en alta presión, en promedio, es de 100 lum/watt mientras que en una de mercurio es de 52 lum/watt y una mixta 25 lum/watt. La duración media (en laboratorio) de estas lámparas es de 24,000 hrs siendo similar a las de mercurio.

La horas de utilización de estas lámparas en el alumbrado público es de aproximadamente 4,100 horas/año lo que asegura, pese a sus mayores costos, un buen nivel de rentabilidad como alternativa de reemplazo frente a las comúnmente utilizadas.

Equipos fluorescentes eficientes:

Los equipos fluorescentes para los espacios interiores y semi-interiores se componen de grupos de tubos fluorescentes pareados (2 tubos de 36 Watt o de 2 de 40 Watt) acompañados de un ballast magnético por tubo y un reflector (luminaria multitubo). En general, los reflectores utilizados actualmente ofrecen índices de reflexión bajísimos, lo que produce pérdidas lumínicas de importancia.

Durante los últimos años estos equipos han mejorado significativamente sus rendimiento, la fidelidad del color y la duración de la lámpara. En lo que respecta a la eficiencia global, se han introducido reflectores parabólicos de alta eficiencia. Estos permiten reflejar prácticamente toda la luz que da en el reflector y dirigirla hacia las superficies a iluminar. Este último reflector permite, en ciertos casos el reemplazo de dos tubos por uno, con un 10% de disminución del nivel de iluminación.

Otro equipo a considerar es el ballast electrónico, el que tiene una vida útil del orden de 10 años, un consumo de 1 a 3 Watt por tubo de 40 Watt. Este tipo de ballast posee además un factor de potencia cercano a 1 y genera una frecuencia de alimentación para la descarga eléctrica en los tubos de varios kHz, con lo que aumenta por los menos en un 25% la producción de luz del tubo y mejora la calidad de la luz (eliminando el parpadeo, zumbido y efecto estroboscópico). Se puede mencionar que un ballast magnético normal dura alrededor de 4 años y tiene un consumo de 8 Watt o más por cada tubo de 40 Watt.

De acuerdo a lo expuesto resulta natural sugerir el reemplazo de dos tubos fluorescente con reflector de baja eficiencia y balast magnético normal por un tubo fluorescente, un reflector eficiente y un ballast electrónico, obteniéndose a lo menso el mismo nivel de iluminación.

6.2.6.-Computadores:

Los computadores han mejorado su eficiencia de procesamiento de datos y de eficiencia eléctrica. Debe el punto de vista energético, no se puede dejar de lado la influencia de dichas mejoras sobre el consumo de electricidad de: procesadores más capaces y de mayor nivel de integración, controles más operacionales, circuitos de gran rapidez, y un funcionamiento optimizado del sistema computacional. Desde el punto de vista eléctrico, se han logrado importante mejoras: pantallas de bajo consumo, fuentes de poder mas compactas, controles de pantalla y standby, son todas mejoras que se traducen en importante reducciones del consumo de electricidad por computador.

Desde el punto de vistas del proyectista e instalador; si tiene los consumos de los computadores presentan una importancia creciente, no parece ser un área de preocupación especial, salvo elegir computador eficientes, los que están disponibles en el mercado en forma masiva.

6.3.-Eficiencia en sistemas de distribución de electricidad de los usuarios industriales, comerciales y de servicios.

Las pérdidas eléctricas en los sistemas de distribución interna de electricidad constituyen para el usuario un consumo importante, pero que no está destinado a satisfacer los requerimientos reales de sus instalaciones productivas o de servicios. La reducción de las pérdidas, producto de la selección de transformadores y conductores, en base a un criterio de eficiencia, y el manejo de reactivos, entre otras medidas, permitirá disponer de un sistema eficiente de distribución de electricidad.

Los métodos principales para reducir pérdidas eléctrica son:

- 1.-Reempalzar los conductores definidos por las normas, por otros de mayor calibre.
- 2.-Agregar alimentadores en paralelo.
- 3.-Incrementar el voltaje de distribución.
- 4.-Seleccionar para el proyecto transformadores en servicio por otros de mayor potencia y/o mas eficientes.
- 5.-Agregar bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia de las cargas y así mejorar la capacidad de transporte de las líneas.
- 6.-Equilibrar las fases del sistema para contar con un sistema balanceado.

Líneas de distribución:

La función de los cables de distribución es transportar la corriente eléctrica desde la fuente de abastecimiento. Desgraciadamente, debido a su

resistencia eléctrica, el cable disipa en forma de calor parte de la energía eléctrica transportada, la energía perdida usando cables especificados sin considerar la minimización de los costos totales del sistema (costos de inversión y de operación lo largo de la vida útil de la instalación) se traduce en mayores costos para el usuario.

La selección del tipo de cable depende además de los factores anteriores, de: la temperatura ambiente, de la humedad, de los esfuerzos mecánicos a los que está sometido (impacto y vibraciones), la composición química del ambiente exterior, las sobrecargas y las corrientes de corto-circuito previstas, el robo y vandalismo, los riesgos de fuego y explosión, etc.

El incrementar el calibre de las líneas conduce a reducir las pérdidas eléctricas, opción que no debe adoptarse en forma mecánica ya que dicho aumento va acompañado de mayores costos de inversión.

En el caso del aumento del calibre de los conductores no solo se debe considerar el mayor precio por metro de cable sino que además el de la instalación (incluye mano de obra, torres de distribución y el resto de los componentes necesarios para la instalación de los cables y torres).

En términos generales, la corrección del factor de potencia al nivel de los centros de consumo alivia la carga eléctrica de las líneas de distribución, lo que se traduce en una importante reducción de las pérdidas (dependiendo del factor de potencia inicial en la carga, se puede obtener desde un 10% hasta un 25% de reducción de las pérdidas).

En términos generales, el punto de equilibrio se determina en base al mínimo de los costos totales, lo que gráficamente se presenta en la siguiente

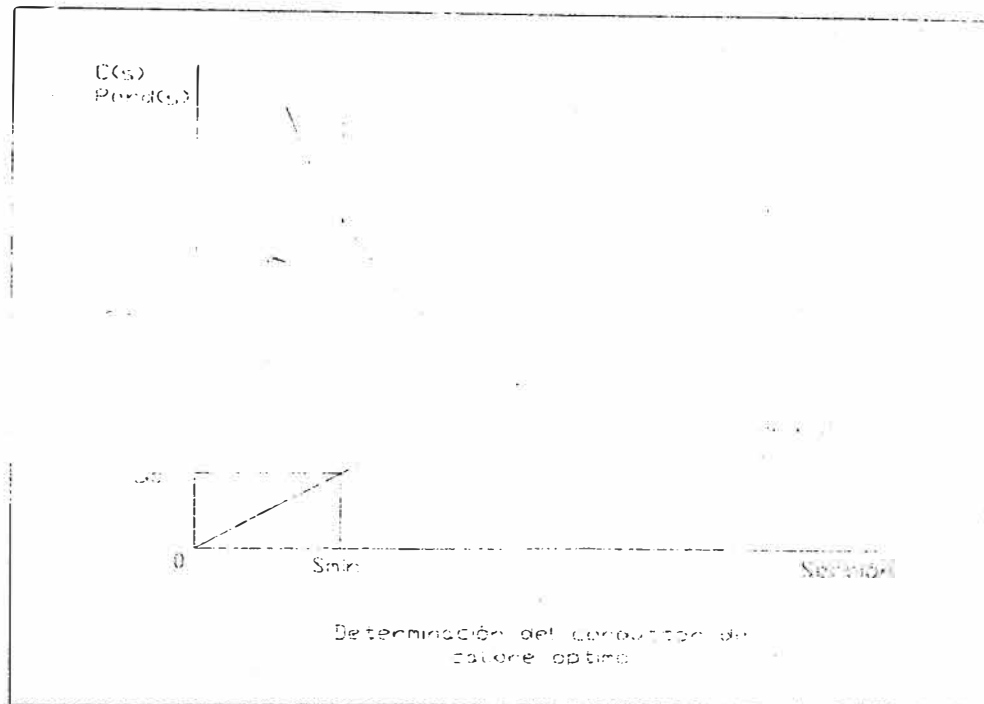


figura.

La sección óptima se determina en base a maximizar el beneficio (B) expresado como la diferencia entre el ahorro de pérdidas (Ah) y el aumento de costos (AC):

$$B(s) = Ah(s) - \Delta C(s)$$

$$Ah(s) = P_0 - Perd(s)$$

$$\Delta C(s) = C(s) - C_0$$

Si la pérdidas se evalúa como sigue:

$$\text{Perd}(s) = \rho * \left(\frac{P_{\max.}}{V\sqrt{fFP}} \right)^2 * \frac{12}{10^3} * [F_{\text{perd}} P_{\text{ener}} N_h + P_{\text{pot}}] * \frac{1}{S} * \left(\frac{(1+r)^t - 1}{r(1+r)^t} \right)$$

$$\text{Con } F_{\text{perd}} = 0.9 * FC^2 + 0.1 * FC$$

El ahorro será:

$$\text{Ah}(s) = \rho * \left(\frac{P_{\max.}}{V\sqrt{fFP}} \right)^2 * \frac{12}{10^3} * [F_{\text{perd}} P_{\text{ener}} N_h + P_{\text{pot}}] * \left(\frac{1}{S_{\min}} - \frac{1}{S} \right) * \left(\frac{(1+r)^t - 1}{r(1+r)^t} \right)$$

Donde:

$\text{Perd}(s)$: Costo total por pérdidas (\$), en función de la sección.

$\text{Ah}(s)$: Ahorro monetario debido al aumento de la sección, desde S_{\min} hasta S .

P_{ener} : Tarifa eléctrica por unidad de energía [\$/kWh].

P_{pot} : Tarifa eléctrica por unidad de potencia [\$/kW/mes].

P_{\max} : Potencia máxima esperada [kW]

V : Voltaje [kV]

FP : Factor de Potencia.

FC : Factor de Carga.

F_{perd} : Factor de pérdida.

N_h : Números de horas mensuales trabajadas normalmente.

f : Números de fases (1 ó 3)

r : Resistividad [ohm*mm²/m]

s : Sección [mm²]

t : tasa de descuento.

S_{\min} : Sección mínima.

b) Transformadores de distribución

A pesar de que los transformadores de distribución tienen en términos relativos rendimientos elevados, el hecho que estos estén normalmente conectados 24 horas al día y 365 días al año, determinan que las pérdidas de estos equipos tengan incidencia en los costos de operación de los usuarios.

Dada la importancia de las pérdidas que no dependen de la carga (pérdidas en el núcleo), el diseño de las subestaciones debe permitir, en la medida de lo posible, que se pueda desconectar uno o más transformadores durante los periodos en que la carga es reducida o nula.

La selección de transformadores para un proyecto dado debe tomar en cuenta los costos de inversión de las distintas opciones, las pérdidas en el núcleo, el grado de carga de los transformadores, las pérdidas en el cobre o en carga y las tarifas pagadas por el usuario. El cuadro siguiente ilustra, a modo de ejemplo, los distintos rendimientos de un transformador de 25 kW.

Transformadores estándar y eficientes de 25 kVA						
Items	Estándar	Alta eficiencia			Premium	
costo capital (US\$)	320	370	410	510	680	680
Pérdidas en el núcleo (W)	95	75	70	65	58	18
Pérdidas en el cobre (W)*	300	200	170	150	130	150
Eficiencia (%)	98,44	98.91	99.05	99.15	99.25	99.33
Material núcleo	Fe silicoso	Id	Id	Id	Id	Amorfo
Pérdidas kWh/año**	2,768	1,927	1,682	1,507	1,318	1,177

*Plena carga

**Factor de carga 0.8

Los análisis realizados parecieran indicar que ,salvo casos muy especiales, no sería rentable reemplazar transformadores en operación y que las mayores económicas se dan en los transformadores de potencias inferiores a 1 MVA. La estimación de los ahorros se determina a partir de una función como la siguiente:

$$\Delta E = \sum H_i * P_{est_t} (1 - \eta_{est_t} / \eta_{ef})$$

En que

ΔE = Disminución del consumo de energía debido a la introducción de un transformador eficiente en vez de uno estándar (en kWh).

H_i = Número de horas que trabaja el transformador en cada rango de potencia en forma simplificada se puede considerar dos condiciones, en vacío y con una carga representativa de la condición media, y los tiempos estimado en cada caso.

P_{est_t} = Potencia media del transformador estándar en carga o potencia media para un numero reducido de condiciones de carga (en kW).

η_{est_t} / η_{ef} = Cuociente entre los rendimientos de los transformadores estándar y eficientes, para las condiciones de carga consideradas.

Debido al crecimiento exponencial de la perdidas en carga, un transformador cargado a un 110% de su potencia nominal presenta pérdidas de por lo

menos el doble que uno cargado al 80% de su capacidad nominal. Obviamente, esta situación no debe conducir a afirmar que lo ideal es utilizar el transformador al mínimo de carga, ya que en ese caso las pérdidas en el núcleo pasan a tener una gran relevancia y el rendimiento del transformador se deteriora significativamente. Por el contrario, 80 a 90% de carga, respecto de la capacidad nominal, parece corresponder a un dimensionamiento adecuado.

Adecuada mantención (Good Housekeeping)

Se trata básicamente de tecnologías y medidas misceláneas relacionadas con el diseño, la mantención y la gestión de energía de sistemas industriales y comerciales. Existe una gran variedad y cantidad de estas medidas y tecnologías.

En relación a la primera de las citadas, es bien sabido que buena parte de la eficiencia energética proviene del sobredimensionamiento de los sistemas y equipos.

Típicamente se ha detectado un 30% de sobredimensionamiento por sobre aquel recomendable en los sistemas de bombeo y ventilación. Lo que debe atribuirse a

i) las dificultades para predecir con exactitud los flujos y las pérdidas de carga asociadas.

ii) Al propósito de acomodar sin reemplazo de equipos aumentos de los flujos requeridos que no se previeron originalmente.

iii) la disposición a aceptar, en beneficio de la confiabilidad del sistema, la penalización económica que representa el exceso de capacidad.

Otro caso típico se presenta en los sistemas de aire acondicionado y refrigeración, en que la falta de limpieza de los filtros produce grandes pérdidas de carga y por tanto, eleva la demanda de potencia en los ventiladores. Asimismo, si no se limpian periódicamente las superficies de los intercambiadores de calor; aumentarían en último término los consumos de electricidad.

En el proceso de diseñar una instalación eléctrica para un usuario industrial, minero o comercial se debe considerar el sistema en su conjunto en lugar de cada uno de los componentes individuales. Es así como en la figura que se presenta a continuación, es posible distinguir los siguientes componentes susceptibles de mejoramiento : la alimentación del motor, el motor; el sistema de transmisión , el equipo accionado y el ducto para transporte del fluido. De acuerdo con datos empíricos frecuentes en sistemas como el indicado en la figura, el rendimiento medio de este podría llegar a cifras del orden de 30% dependiendo del grado de estrangulamiento del flujo, de las pérdidas de carga en la tubería y del rendimiento de la bomba.

CAPITULO 7

EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGETICA

7.1.-Métodos generales para evaluar inversiones en eficiencia energética

Invertir en eficiencia energética supone un gasto de capital actual, para ahorrar costos de operación en el futuro. La tasa de descuento permite comparar cuantitativamente gastos y ahorros que ocurren en fechas diferentes. El problema consiste en definir cual es la tasa de descuento "correcta" para una evaluación basada en políticas de la empresa que definen el umbral de rentabilidad a partir del cual están dispuestas a invertir.

La evaluación de los beneficios relativos de las inversiones en eficiencia energética requiere determinar los costos anuales de capital involucrados en las distintas alternativas en consideración, para ello es necesario calcular dichos costos a partir de un factor conocido como el factor de recuperación de capital.

Si la vida útil de una inversión (I) es "n" años y la tasa de descuento adoptada por la empresa es "d", el costo anual (A) se determina de acuerdo con la función siguiente:

$$I = \sum_{n=1}^n A / (1+d)^n ,$$

la que es una serie geométrica, cuya suma se puede calcular mediante la ecuación siguiente.

El factor que multiplica A es conocido como el factor “valor presente uniforme” y su recíproco como el factor de recuperación del capital (FRC).

$$\text{FRC} = d(1+d)^n / [(1+d)^n - 1] \text{ y } A = I * \text{FRC} \text{ (Costo anual del capital invertido)}$$

La evaluación de las inversiones en eficiencia energética se realiza recurriendo a distintos enfoques dependiendo de los objetivos, condiciones y preferencias del analista. Los más conocidos son: periodo de recuperación simple (PRS), periodo de recuperación descontada (PRD), tasa interna de retorno (TIR), costo del ciclo de vida (CCV), costo del ciclo de vida anualizado (CCVA) y costo de ahorrar energía (CAE). A continuación se presentan brevemente aquellos mas utilizados por los analistas y con algo de mayor detalle los que se refieren al ciclo de vida y costo de ahorrar energía los que serán privilegiados en los ejemplos que se presentan mas adelante.

Periodo de recuperación simple (PRS):

Este método es el más simple y probablemente el mas usado, especialmente cuando la inversión se recupera en periodos muy cortos de tiempo. El PRS no tiene en cuenta ni la vida útil del equipo ni el valor del dinero en el tiempo y se calcula en base a la función siguiente:

$$PRS = \Delta I / PE(E_{est} - E_{efic})$$

En que:

PE = Precio unitario de la energía.

E_{est} = Consumo de energía anual del equipo estándar.

E_{efic} = Consumo de energía anual del equipo eficiente.

Dependiendo del caso, ΔI puede corresponder a la diferencia entre los costos de capital de la opción eficiente y estándar; el costo de la opción eficiente y la reparación eventual de la opción estándar existente o simplemente el costo de capital de la primera, si el equipo estándar opera normalmente (sin necesidad de reparación en una perspectiva de corto plazo).

Período de recuperación descontada (PRD)

En este caso se consideran tanto la vida útil del equipo como el valor del dinero. El período de recuperación descontada (PRD) se determina mediante la función:

$$PRD = n * FRC(d, n) * \Delta I / PE(E_{est} - E_{efic})$$

En que:

n = vida útil del equipo.

d = vida útil del equipo.

FRC(d, n) = factor de recuperación del capital.

PE = Precio unitario de la energía.

E_{est} = Consumo de energía anual del equipo estándar.

E_{efic} = Consumo de energía anual del equipo eficiente.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno se define como la tasa de descuento para la cual dos alternativas de inversión tienen el mismo valor presente neto. Al evaluar las alternativas estándar y eficiente, la TIR es el valor (i) para el cual se cumple la igualdad siguiente:

$$I_{est} + PE * E_{est} * \sum_1^n [1 / (1+i)^n] = I_{efic} + PE * E_{efic} * \sum_1^n [1 / (1+i)^n]$$

en que:

I_{est} = Inversión en equipos estándar.

I_{efic} = Inversión en equipos eficientes.

Lo que equivale a igualar el valor presente de los ahorros de energía con el diferencial de la inversión requerida.

$$PE * (E_{est} - E_{efic}) * \sum [1 / (1+i)^n] = (I_{efic} + I_{est})$$

Costo del ciclo de vida (CCV) y costo del ciclo de vida anualizado (CCVA).

El costo del ciclo de vida CCV es el valor presente de todos los costos (Costo inicial de capital, costos de operación y costos de mantención)

asociados a la inversión durante toda su vida útil. Para comparar las dos alternativas eficiente y estándar se deberán comparar CCV_1 y CCV_2 respectivamente, los que se expresan mediante las ecuaciones siguientes:

$$CCV_1 = I_{est} + \sum E_{est} * PE * (1+d)^{-n} + \sum M_{est} * (1+d)^{-n}$$

$$CCV_2 = I_{efic} + \sum E_{efic} * PE * (1+d)^{-n} + \sum M_{efic} * (1+d)^{-n}$$

En que:

M_{est} = Costo de mantención del equipo estándar.

M_{efic} = Costo de mantención del equipo eficiente.

A menudo la metodología adoptada apunta a comparar los costos anuales de las dos opciones la eficiente y la estándar para ello se recurre a los costos anualizado del ciclo de vida (CCVA) de los equipos, para lo cual se emplean las funciones siguientes:

$$CCVA_1 = I_{est} * FRC(d,n) + PE * E_{est} + M_{est}$$

$$CCVA_2 = I_{efic} * FRC(d,n) + PE * E_{efic} + M_{efic}$$

En el caso que la vida útil de los equipos estándar y eficiente sea distinta, las formulas base respectivas serán:

$$CCVA_1 = I_{est} * FRC(d,n_1) + PE * E_{est} + M_{est}$$

$$CCVA_2 = I_{efic} * FRC(d,n_2) + PE * E_{efic} + M_{efic}$$

Costo de ahorrar energía (CAE)

El costo de ahorrar energía (CAE), proporciona una medida para clasificar ordenadamente las opciones de ahorro o abastecimiento de energía sobre una base consistente y que es útil para identificar las inversiones mas económicamente eficientes para una empresa o un país. Este indicador se calcula como el costo de capital diferencial anualizado (diferencia entre las inversiones requeridas para la opción eficiente y estándar) mas el diferencial de los costos de mantención, dividido por los ahorros anuales de energía.

$$CAE = [FRC(d,n)*(I_{efic} - I_{est})+(M_{efic} - M_{est})] / (E_{est} - E_{efic})$$

En este caso el precio de la energía no necesita especificarse, lo que constituye la fortaleza del método, debido a las incertidumbres que normalmente rodean las estimaciones del precio de la energía en un horizonte de largo plazo. La evaluación de la ventaja relativa de la opción eficiente se lleva a cabo comparando el valor de CAE con los precios vigentes de la energía, en la medida que esta diferencia sea significativa, y que aun suponiendo una disminución sustancial de estos (obviamente dentro de lo que la lógica permite esperar) el CAE siga siendo inferior a dichos precios, es posible concluir que la opción eficiente es recomendable.

7.2.-Elementos de análisis para definir cuando hay que introducir un motor nuevo eficiente.

Hay distintos parámetros de análisis involucrados en la decisión de seleccionar un motor eficiente, en el caso de un proyecto o de una ampliación los siguientes elementos a tener en cuenta en la selección de un motor eléctrico, eficiente o estándar:

- Costos relativos del motor estándar y eficiente.
- Eficiencias relativas de ambos tipos de motores.
- Horas de uso previstas para el motor.
- curva de carga del motor.
- precios de la potencia y de la energía.
- Costos de mantenimiento de ambos tipos de motores.
- Vida útil de los dos tipos de motores.

Ilustración del proceso de evaluación de la introducción de un motor eficiente para distintas situaciones

En los ejemplos que se presentan a continuación se han adoptado los siguientes supuestos:

d = tasa de descuento = 12%

n = vida útil del equipo; 20 años en el caso del motor nuevo y 10 años en el caso del motor rebobinado.

Costo de la energía = 4,0 US ¢/kWh.

O&M = Costos de operación y mantención; por simplicidad solo se consideran los cargos por energía; vale decir; no se consideran los menores cargos por demanda máxima ni los eventuales mayores costos de mantenimiento de los motores estándar.

$I_1 - I_2$ = diferencial de inversiones entre la opción eficiente y la convencional; en que si el motor estándar está en funcionamiento, $I_2 = 0$.

En los ejemplos que se presentan a continuación se han considerado motores de 50 HP, del tipo abierto y de 4 polos.

a) Opción motor nuevo estándar versus motor nuevo eficiente

1.-Rendimiento motor estándar: 0.909

2.-Rendimiento motor eficiente: 0.939

3.-Precio motor estándar: 1688 US\$.

4.-Precio motor eficiente: 2066 US\$

5.-Factor de carga fc: 0.80

6.-Número de horas anuales de operación: 6000 y 4000

7a.-Consumo anual motor estándar^a : $6000 * 0.8 * 50 * 0.746 / 0.909 = 197,0$ MWh.

7b.-Consumo anual motor estándar^a : $4000 * 0.8 * 50 * 0.746 / 0.909 = 131,3$ MWh.

8a.-Consumo anual motor eficiente^a : $6000 * 0.8 * 50 * 0.746 / 0.939 = 190,7$ MWh.

8b.-Consumo anual motor eficiente^a : $4000 * 0.8 * 50 * 0.746 / 0.939 = 127,1$ MWh.

9.-Inversión diferencial : $2066 - 1688 = 378$ US\$.

10.-Costo anual del capital^b : $378 * 0.139 = 52,54$ US\$/año.

11a.-Costo energía ahorrada^c, 6000 hrs: $52,54/6,3\text{MWh} = 0.83 \text{ US\$ } \phi/\text{kWh}$.

11b.-Costo energía ahorrada, 4000 hrs: $52,54/4,2\text{MWh} = 1,25 \text{ US\$ } \phi/\text{kWh}$.

Vale decir que el costo de ahorrar energía es significativamente inferior al precio de la energía, sea para un motor que se utiliza 6000 o 4000 horas al año.

- (a) Consumo de energía anual = horas de operación factor de carga , potencia nominal en HP*0.746/rendimiento del motor.
- (b) Costo anual del capital = Inversión diferencial por el factor de recuperación del capital FRC(r,n).
- (c) Costo de la energía ahorrada = costo anual del capital/energía anual ahorrada a la solución eficiente

Opción rebobinado vs motor nuevo eficiente:

1.-Rendimiento motor rebobinado: 0.889 (2% inferior al estándar nuevo)

2.-Rendimiento motor eficiente: 0.939

3.-Valor del rebobinado: 706 US\$

4.-Precio motor eficiente: 2066 US\$

5.-Factor de carga fc: 0.80

6.-Número de horas anuales de operación: 6000 y 4000

7a.-Consumo anual motor rebobinado^a: $6000*0.8*50*0.746/0.889 = 201,4$
MWh.

7b.-Consumo anual motor rebobinado^a: $4000*0.8*50*0.746/0.889 = 134,3$
MWh.

8a.-Consumo anual motor eficiente^a: $6000*0.8*50*0.746/0.939 = 190,7$
MWh.

8b.-Consumo anual motor eficiente^a: $4000*0.8*50*0.746/0.939 = 127,1$ MWh.

9.-Inversion diferencial: $2066 - 706 = 1360$ US\$.

10.-Costo anual del capital^b: $2066*0.139-706*0.177 = 162,2$ US\$/año.

11a.-Costo energía ahorrada^c, 6000 hrs: $162,2/10,7$ MWh = 1,52 US\$ ϕ /kWh.

11b.-Costo energía ahorrada, 4000 hrs: $162,2/7,2$ MWh = 2,25 US\$ ϕ /kWh.

Como en el caso anterior ; la introducción del motor eficiente es más eficiente es más económica que la opción convencional, en este caso el rebobinado del motor existente.

Opción motor obsoleto funcionando vs. motor nuevo eficiente

1.-Rendimiento motor obsoleto: 0.895 (2% inferior al estándar nuevo)

2.-Rendimiento motor eficiente: 0.939

3.-Valor del obsoleto: 2066 US\$

4.-Fator de carga fc: 0.80

5.-Número de horas anuales de operación: 6000 y 4000

6a.-Consumo anual motor obsoleto^a: $6000*0.8*50*0.746/0.895 = 200,0$ MWh.

6b.-Consumo anual motor obsoleto^a: $4000*0.8*50*0.746/0.895 = 133,4$ MWh.

7a.-Consumo anual motor eficiente^a: $6000 \cdot 0.8 \cdot 50 \cdot 0.746 / 0.939 = 190,7$
MWh.

7b.-Consumo anual motor eficiente^a: $4000 \cdot 0.8 \cdot 50 \cdot 0.746 / 0.939 = 127,1$
MWh.

8.-Inversión diferencial: 2066 US\$.

9.-Costo anual del capital^b: $2066 \cdot 0.139 = 287,2$ US\$/año.

10a.-Costo energía ahorrada^c, 6000 hrs: $287,2 / 9,4$ MWh = 3,06 US\$
¢/kWh.

10b.-Costo energía ahorrada, 4000 hrs: $287,2 / 6,3$ MWh = 4,46 US\$ ¢/kWh.

En este caso, la rentabilidad del proyecto sería negativa para 4000 horas de uso del motor; salvo que se considerara además el cargo por potencia, despreciado en el cálculo. La posibilidad de que el ahorro de potencia pueda ser considerado como un ahorro efectivo dependerá de la viabilidad de cambiar en el contrato el cargo por demanda máxima, lo que sería quizás atractivo se trata de cambiar un número importante de motores. Por el contrario, si el motor trabaja 6000 horas/año, el cambio sería rentable.

Conclusiones:

1.-El retorno de la inversión en un motor de alta eficiencia vs. un motor standard se justifica ya que el ahorro en el consumo de energía es considerable.

	MOTOR ESTÁNDAR	MOTOR DE ALTA EFICIENCIA
Eficiencia	92.40%	96.20%
Energía de salida(0.7457 kW/hp)	149.1kW	149.1kW
Energía de Entrada	161.4kW	155.0kW
Pérdida a una carga del 100%	12.3kW	5.9kW
Ahorros de energía		6.4kW
Costo Mayor del Motor		\$2,608
Ahorro de Energía a una carga del 100%		\$51,200 kw-h por año
Ahorro en dólares a \$0.040 por kWh Recuperación		\$ 2,048 por año 1 años 3 meses
Ahorro en dólares a \$0.074 por kWh Recuperación		\$ 3,789 por año 8 meses

En el caso que la energía cueste \$0.04 por kWh la diferencia de costo entre los motores en cuestión, que es de \$ 2,608 se recuperaría prácticamente en 1 año y 3 meses, esto va directamente ligada a la tarifa actual de energía.

7.3.-La eficiencia energética en el cálculo de conductores y cables eléctricos

Con el objeto de ilustrar la aplicación al diseño económico de conductores y cables eléctricos de la metodología presentadas en la primera sección de este capítulo, se seleccionaron dos ejemplos prácticos, los que se desarrollan a continuación.

a) Alimentador para un Banco Comercial

los datos básicos del proyecto son:

- Carga máxima: 100 kW.
- Voltaje nominal: 380V.
- Factor de carga: 0.90
- Factor de potencia: 0.88
- Caída de tensión máxima: 3%
- Horas mensuales de trabajo: 480 horas.
- Factor de pérdidas: 0.81
- Corriente máxima: 172 A.
- Conductores por fase: 1
- Largo del conductor: 35m
- Temperatura ambiente: 22 °C.
- Canalización : Ducto.
- Precio de la energía: \$ 39/kWh.
- Número de conductores canalizados: 3
- Número de fase: 3

Se seleccionó (en base a los requerimientos técnicos) un conductor 2 AWG tipo THHN, cuya tensión de servicio es 600 V la temperatura máxima de servicio 90°C (en lugares secos). Para la selección del conductor energética y económicamente eficiente se evaluaron distintos calibres 2/0,3/0,4/0,250 y 350 AWG.

Para ilustrar la aplicación de la metodología de calculo del costo de ahorrar electricidad (CAE), se comparó los calibres 2 (conductor que satisface los

requerimientos técnicos) y 3/0 (cuyos diámetros son 33.6 y 85,0 mm², respectivamente).

La fórmula para la evaluación del costo de ahorrar electricidad es:

$$CAE = [FRC(d,n) \cdot (I_{efic} - I_{est}) + (M_{efic} - M_{est})] / (E_{est} - E_{efic})$$

El proyecto se evaluó para un horizonte de 15 años y una tasa de descuento de 12%, lo que se traduce en un valor de 0,1468 para el factor de recuperación del capital (FRC).

El costo por metro lineal de los cables en consideración era, al momento de la evaluación, de \$1.302 y \$3.245, respectivamente, no se consideran diferencias ni en los sistemas de postación ni en los costos de mantención.

La diferencia de consumo de energía entre la opción mínima y una más eficiente se determina por el monto de las pérdidas en ambos casos.

$$Pérd_6 = 3 \cdot I^2 R \cdot H = 3 \cdot (172 \cdot 0.9)^2 \cdot 0.0183 \cdot (35/33.6) \cdot 480 \cdot 12/1000 = 7893 \text{ kWh/año}$$

$$Pérd_{20} = 3 \cdot I^2 R \cdot H = 3 \cdot (172 \cdot 0.9)^2 \cdot 0.0183 \cdot (35/85.0) \cdot 480 \cdot 12/1000 = 3120 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Inversión diferencial} = 35 \cdot 3 \cdot (3.245 - 1.302) = \$ 204,015$$

$$CAE = \$0.1468 \cdot 204,015 / (7893 - 3120) \text{ kWh/año} = \$ 6,27 / \text{kWh.}$$

En consecuencia, la selección de un conductor de un calibre sustancialmente mayor que el mínimo recomendado por las normas es

rentable, ya que es muy difícil que la tarifa, de \$39 /kWh a la época, vaya a disminuir a \$6,27/kWh.

En el cuadro siguiente se presenta el resultado de acuerdo a los otros esquemas de evaluación para un conjunto de calibres.

Evaluación de las distintas alternativas de calibres para el alimentador del Banco				
calibre AWG	Sección (mm ²)	VAN (\$)	TIR (%)	PRC(años)
4	21.2	-1,202,826	----	----
2	33.6	0	----	----
1	42.4	402,705	160.2	0.69
1/0	53.5	716,396	149.3	0.74
2/0	67.4	953,753	133.9	0.83
3/0	85	1,108,096	103.3	1.09
4/0	107	1,207,998	83.6	1.37

Como se puede apreciar; dependiendo de los criterios del inversionista, la solución óptima es distinta. En efecto, el máximo valor actualizado neto se obtiene con un calibre AWG 4/0 y la máxima tasa interna de retorno con AWG 1.

Este mismo ejemplo se considera la existencia de armónicas, problema frecuente en una instalación como la considerada, lo que desplazo tanto el calibre mínimo técnico del cable como el óptimo económico, siendo el calibre mínimo técnico 2/0 y el óptimo económico AWG 3/0.

7.4.-Optimización de un sistema de iluminación en una planta industrial

Una planta industrial de 900m^2 ($15*60\text{m}$), con una altura de 6 a 7m y un buen nivel de reflexión de cielos, muros y piso, requiere para la adecuada iluminación de sus actividades de un nivel de iluminación de 1000 lux sobre el piso. La planta trabaja 20 horas /día , 5 días /semana, y 50 semanas/año.

El costo medio de la energía eléctrica es de 5 US\$¢/ kWh.

Las opciones de luminarias a considerar son las siguientes:

- 1.-Sodio de alta presión de 400 W.
- 2.-Mercurio de alta presión de 1000 W.
- 3.-Dos lámparas fluorescentes de 2.5m de 215W y
- 4.-Incandescente de 1500 W.

Para evaluar las opciones se dispone de los datos que se detallan en el cuadro siguiente:

Datos de base para el cálculo y resultado de la evaluación del sistema de iluminación más económico					
Item	Características	Na400	Hg1000	FL2*215	In.1500
1	Lúmenes/luminaria	50000	63000	29000	34400
2	Vida útil (horas)	20000	24000	9000	1000
3	Watts/lámpara	400	1000	215	1500
4	Watts/luminaria (incl. Ballast)	470	1080	480	1500
5	Coef. Utilización (rend. Fixture)	0.76	0.7	0.7	0.7
6	Factor de depreciación lámpara	0.9	0.66	0.7	0.66
7	Factor de depreciación por suciedad	0.86	0.83	0.83	0.83
8	Lúmenes efectivos/luminaria(1*5*6*7)	29412	24158	11794	13191
9	Lux requeridos (lúmenes/m)	1000	1000	1000	1000
10	Lúmenes requeridos totales(9*área)	900000	900000	900000	900000
11	Luminarias totales(10/8)	31	38	77	69
12	Potencia total (kw) (11*4)11,000	14.4	40.2	36.6	102.3
13	Costo neto luminaria US\$	190	175	68	30
14	Costo cableado luminaria US\$	24	55	25	55
15	Instal. Mano de obra US\$	14	14	17	14
16	Costo neto lamp/lum al por mayor	45	20	11	6
17	Costo capital total US\$ (13+14+15+16)*11	8354	9835	9233	7164
18	Número de lámparas a reemplazar/año (horas de uso*11*número de lamp)/2	8	8	85	341
19	Mano de obra reempl. Lámpara US\$/lamp	3.8	3.8	3.8	3.8
20	Costo reemplazo lámparas (18*(16+19))	373	185	1255	3343
21	Costo anual capital (0.15*17)	1253	1475	1385	1075
22	Costo energía total (12*horas uso*0.05)	3595	10059	9157	25586
23	Costo O&M anual (22+20)	3969	10244	10412	28929
24	Costo Total anual (23+21)	5222	11719	11797	30003

A continuación se incluyen algunas definiciones de los términos usados en el ejemplo:

*Coeficiente de utilización: indica los lúmenes efectivos que proporciona la luminaria (considera la proporción de luz que esta absorbe).

*Factor de depreciación: indica el nivel medio de iluminación que la luminaria durante su vida útil.

* Factor de depreciación por suciedad: indica el deterioro de la iluminación que entrega la luminaria durante su vida útil , por concepto de adherencia de polvo.

El ejemplo presentado arriba permite ilustrar la importancia de considerar el ciclo de vida de los equipos y no solo el costo inicial. El caso extremo es el de las lámparas incandescentes las que tienen un costo de inversión claramente inferior a las otras opciones, sin embargo su costo anual total es casi 6 veces mayor que el de las lámparas de Na de alta presión. La desventaja de la lámpara incandescente proviene fundamentalmente de sus mayores consumos de energía para un igual nivel de iluminación y también de los mayores costos de reemplazo (mantenimiento) debido, en parte importante, a la mano de obra empleada en dicho reemplazo.

Incluso, las lámparas de mercurio y los fluorescentes que tienen los costos de capital más elevados, presentan un costo total significativamente inferior al de las lámparas incandescentes.

CAPITULO 8

CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA ELECTRICO

Cuando hablamos de un sistema , sabemos que de antemano existen elementos que la conforman , estos son equipos e instrumentos eléctricos para este caso, lo que se quiere lograr siempre al diseñar un sistema eléctrico, es que sea seguro y confiable, debe ser seguro en el sentido de proteger a las personas y a los equipos que en muchos casos representan costos elevados , y debe ser confiable que al existir una falla en algunos de los elementos se sustituya por otro para no perjudicar al sistema, entonces bajo este contexto se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Protección del personal ante posible falla eléctrica del sistema.
- Utilizar equipos en Back Up para posibles fallas de elementos.
- Al diseñar los esquemas eléctricos tener en cuenta, una topología abierta y no cerrada, para cuando ocurra una falla no sea total.
- Se debe tener en cuenta también la incidencia de los disturbios de la energía, como son los armónicos, flickers, etc.

8.1.-Diseño de sistema de un suministro de electricidad tomando en cuenta aspectos de confiabilidad.

Al diseñar el sistema de suministro de electricidad se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos relacionados con su confiabilidad

1. Elevada confiabilidad de cada elemento del sistema. La confiabilidad del sistema está vinculada con la confiabilidad de cada elemento del sistema.
2. Resiliencia. En lo posible, la falla de un elemento no debiera dejar todo el sistema sin funcionar.
3. Mantenibilidad. Una adecuada mantención de los sistemas eléctricos al menos mantiene su confiabilidad en los valores de diseño de la instalación. Por el contrario una mantención no realizada o realizada en mala forma disminuye la confiabilidad del sistema.
4. Capacidad del sistema. El sistema debe estar diseñado para los consumos que abastecerá con una capacidad de sobrecarga transitoria.
- 5.- Flexibilidad. El sistema debe ser flexible y prever que existirán aumentos del consumo, o un cambio en la ubicación de éstos, o que existirán cambios tecnológicos que requerirán de un sistema distinto del que fue proyectado inicialmente. En este escenario las modificaciones del sistema deben ser relativamente fáciles de realizar, sin que el sistema pierda confiabilidad.
- 6.-Interfaz adecuado con la infraestructura existente.

8.2.- Esquema y opiniones que mejoren la confiabilidad de un sistema

Dentro de los diversos esquemas que mejoran la confiabilidad se incluyen los siguientes:

- a) El uso de varios esquemas modulares en lugar de un solo gran esquema central.
- b) El empleo de equipos de reservas y de reemplazo para la alimentación de cargas eléctricas.
- c) El diseño de sistemas de distribución de electricidad en paralelo (esquema de doble circuito) con interruptores automáticos de transferencia.
- d) El empleo de unidades de generación de electricidad ininterrumpibles (UPS)

8.3.- Problemas de confiabilidad vinculados con la calidad de la red

Los principales problemas de calidad de la red eléctrica son los siguientes:

- a) Interrupción del suministro de energía eléctrica. Estas interrupciones, causadas por las fallas en las plantas generadoras, en cortes en las

líneas de distribución o desconexión de la carga debido a sobrecarga del sistema, se caracterizan por la pérdida total del suministro por más de un minuto.

- b) Interrupción transitoria del suministro de energía eléctrica. Estas interrupciones, causadas generalmente por la apertura y cierre de interruptores, se caracterizan por la interrupción del servicio durante menos de un minuto.
- c) Transitorios. Se caracterizan por un voltaje impulsivo de alto valor, pero de corta duración, ocasionado en general por la conexión de condensadores o la desconexión de cargas inductivas, tales como motores de inducción, soldadoras de arco, etc.
- d) Mala regulación de voltaje. Se caracteriza por bajas o subidas de voltaje de duración superior a un minuto. Se debe, en general, a un mal ajuste de transformadores de alimentación del sistema, particularmente su voltaje y a un diseño del sistema no apropiado a la demanda de los usuarios. Una demanda alta de los usuarios ocasiona una baja de voltaje y, por el contrario, una demanda baja hace subir el voltaje por sobre lo permitido.
- e) Desbalance de voltaje. Se caracteriza por la existencia de asimetría en una de las tres fases de un sistema trifásico. Se debe, general. a

que el consumo está conectado fundamentalmente a una sola de las fases del sistema.

- f) Flicker o parpadeo de la iluminación. Se caracteriza por una fluctuación del voltaje que ocasiona el centelleo de la iluminación, visible por el ojo humano. Se debe, fundamentalmente, a la conexión y desconexión de consumos relevantes, tales como el refrigerador o la calefacción intradomiciliaria, conexión de hornos y soldadoras de arco, etc.

- g) Distorsión armónica. Se caracteriza por una distorsión de voltaje de alimentación de los equipos, el que deja de ser perfectamente sinusoidal. Se debe, fundamentalmente a la conexión de cargas no lineales en el sistema, tales como equipos electrónicos industriales o domiciliarios: variadores de velocidad de motores, televisores, computadores, etc. El fenómeno puede acentuarse hasta el punto de ocasionar daños irreparables, caso en el que recibe el nombre de resonancia armónica, la que se debe fundamentalmente a la interacción entre los condensadores de compensación de factor de potencia y las reactancias de los transformadores de alimentación del sistema.

h) Elevación de los voltajes de neutro y tierra. Se caracteriza por una diferencia de voltaje entre el neutro y la tierra del sistema. Se debe, fundamentalmente a que circulan corrientes elevadas por el conductor de neutro y/o por el conductor a tierra, o bien porque su dimensionamiento es inadecuado.

8.4.- Registros históricos de problemas de calidad de redes eléctricas

De los problemas que afectan la confiabilidad y calidad de la redes eléctricas es siempre de interés saber cuales son más frecuentes que otros y, también, cuáles son las más frecuentes de que estos problemas se presenten.

En la Tabla siguiente se da a conocer este tipo de antecedentes, obtenidos de estadísticas internacionales.

Tabla 01										
Frecuencias de concurrencias de fallas de sistemas eléctricos										
Problema	Armónicas			Fuga a tierra			Perturbación de voltaje			
	Frecuencia de ocurrencia	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Sector										
Comercial		71%	20%	9%	20%	31%	49%	51%	27%	22%
Público		60%	20%	20%	31%	31%	31%	31%	49%	20%
Industrial		60%	31%	9%	40%	31%	31%	40%	31%	29%

Significado de la magnitud de la frecuencia de ocurrencia indicada:

Alta: Mayor de doce incidentes al año con resultado de corte de energía eléctrica o de corte de procesos.

Media: Dos a doce incidentes por año.

Baja: Entre cero y un incidente al año.

Tabla 02

Fuentes comunes de falla de sistemas eléctricos

Problema	Fuente(s)	Comercial	Público	Industrial
Armónicas	Sistemas	71%	78%	34%
	computacionales	5%	--	22%
	Conexión carga inductiva	10%	17%	22%
	Fuentes de poder	14%	5%	22%
	Combinación de factores			
Fugas a tierra	Sistemas	100%	100%	41%
	computacionales	--	--	59%
	Equipos de control de proceso			
Perturbación de voltaje transitorios voltajes impulsivos	Rayos	--	--	--
	Conexión de carga inductiva	12%	31%	43%
		88%	69%	57%
	Falla en la red pública	--	20%	40%
	Conexión carga elevada	--	--	100%
Ruido eléctricos.	Cargas cíclicas			

Casos en que se aplica la aparición o fuente de algunos problemas:

Conexión de carga inductiva: motores, transformadores, encendido de tubos fluorescentes.

Cargas cíclicas: hornos y soldadoras al arco.

8.5.-Definición de los principales tipos de anomalías de redes de suministro de electricidad

Ninguna red eléctrica puede considerarse ideal; todas ellas siempre presentarán algún grado de anomalía.

Es entonces importante definir los límites a partir de los cuales esta anomalía comienza a afectar la confiabilidad de los equipos eléctricos que se conectan a esta red defectuosa. Conocidos y aceptados estos límites, los diseñadores y fabricantes de equipos deberán garantizar el funcionamiento de estos aparatos aún cuando la red no sea ideal. La tabla siguiente muestra una descripción de estos límites.

Tabla 3

Descripción de los principales tipos de perturbación de redes eléctricas

Tipos de perturbación	Descripción
1. Corte de energía	El voltaje baja a menos de 92.5% de su valor por un tiempo mayor que 10 segundos.
2. Regulación de voltaje: Bajada o subida de voltaje momentáneo	El voltaje baja en más de un 7,5% o sube más de un 7,5% por un tiempo superior a los 20 milisegundos e inferior a los 10 segundos.
3. Transitorios de voltaje (corta duración)	El voltaje baja a cero por más de 0,5 segundos o sube a más de 150% durante más de 0,1 segundos o sube a más de un 200% durante más de 0,05 segundos o a más de un 300% durante más de 0,005 segundos.
4. Distorsión armónica	El voltaje deja de ser sinusoidal (distorsión de voltaje mayor que 5%). La corriente consumida por los equipos del usuario (UPS, computadores, televisores, etc.) es fuertemente no sinusoidal (distorsión de corriente superior al 20%).
5. Diferencial de voltaje entre neutro y tierra	No existe un estándar para este voltaje. La corriente por los cables de conexión a tierra debe ser nula. Por el conductor de neutro circula la corriente debida a los desequilibrios entre cada fase y componentes armónicas principalmente de orden 3. El voltaje en el conductor de neutro no debe ser superior a los 0,6 Volts. Puede medirse como voltaje entre neutro y tierra.
6. Ruido de alta frecuencia	El ruido de alta frecuencia (10kHz a 100kHz) debe ser inferior a 15 mV en el rango 10kHz a 500kHz

8.6.-Proyectos de mejoramiento de la red: Solución a cortes de energía, regulación y transitorios de voltaje.

Si la red eléctrica de un determinado lugar excede de los límites permitidos por norma, el funcionamiento de los equipos que se conecten a ella no podrán ser garantizados por los fabricantes, tendrán una confiabilidad baja y una tasa de falla alta. Por otra parte, la red eléctrica no puede tener una disponibilidad de un 100% de tal modo que el usuario deberá realizar un proyecto de mejoramiento de su instalación si desea que sus equipos funcionen aun cuando la red eléctrica falle. La Tabla siguiente muestra los proyectos de mejoramiento que pueden llevarse a cabo en cada caso.

Tabla 4	
Soluciones a corte de energía y voltaje fuera de norma	
Equipo instalación	o Proyecto de mejoramiento
Distribución de electricidad	Dimensionamiento de conductores considerando armónicas. Disminución de las corrientes por el neutro mediante el balance de cargas. Disminución de las corrientes armónicas mediante filtros y transformadores de aislación. Tableros separados para equipos sensibles.
Condensadores	Sustitución por condensadores antiresonantes.
Equipos Contaminantes	Mejoramiento de los equipos (exigencia a los fabricantes de ubicar filtros de línea o reactancias en serie). Empleo de transformadores de aislación.

Un problema también frecuente en redes eléctricas lo constituye el desbalance o desequilibrio de voltaje de una de las fases de la red con respecto a otra. Este desequilibrio usualmente se mide según el valor de la llamada componente de secuencia negativa del voltaje, la que se mide con instrumentos especiales. La Norma establece que este valor, medido en forma porcentual, no debe exceder de un 2% para el 95% de los muestreos sobre un período de una semana. Una forma aproximada de determinar el desbalance es medir los tres voltajes de cada fase y determinar que ninguno de los voltajes difiere del valor promedio en más de un 2%. Un desequilibrio del voltaje provoca el calentamiento de los motores eléctricos trifásicos, lo que obliga a emplearlos en nivel de potencia inferior a su potencia nominal.

8.7.- Proyectos de mejoramiento de la red: Soluciona los problemas de distorsión armónica

La red eléctrica debe ser idealmente sinusoidal. Sin embargo, debido a que los usuarios demandan corrientes que no son sinusoidales, el voltaje distorsiona su forma. Las características límites y la descripción de este problema se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 5	
Distorsión de voltaje: características límites	
Término empleado	Descripción
Distorsión armónica	El voltaje deja de ser sinusoidal: La distorsión de voltaje total es mayor que un 5%. La corriente consumida por el usuario es fuertemente sinusoidal: la distorsión total de corriente es superior al 20%.
Diferencial de voltaje	Por el conductor de neutro circula la corriente debida a los desequilibrios entre cada fase y a componentes armónicas principalmente de orden 3. El voltaje en el conductor de neutro no debe ser superior a 0,6 Volts. Puede medirse como voltaje entre neutro y tierra.

La Norma establece con precisión los límites de distorsión armónica que deben cumplir las empresas distribuidoras de energía eléctrica. Si esto no se cumple el usuario debería solicitar que el problema se solucione.

Tabla 6		
Distorsión de voltaje: límites permitidos		
Voltaje nominal En el punto de medida	Distorsión Individual (%)	Distorsión Total(%)
Menor o igual a 69 Kv	3,0	5.0
Mayor a 69 kV y menor que 161 kV	1,5	2,5
Mayor que 161 k V	1,0	1,5

Si el problema de distorsión de voltaje persiste, se manifestarán los problemas señalados en la tabla siguiente, ya que los equipo eléctricos y el sistema en general, están diseñados para ser alimentados con voltaje sinusoidal.

Tabla 7	
Distorsión de voltaje: efectos	
Equipo	Efecto observados
Transformador	Sobrecalentamiento si el factor K es elevado (superior a 2,7) y la carga es superior al 90% de la nominal.
Condensadores	Los condensadores (de compensación del factor de potencia, de iluminación, por ejemplo), se queman si la corriente por ellos es más que 1,3 veces su corriente nominal.

distorsión armónica inferior a 5% y, por tanto, cumple con las máximas exigencias de la Norma. En otras palabras, tratan que el equipo que cumpla con la primera línea de la Tabla.

Cuando en un sistema eléctrico existen problemas relacionados con armónicas, como los descritos en párrafos anteriores, será necesario solucionarlos. La tabla siguiente muestra algunos de los proyectos o mejoramientos en el sistema para que el sistema trabaje dentro de los límites establecidos por las normas.

Tabla 9	
Distorsión de corriente: soluciones	
Tipos de perturbación	Proyecto o mejoramiento
1. Corte de energía	a) Voltaje alterno en base a baterías (UPS). Generador diesel de respaldo.
2. Regulación de voltaje	a) Voltaje alterno en base a baterías (UPS). b) Mejoramiento del sistema de distribución de electricidad. Reguladores de voltaje.
3. Transitorios de voltaje	a) Voltaje alterno en base a baterías (UPS). b) Filtros de línea (TVSS). c) Transformadores de aislación.

8.8.-Proyectos de mejoramiento de la red: Solución a los problemas de mallas de tierra

Las tablas siguientes muestran tanto los problemas de mallas de tierra que afectan la confiabilidad de los sistemas eléctricos como los proyectos de solución de estos problemas.

Tabla 10	
Efectos de un mal diseño de mallas de tierra	
Tipos de perturbación	Efectos de equipos de computación
1. Diferencial del voltaje entre neutro y tierra	Ocurre pérdida de algunos datos y daños en algunas componentes electrónicas.
2. Ruido de alta frecuencia	Ocurre pérdidas de algunos datos, interferencias en telecomunicaciones, pantallas de computadores con defectos visibles.

Tabla 11

Solución a problemas de mallas de tierra

Tipos de perturbación	Proyecto de mejoramiento
1. Diferencial del voltaje entre neutro y tierra	<ul style="list-style-type: none"> a) Disminución de las corrientes por el neutro mediante balance de cargas. b) Disminución de las corrientes por el neutro mediante filtros o transformadores de aislamiento en equipos contaminantes (UPS, computadores). c) Dimensión de los conductores de neutro.
2. Ruido de alta frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> a) Supresores de ruido en las principales fuentes de generación de ruido radioeléctrico. b) Supresores de ruido a la llegada de la red pública..

CAPITULO 9

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

9.1.- Algunas definiciones previas:

9.1.1.-Potencial "cero":

Para la física el globo terráqueo es considerado, en su conjunto, como que tiene un potencial eléctrico igual a cero (cero volt), aunque para esta ciencia esto es más que todo una cuestión de convención, para los fines prácticos esto es de suma importancia. La tierra (el suelo terrestre, la corteza) es considerado como un conductor de la corriente eléctrica, de esta forma cualquier conductor conectado a ella pasa a tener el mismo potencial (0v) y este es también llamado "TIERRA" (earth, ground).

Un equivalente es el término MASA, pero éste es utilizable cuando no se trata de una tierra verdadera, sino de un chasis, un soporte metálico o bastidor. También es representada comúnmente por la sigla GND o en algunos instrumentos por las letras E (Kioritsu) o G. En el tendido de cables es indicado con el aislante de color verde-amarillo o un cable desnudo.

9.2.-Importancia de la instalación de una puesta a tierra.

Ante las posibles fallas de aislamiento de los conductores en algunos equipos eléctricos, se corre el riesgo de que la cubierta metálica de éstos

quede con tensión eléctrica. El contacto directo con un equipo electrizado puede producir en el ser humano desde alteraciones del ritmo cardíaco hasta la muerte. La conexión a tierra eficaz conduce la electricidad indeseable hacia tierra alejando el peligro en forma segura. La cubierta metálica ("shield"), o apantallamiento puesto a tierra, es usual en muchas líneas de transmisión de la información, porque protege a los equipos electrónicos contra perturbaciones electromagnéticas. También sirve como referencia de las señales en un equipo electrónico y para eliminar las diferencias de potencial entre diferentes componentes de un sistema de comunicaciones o control automático. Todas estas y otras aplicaciones merecen un tratamiento singular y, por lo tanto, otros artículos que profundicen en ellas.

9.3.-Diferencias entre la conexión de tierra y neutro

Un error común en la conexión de un equipo o en la transmisión de tensión en un conducto es la confusión entre tierra (GND) y neutro (N). Aunque idealmente estos dos terminan conectados en algún punto a tierra, la función de ellos es muy distinta. Mientras que el cable de neutro es el encargado de la transmisión de corriente, el conductor de tierra es una de las seguridades primarias de los equipos contra el shock eléctrico; de modo que tomándolos como la misma cosa anulamos la seguridad de tierra contra el shock eléctrico. En el hipotético caso que una empresa toma el neutro y tierra como la misma cosa, cuando el cable de tierra se corte o abra, la carcasa de

los equipos (conectados a tierra-neutro) tendrá el potencial de línea y así toda persona que los toque estará expuesto una descarga eléctrica.

9.4.-Elementos que integran un sistema de puesta a tierra

El tercer cable, en un sistema eléctrico monofásico, o línea a tierra, es un conductor de cobre conectado a un electrodo contenido en un pozo del patio o jardín, o en un sótano. El revestimiento de este cable es comúnmente de color amarillo o amarillo/verde. Generalmente va conectado a una bornera contenida en una caja de caso o en un tablero.

En los sistemas eléctricos trifásicos es el cuarto o quinto cable, luego de las tres fases (R, S y T) y el neutro (N), siendo este último correspondiente al suministro en "estrella"; comúnmente se conecta el neutro a tierra.

El electrodo es el elemento conductor que se utiliza para transferir la corriente a otro medio. En el caso de las puestas a tierra es una varilla, de sección circular de cobre (Cu) o acero revestido de Cu (denominado Coperweld) y, en otros casos, una platina de sección rectangular, que es enterrada en un pozo vertical u horizontal de tierra cernida y tratada químicamente.

El uso del suelo, como medio conductor de corrientes eléctricas, depende de

su conductividad, que es de naturaleza electroquímica y electrolítica. Esto significa que requiere de la presencia de sustancias solubles y concentradoras de humedad, que varían según los terrenos y pueden ser mejoradas técnicamente.

Los aditivos químicos más conocidos son la sal industrial combinada en capas con carbón, que es la fórmula clásica, o los productos denominados sales higroscópicas o gel. Quien diseña un sistema de puesta a tierra debe saber combinar estos componentes para obtener un resultado óptimo.

La sal industrial (C1Na) multiplica la conductividad del terreno, el carbón conserva un cierto nivel de humedad y ayuda a que el agua descienda a niveles más bajos, hasta el extremo inferior del electrodo.

Las sales higroscópicas, como lo indica su nombre, tienen la cualidad de conservar una mayor cantidad de humedad en el volumen en que están contenidas. Es algo análogo al efecto de una esponja. Eso se denomina higroscopía.

En una buena construcción de puesta a tierra debemos evitar que el pozo contenga piedras o desperdicios aislantes tales como los plásticos.

Igualmente debe evitarse que existan derrames de aceite o petróleo porque degradan la conductividad del terreno.

Si bien la humedad es muy importante, existe el peligro del exceso de agua. Es necesario evitar que haya una acequia o derrame de agua porque estas corrientes arrastran los componentes químicos de la P.A.T. y también empobrecen la conductividad de la puesta a tierra.

La mayor o menor conductividad de un sistema de puesta a tierra, con respecto a otro, implica que entre ambos se puede presentar una diferencia de potencial y, por ende, un daño en uno de los equipos de comunicaciones o control. Por eso, se prefiere unir los sistemas de P.A.T. cuando se ha interconectado dos sistemas de comunicaciones, de control u otra aplicación electrónica, excepto en los enlaces con fibra óptica.

9.5.-Topologías y arreglos de sistemas de puesta a tierra

Un sistema de P.A.T. puede basarse en un pozo o en varios unidos, en este caso hablamos de una malla. En la costa, en la mayoría de puestos a tierra, se construye fácilmente pozos verticales de dos a tres metros de profundidad. En las zonas altas (3,000 a 4,000 ó más metros) es habitual construir pozos horizontales con menor profundidad pero mayor extensión horizontal. Estos últimos son realizados con conductores flexibles y/o con platinas de Cu en diferentes longitudes y arreglos, tienen la ventaja de no sólo dispensar corrientes indeseables sino también de controlar gradientes peligrosas en un sistema eléctrico. Cuando se trata de obtener una baja

resistencia de puesta a tierra se diseña una malla, es decir un arreglo de dos o más pozos. Cuando son tres o más pozos, el arreglo más conveniente para un máximo aprovechamiento es una figura geométrica (triángulos, cuadrados, etc.); si no existe esa posibilidad, por limitaciones del terreno, el arreglo de la malla se hace simplemente lineal. La distancia entre los pozos verticales enmallados debe ser el doble de la longitud del electrodo, es así que para dos pozos con varillas estándar de 2.40 metros se estima una distancia de cinco metros.

9.6.-Mediciones de la resistencia de una puesta a tierra

Como estamos apreciando, se trata de obtener una baja resistencia o alta conductividad en el terreno que rodea al electrodo que hemos instalado. Para medir esta resistencia se utiliza un instrumento denominado TELURÓMETRO. El método más difundido por su eficacia y exactitud es el denominado Método del Potencial, que emplea tres electrodos. Uno de los tres electrodos es el correspondiente al pozo de puesta a tierra (E o G). Los otros dos deben ser clavados en el terreno. Los manuales de los telurómetros nos indican que las distancias razonables son d y $2d$, la primera es para clavar el electrodo de potencial (P) y la segunda para el electrodo de corriente (C). La longitud d es igual a dos veces la del electrodo de un pozo individual o a la longitud de un arreglo lineal. En el caso de un arreglo geométrico se aplica una fórmula que es función del área de la figura geométrica construida. En todos los casos se puede efectuar una sola

medición o tomar muestras a distancias escalonadas para hallar el valor promedio. En los lugares en que el piso está cubierto de cemento o concreto (patios, sótanos, etc.), se sugiere construir puntos de medición, tratando de hacerlos con los criterios del párrafo anterior y dándoseles un acabado que permita su utilización en cualquier momento. Un telurómetro comúnmente opera inyectando una corriente con frecuencia de 500 Hz por el electrodo C y registrando la caída de tensión o potencial en el electrodo P. Internamente, en virtud de la Ley de Ohm, se halla la resistencia alrededor del electrodo de P.A.T. (E).

9.7.-Mantenimiento

Es necesario hacer una especie de "historia técnica" del sistema de puesta a tierra, basada en datos de su construcción, así como de mediciones periódicas. Según la geografía y el terreno específico, se debe implementar un plan de mantenimiento. Puede ser requerida una irrigación, o la adición periódica de sales electrolíticas y/o higroscópicas.

También se debe medir la continuidad entre la puesta a tierra y los puntos importantes que se están protegiendo, porque puede haberse producido una desconexión accidental o una ampliación no supervisada de la red. Cabe reiterar que cada caso tiene singularidades que deben tenerse en cuenta: Como habrá podido apreciar el lector, este tema tiene una gran amplitud y merece otras contribuciones que enfatizen, por ejemplo, sobre el tratamiento

del riesgo eléctrico, los pararrayos, la tierra como referencia de señales, los métodos y equipos de medición de la resistividad de los terrenos, las puestas a tierra de área extensa o de gran profundidad.

CAPITULO 10

APLICACIÓN AL DISEÑO DE CALIDAD, EFICIENCIA Y CONFIABILIDAD DE LA ENERGIA EN EL SISTEMA ELECTRICO DEL ESTADIO MONUMENTAL

10.1.-Generalidades

La presente documentación se refiere a las instalaciones electromecánicas y equipamiento del Complejo Social, Recreacional y Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes construida en la Urbanización Mayorazgo del distrito de Ate.

El sistema eléctrico se incluye el abastecimiento de energía distribución de energía en media y baja tensión y sistema de iluminación.

Todas las instalaciones electromecánicas y equipamiento del proyecto "Estadio Monumental" cumplen estándares FIFA (Asociación Internacional de Fútbol Asociado) , cuyas exigencias son para estadios de copa mundial , así como el Código Nacional de Electricidad , El Reglamento General de Construcciones , y Normas Internacionales tales como NEC , UL , CEI , NEMA , ISO , NFPA y FM.

Asimismo se introduce el margen necesario en los cálculos para combatir los problemas de mala calidad de la energía.

10.2.- Sistema de Utilización

El sistema de utilización del Estadio Monumental, consiste en una red primaria subterránea en media tensión 10 KV desde la planta de autogeneración hasta las seis subestaciones de superficie repartidos en puntos estratégicos del complejo, de relación de transformación de 10/0.23 kV.

En la elaboración del proyecto se coordinó con los proyectistas , para tener en cuenta en el diseño la confiabilidad que debe tener el sistema eléctrico, y la calidad de la energía a entregar y generar por otro lado.

Las bases de calculo se hicieron de acuerdo:

- Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento (D.L. 25844)
 - Código Nacional de Electricidad.
 - Norma DGE-004 B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas.
 - Reglamento General de Construcciones.
 - Potencia de diseño: 2400 kW
 - Potencia de cortocircuito: 23.29 MVA
 - Tiempo de apertura de la protección: 0.2 seg

Se decidió realizar el tendido de la red primaria en forma subterránea en ductos y cada cierta distancia se integran buzones de paso ,con tapa de fierro fundido , para la facilidad de acceso en caso de emergencia, se trata de un sistema trifásico de tres hilos, para la tensión nominal de 10 kV y una frecuencia de 60 Hz, utilizándose cable tipo N2XSY (entubado). El recorrido se muestra en el plano IE-01.

Subestacion nº 1

Cuatro celdas de maniobra y protección (12 kV).

Una celda de transformación, para un transformador de 160 kVA

Subestación nº 2

Tres celdas de maniobra y protección (12 kV).

Dos celdas de transformación, para transformadores de 1000 kVA cada una.

Subestación nº 3

Tres celdas de maniobra y protección.

Celda de transformación, para transformador de 800 kVA.

Celda de transformación, para transformador de 630 kVA.

Subestación nº 4

Dos celdas de maniobra y protección (12 kV).

Celdas de transformación, para transformador de 630 kVA.

Celdas de transformación, para transformador de 630 kVA
(Reserva).

Subestación nº 5

Dos celdas de maniobra y protección (12 kV).

Celda de transformación, para transformador de 800 kVA.

Celda de transformación, para transformador de 800 kVA.

(Reserva).

Subestación nº 6

Celda de llegada en 10 kV.

Celda de transformación, para transformador de 100 kVA.




10.2.1.-Cálculo por corriente de carga

En el esquema 10 kV se observa, la corriente de carga (I_c) en cada uno de los tramos de la red. La corriente nominal de los conductores es de:

Cable N2XSY 3-1 x 120 mm ²	$I_n = 405 \text{ A}$
Cable N2XSY 3-1 x 95 mm ²	$I_n = 359 \text{ A}$
Cable N2XSY 3-1 x 35 mm ²	$I_n = 212 \text{ A}$

Para el caso del cable N2XSY 8.7/15 kV en instalación subterránea existe un factor de corrección equivalente debido a las características de la instalación: (Según C.N.E.)

Según CNE
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE
CORRIENTE RELATIVOS AL TENDIDO EN DUCTOS

Tendido en ductos	Sección mm ²	Cable multipolar	Sistema De cables unipolares	
<u>Un solo ducto</u> 	Hasta 50	0.81	0.81	
	70 - 150	0.80	0.79	
	185 - 400	0.79	0.76	
	500 o más	-	0.69	
Tres ductos (no ferroso) <u>En línea horizontal</u>  <u>En triángulo</u> 	Hasta 50	-	0.82	
	70 - 150	-	0.80	
	185 - 400	-	0.77	
	500 o más	-	0.70	
	Hasta 50	-	0.83	
	70 - 150	-	0.81	
	185 - 400	-	0.78	
	500 o más	-	0.71	

Factor de corrección de capacidad de corriente por instalación de entubado

$$F_{eq} = 0.81$$

Por lo tanto la corriente de diseño (I_d) de los cables será:

$$I_d = \frac{I_c}{F_{eq}}$$

Tramo central de generación a SE N° 1

Condiciones :

Potencia a transmitir	:	3000 kVA
Tensión nominal	:	10 kV
Factor de potencia	:	0.80
Potencia de cortocircuito	:	23.29 MVA
Tiempo de actuación de protección	:	0.2 seg.
Temperatura del terreno	:	25°C
Profundidad de instalación del cable	:	1.20 mt
Tipo de cable a utilizar	:	N2XSY

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{3000}{\sqrt{3} \times 10} = 173.41 \text{ A}$$

Luego la corriente de diseño:

$$I_d = \frac{I_c}{F_{eq}}$$

$$I_d = \frac{173.41}{0.81} = 214.086 \text{ A}$$

El cable 3 - 1 x 95 mm² N2XSY con capacidad nominal de 359 A transportará la corriente actual y la posible futura.

➤ Tramo SE N° 1 a SE N° 2 cable N2XSY 3-1x95 mm²

$$I_c = 150 \text{ A} \quad I_d = 185.49 \text{ A} < \text{ de } I_n = 359 \text{ A}$$

➤ Tramo SE N° 1 a SE N° 4 cable N2XSY 3-1x95 mm²

$$I_c = 52 \text{ A} \quad I_d = 64.20 \text{ A} < \text{ de } I_n = 359 \text{ A}$$

➤ Tramo SE N° 1 a SE N° 5 cable N2XSY 3-1x95 mm²

$$I_c = 135.78 \text{ A} \quad I_d = 167.63 \text{ A} < \text{ de } I_n = 359 \text{ A}$$

➤ Tramo SE N° 2 a SE N° 3

$$I_c = 69.78 \text{ A} \quad I_d = 86.15 \text{ A} < \text{ de } I_n = 359 \text{ A}$$

➤ Tramo SE N° 2 a SE N° 4

$$I_c = 150.78 \text{ A} \quad I_d = 186.15 \text{ A} < \text{ de } I_n = 359 \text{ A}$$

➤ Tramo SE N° 3 a SE N° 5

$$I_c = 70.78 \text{ A} \quad I_d = 87.38 \text{ A} < \text{ de } I_n = 359 \text{ A}$$

➤ Tramo SE N° 3 a SE N° 8 cable N2XSY 3-1x35 mm²

$$I_c = 5.78 \text{ A} \quad I_d = 7.14 \text{ A} < \text{ de } I_n = 212 \text{ A}$$

10.2.2.-Cálculo por caída de tensión

Cable N2XSY

Sección (mm ²)	r(Ω/km)	x(Ω/km)
95	0.252	0.2427
35	0.669	0.2814

Formula utilizada

$$\Delta V = \sqrt{3} I_L (r \cos \phi + x \sin \phi)$$

donde :

ΔV = caída de tensión en el tramo (V)

I_L = corriente de carga de cada tramo (A)

L = longitud del tramo en km

r = resistencia del conductor del tramo (Ω/km)

x = reactancia del conductor del tramo (Ω/km)

$$\cos\theta = 0.80$$

$$\sin\theta = 0.60$$

Para el cable N2XSY 3 - 1 x 95 mm²

$$\Delta V = \sqrt{3} IL (0.252 \times 0.8 + 0.2427 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 0.601 IL$$

Para el cable N2XSY 3 - 1 x 35 mm²

$$\Delta V = \sqrt{3} IL (0.669 \times 0.8 + 0.2814 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 1.22 IL$$

Luego:

Para el tramo planta de autogeneración a SE N°1 tenemos:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} LI}{1000} = (r \cos\theta + x \sin\theta)$$

$$L = 265 \text{ mt}$$

$$\cos\theta = 0.8$$

$$\sin\theta = 0.6$$

$$r = 0.252 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$x = 0.2427 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$I = 214.086 \text{ A}$$

Reemplazando valores:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 265 \times 214.086}{1000} = (0.252 \times 0.8 + 0.2427 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 34.08 \text{ voltios}$$

Cálculo de la caída de tensión en cada uno de los tramos:

Tramo	k(Ω /km)	I(A)	L(km)	ΔV (Volt)
Planta autog.-SE N° 1	0.601	214.086	0.265	34.08
SE N° 1 – SE N° 2	0.601	185.19	0.052	5.79
SE N° 1 – SE N° 4	0.601	64.20	0.080	3.087
SE N° 1 – SE N° 5	0.601	167.63	0.520	52.39
SE N° 2 – SE N° 3	0.601	86.15	0.484	25.06
SE N° 2 – SE N° 4	0.601	186.15	0.850	95.09
SE N° 3 – SE N° 5	0.601	87.38	0.850	44.64
SE N° 3 – SE N° 8	1.220	7.14	0.157	1.37

En todos los casos la caída de tensión es mucho menor del 3.5% permitido en 10 kV

10.2.3.-Cálculo corriente de cortocircuito en el cable

Condiciones:

P_{cc} : Potencia del sistema : 23.29 MVA

V : Tensión nominal : 10 kV

t : Duración del cortocircuito : 0.2 seg.

I_{cc} : Corriente de cortocircuito permanente : kA

$$I_{cc} = \frac{P_{cc} \text{ (MVA)}}{\sqrt{3} \times V \text{ (kV)}}$$

$$I_{cc} = \frac{23.29}{\sqrt{3} \times 10}$$

$$I_{cc} = 1.346 \text{ kA}$$

Parámetros del conductor Cable N2XSY

Sección (mm ²)	r(Ω/km)	x(Ω/km)
N2XSY 3-1x95 mm ²	0.252	0.2427
N2XSY 3-1x35 mm ²	0.669	0.2814

Cálculo de las impedancias equivalentes (Zeq) en cada punto

En la barra de la planta de autogeneración

$$P_o^I = 23.29 \text{ MVA}$$

$$V = 10 \text{ kV}$$

$$Z_o^I = \frac{V^2}{P_o}$$

$$Z_o^I = j4.294$$

En SE N° 1

$$Z_1^{II} = Z_{pl.aut - SE N° 1} + Z_o^I \quad \text{con} \quad Z_o^I = j4.294$$

$$Z_{pl.aut - SE N° 1} = r.L + j X L$$

$$= 0.252 \times 0.265 + j0.2427 \times 0.265$$

$$= 0.0668 + j0.0643$$

$$Z_1^{\text{II}} = 0.0668 + j4.3583$$

$$Z_1^{\text{II}}{}_{\text{eq}} = 4.3588\Omega$$

<u>Z_{eq} hasta</u> <u>Z_{eq}(Ω)</u>	<u>Fórmula</u>	<u>R_{eq}(Ω)</u>	<u>X_{eq}(Ω)</u>
SE N° 1 4.3588	$Z_o^{\text{I}} + Z_{\text{pl.aut}} - \text{SE N° 1}$	0.0668	4.3583
SE N° 1 – SE N° 4 4.3786	$Z_{\text{eq}}^{\text{I}} + Z_{\text{SE N° 1} - \text{SE N° 4}}$	0.0870	4.3777
SE N° 1 – SE N° 2 4.3716	$Z_{\text{eq}}^{\text{I}} + Z_{\text{SE N° 1} - \text{SE N° 2}}$	0.0799	4.3709
SE N° 1 – SE N° 5 4.4889	$Z_{\text{eq}}^{\text{I}} + Z_{\text{SE N° 1} - \text{SE N° 5}}$	0.1978	4.4845
SE N° 2 – SE N° 3 4.4929	$Z_{\text{eq}}^{\text{II}} + Z_{\text{SE N° 2} - \text{SE N° 3}}$	0.2019	4.4884
SE N° 3 – SE N° 8 4.5430	$Z_{\text{eq}}^{\text{III}} + Z_{\text{SE N° 3} - \text{SE N° 8}}$	0.3069	4.5326
SE N° 2 – SE N° 4 4.3927	$Z_{\text{eq}}^{\text{II}} + Z_{\text{SE N° 2} - \text{SE N° 2}}$	0.1013	4.3915
SE N° 5 – SE N° 3 4.5104	$Z_{\text{eq}} + Z_{\text{SE N° 3} - \text{SE N° 5}}$	0.2192	4.5051

La corriente de cortocircuito trifásico en cada uno de los puntos del esquema será:

$$I_{\text{cc}} = \frac{P_{\text{cc}}}{\sqrt{3} V}$$

$$P_{cc} = \frac{V^2}{Z_{eq}}$$

Resulta :

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_{eq}}$$

Con $V = 10 \text{ kV}$ y Z_{eq} en cada punto tenemos:

En la Barra	Con $Z_{eq} (\Omega)$	$I_{cc} (\text{kA})$
SE N° 1	4.3588	1.3260
SE N° 2	4.3716	1.3220
SE N° 4	4.3786	1.3200
SE N° 5	4.4889	1.2877
SE N° 3	4.4929	1.2866
SE N° 8	4.5430	1.2724

10.2.4.-Cálculo por corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (i_{km})

i_{km} : Corriente de cortocircuito térmicamente admisible por el cable : A

S : Sección del cable : 95 mm^2 .

t : Duración del cortocircuito : 0.2 seg.

$$i_{km} = \frac{0.143 S}{\sqrt{t}}$$

$$i_{km} = \frac{0.143 \times 95}{\sqrt{0.2}}$$

$$i_{km} = 30.38 \text{ kA}$$

Se calculó $I_{cc} = 1.346 \text{ kA}$ en el sistema

Ya que $I_{km} > I_{cc}$, la selección del cable de 95 mm^2 es la correcta

10.2.5.-Dimensionamiento de barras 10 kv en SE N° 1

Se selecciona barras rectangulares de $5 \times 50 \text{ mm}$ instalados a posición horizontal ($I_n = 700 \text{ A}$)

Distancia máxima entre apoyos : 1.5 m

Separación entre fases : 30 cm

Del cálculo de la I_{cc} de la red 10 kV tenemos para la SE N° 1 el valor de:

$$I_{cc} = 1.326 \text{ kA}$$

10.2.6.-Cálculo de la corriente de choque

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 1.327$$

$$I_{ch} = 3.365 \text{ kA}$$

10.2.7.-Cálculo por esfuerzos electrodinámicos

Se tiene :

F : esfuerzo en la barra : kg.

d : distancia entre barras : 40 cm.

L : longitud entre apoyos : 1.5 m

I_{ch} : corriente de choque : 3.368 kA

$$F = 2.04 I_{ch}^2 \cdot \frac{L}{d} \text{ en kg}$$

$$F = 2.04 \frac{(3.365)^2 \times 1.5}{30} \text{ kg}$$

$$F = 1.157 \text{ kg}$$

Cálculo del momento flector máximo (M)

$$M = \frac{F \times L}{8} = \frac{1.157 \times 1.5}{8}$$

$$M = 0.217 \text{ kg} \cdot \text{m} = 21.69 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

El modulo resistente de la barra (W_r)

$$W_r = \frac{hb^2}{6} \quad \begin{array}{l} b = 5 \text{ cm} \\ h = 0.5 \text{ cm} \end{array}$$

$$W_r = 2.083 \text{ cm}^3$$

El esfuerzo de flexión de trabajo está dado por :

$$\delta t = \frac{M}{W_r} \text{ en kg/cm}^2$$

$$\delta t = \frac{21.69}{2.083}$$

$$\delta t = 10.413 \text{ kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo de flexión admisible por el cobre (1,000 a 1,200 kg/cm²) es mayor que el valor δt calculado, entonces la barra rectangular 5 x 50 mm es la solución en su posición horizontal.

10.2.8.-Cálculo por resonancia

$$F_r = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{G}} \text{ en Hz}$$

F_r = frecuencia natural de oscilación de la barra

E = módulo de elasticidad : $1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

J = momento de inercia : 5.21 cm^4

g = peso de la platina : 0.0178 kg/cm

L = longitud libre de barra : 150 cm

$$J = \frac{hb^3}{12}$$

$$J = \frac{0.5 (5)^3}{12}$$

$$J = 5.21 \text{ cm}^4$$

debe cumplirse $54 \text{ Hz} < F < 66 \text{ Hz}$
 $108 \text{ Hz} < F < 132 \text{ Hz}$

Reemplazando valores resulta

$$F = 95 \text{ Hz}$$

10.2.9.-Cálculo por elevación de temperatura

La elevación de temperatura está dada por :

$$\Delta\theta = \frac{K}{A^2} I^2 \text{ cc } (t + \Delta t) \text{ en } ^\circ\text{C}$$

donde:

K : Constante del cobre = 0.0058

A : Sección de la barra = 250 mm²

I_{cc}: Corriente de cortocircuito permanente en barras de

$$M.T. = 1,326 \text{ A}$$

t : Tiempo de apertura del dispositivo de protección (0.2 seg)

Incremento del tiempo de protección:

$$\Delta t = 3.865 \text{ seg}$$

Luego:

$$\Delta \theta = \frac{0.0058 \times (1.326)^2}{(250)^2} (0.2 + 3.865)$$

$$\Delta \theta = 0.663^\circ\text{C}$$

θ_r = temperatura final en la barra

θ_1 = temperatura inicial (previo a la falla)

$$\theta_r = \theta_1 + \Delta \theta = 65 + 0.663^\circ\text{C}$$

$$\theta_r = 65.663^\circ\text{C} < 200^\circ\text{C}$$

200°C temperatura máxima que soporta conductor de Cu.

10.2.10.-Cálculo de ventilación

Parámetros generales

Potencia del transformador : 160 kVA

Pérdida total del transformador : 3.531 kW

La resistencia que ofrece el camino de aire es:

$$R = R_1 + m^2 R_2$$

R_1 al ingreso del aire

Aceleración : 1.00

Rejilla de alambre : 0.75

Cambio de dirección : 0.60

TOTAL 2.35

$$R_1 = 2.35$$

R_2 a la salida del aire:

Aceleración : 1.00

Rejilla de alambre : 1.00

TOTAL 2.00

$$R_2 = 2.00$$

Si el canal de salida de aire se hace un 10% más grande que el canal de entrada, será:

$$m = \frac{A_1}{A_2}$$

$$m = \frac{1}{1.10} = 0.91$$

Reemplazando valores:

$$R = 2.35 + (0.91)^2 \times 2.00$$

$$R = 4.01$$

La ecuación de equilibrio para la circulación de aire es:

$$H \times tu^3 = \frac{13.2 \cdot p^2 \cdot R}{A^2_1}$$

Donde:

P : Pérdida total del transformador 3,531 kW.

H : Altura columna de aire en m entre el medio del transformador y el ducto de salida.

$$H = 2.30 \text{ m}$$

tu : Calentamiento de la columna de aire en °C

$$tu = 12 \text{ °C} \quad (T_2 - T_1).$$

R : Resistencia del flujo de aire entre el ducto de entrada y el de salida. = 4.01

A₁: Sección del canal de entrada = ? m².

Luego:

$$A_1 = 0.41 \text{ m}^2$$

Por lo tanto A₂ = 1.10 x 0.41 = 0.451 m²

La subestación ha sido diseñada con:

$$A_1 = 1.21 \text{ m}^2 \text{ (Ingreso)}$$

$$A_2 = 1.92 \text{ m}^2 \text{ (Salida)}$$

SUBESTACION	POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	INGRESO		SALIDA	
		m2	(AxL)	m2	(AxL)
SE N° 1	160	1,21	1,10 x1.10	1,92	0,6(2.6x0.6)
SE N° 2	2000	3,45	2.30x1.50	5,28	0,8(4.0x2.6)
SE N° 3	1430	3,45	2.30x1.50	5,28	0,8(4.0x2.6)
SE N° 4	630	0,64	2(0.8 x0.40)	1,65	2.75x0.60
SE N° 5	800	0,64	2(0.8 x0.40)	1,65	2.75x0.60
SE N° 8	100	1,08	1.20 x0.90	1,32	2.20x0.60

Dimensiones aproximadas

Número de celda (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)
1.6 (160 kVA)	1600	1400	2300
2.4 (1000 kVA)	2200	1600	3200
2.5 (1000 kVA)	2200	1600	3200
3.4 (800 kVA)	2100	1600	2800
3.5 (630 kVA)	2100	1600	2800
4.4 (630 kVA seco)	2000	1500	2800
4.5 (630 kVA seco)	2000	1500	2800
5.3 (800 kVA seco)	2000	1500	3000
5.4 (800 kVA seco)	2000	1500	3000
8.3 (100 kVA)	1600	1400	2300

10.3.-Instalaciones Eléctricas interiores:

Luego de haber observado el desarrollo de la parte de alimentación eléctrica en media tensión, en la parte de baja tensión ,220V, también se considera algunas consideraciones para obtener una buena calidad de la energía, como es el uso de :

-Introducción de filtros sintonizados en circuitos con tensiones armónicas.

- Reguladores de voltaje.
- Uso de transformadores de aislación.
- Uso de UPS.

En general se ha diseñado las instalaciones eléctricas ajustándose a los perfiles de carga prevista.

En el plano IE-01, IE-02, al IE-16, se observa las instalaciones eléctricas con este tipo de recomendaciones, estos diagramas eléctricos corresponden a la alimentación eléctrica de los equipos especiales del Estadio como son:

- Pantalla electrónica.
- Sistema de Audio.
- Score Board o marcador electrónico.
- CCTV.

10.4.-Uso eficiente de la energía en las instalaciones eléctricas del Estadio.

Una de las tecnologías recomendadas en el capítulo VI, es la introducción de Automatización y control de proceso.

10.4.1.-Introducción:

El sistema de Control instalado en el Estadio Monumental de la U tiene por finalidad el monitoreo de diversos medidores, estados de equipos y el control de encendido y apagado de celdas, iluminación

exterior, iluminación de la cancha principal y los pasadizos de las suites. También se está integrado el Panel de Incendio y una serie de sensores de movimiento PIR's para la detección de intrusos.

A continuación los sub-sistemas instalados:

Medidores de energía.

Medidores de cantidad de petróleo.

Medidores de cantidad de agua.

Medidores de caudal de agua en tubería principal y tubería contra incendio.

Monitoreo de estado de Celdas.

Monitoreo de estado de Seccionadores.

Monitoreo de estado de Interruptores de baja tensión.

Monitoreo de estado de fuente para batería de emergencia.

Monitoreo de estado de sensores de flujo de petróleo.

Monitoreo de estado de sensores de flujo de agua.

Control de encendido de Celdas.

Control de encendido de Iluminación de cancha principal.

Control de encendido de Iluminación exterior.

Control de encendido de Iluminación de pasadizos.

10.4.2.-Descripción de los sub-sistemas:

Los medidores de energía están instalados en las barras de los tableros de baja tensión y permite la toma de: corriente, corriente por fase, voltaje, voltaje de fases, voltaje entre fase y neutro, KW, KWH, factor de potencia y otros. Los medidores tienen incorporado su controlador que realiza las mediciones y se conecta a la Red N2 (Red propietaria de Johnson Control) que sale del Controlador de Red que se encuentra en la Sala de Control. Se tiene instalados medidores de energía en: SE #1, SE #2, SE #3, SE #4, SE #5 y SE #8,

El Medidor de cantidad de petróleo instalado en el tanque diario funciona con ultra sónico y su principio es la de un radar que envía una señal en la banda de ultra sonido y mide el tiempo que demora en llegar el eco. Este medidor tiene un controlador que le permite calcular el volumen, dado que el radar nos entrega solo la altura por lo que es necesario efectuar el cálculo para el recipiente en cuestión. Durante la instalación se configura la altura máxima y mínima, la forma del recipiente y el Controlador nos entrega una señal industrial de 4-20 mA, que se conecta al Controlador de la Red que lo toma como un valor análogo.

Los medidores de cantidad de agua que también funcionan como un radar pero nos entrega solo una señal en 4-20 ma. Están instaladas en las cisternas aux #1, aux #2, cancha principal, tanques de descarga y tanques principales.

Los medidores de caudal funcionan con una paleta que el caudal lo hace girar y como respuesta nos entrega una frecuencia proporcional

al caudal de agua. El sensor se conecta a un transmisor que convierte la frecuencia en una salida de 4-20 mA. y con una serie de ajustes se calibra para el diámetro del tubo y el máxima caudal. Esta señal se conecta al Controlador tomándolo como una señal análoga.

El monitoreo de estados de Seccionadores, Celdas, cargadores de batería de emergencia, sensores de flujo de petróleo, sensores de flujo de agua, interruptores de baja tensión se toman como contactos secos de cada uno de los dispositivos y van conectados a los Controladores de Red que los toma como una valor digital.

Control de encendido de Celdas, Iluminación de cancha principal, Iluminación exterior e iluminación de pasadizos se hacen con salidas de rele que posee los Controladores y se comandan del Software Metasys. Desde Metasys el control puede ser manual, por horario o asociado a algún otro dispositivo.

Para la toma de medidas, análogas y digitales, se hacen a través de Controladores que conforman una red N2 que sale de un Red de Controladores que toman información y datos de los diferentes lugares donde se encuentran los equipos y reportando a un Centro de Control.

Se ha utilizado dos tipos de Controladores: el DX-9100 que es un controlador expandible, como 8 entradas análogas, 8 entradas digitales, 6 salidas digitales y 8 salidas análogas pudiendo crecer hasta 64 puntos entre entradas y salidas, tiene incorporado un PLC que permite hacer procesos o cualquier lógica que sea necesarios

para el control. Se ha utilizado este controlador principalmente para la toma de datos análogos o donde se requiere gran cantidad de entradas o salidas. Este controlador tiene conexión para la red N2 y su dirección se programa por medio de switchs tipo DIP. El otro Controlador es el VAV que acepta 4 entradas digitales, 4 entradas análogas tipo 0-10 Vdc, 6 salidas digitales y se han utilizado para el control de las salidas para toda la Iluminación. Las salidas son con triacs, por lo tanto es necesario que se conecten a los dispositivos mediante réles. También tiene conexión para la red N2 y se programa su dirección por medio de switchs tipo DIP.

En el Centro de Control se tiene 3 Estaciones de Trabajo (WS) con 2 Controladores NCM (Controladores de red) formando una red LAN Ethernet con protocolo TCP/IP. La primera Estación de Trabajo esta asignada a Seguridad y se tiene un Sistema de Detección de Incendio y una serie de Sensores de presencia que vigilan los Accesos a las suites.

La segunda Estación de Trabajo esta asignado al manejo de la Energía y dispone de un entorno gráfico que permite tener una interpretación esquemática de los controles y valores de lectura de Tanque de petróleo y Cisternas. La tercera Estación de Trabajo esta asignada Administración y le permite tener información de todo en Sistema.

De los NCM salen dos lazos (Norte y Sur) con una salida RS-485 formando una red N2 que conecta a los Controladores, Integradores.

Panel de Incendio y los analizadores de Red; que son los elementos que reciben las señales de los medidores de nivel, medidas de energía, con contactos de las Celdas, Seccionadores, Tableros de Baja Tensión, Sensores de flujo, Cargador de Baterías y otros.

10.4.3.-Descripción por locales:

Sub-Estación Elevadora y Planta Generadora.

En la Subestación se está monitoreando:

- Estado de 3 Seccionadores indicando si están conectados o desconectados y cada Seccionador tiene una señal que indica si ha disparado por motivo de temperatura o falta de aceite en el Transformador.
- Estado de Seccionador conexión de grupos a línea 10 Kv.
- Estado de Seccionador de línea que viene de Luz del Sur.
- Estado de 3 Interruptores de baja tensión indicando si están conectados o desconectados, una señal aparte que indica si ha actuado la protección.
- Estado y condición de cargador de baterías, se toman 3 señales: batería descargada, voltaje bajo en batería y falla general.
- En la Planta Generadora:
Nivel en tanque de petróleo diario mediante un sensor de ultrasonido que mide la altura de petróleo para luego indicar cuánto petróleo existe en el tanque diario.

Sensor de flujo en la línea de petróleo que ingresa a los Grupos.

Sensor de flujo en la línea de petróleo que ingreso a tanques diarios.

Sensor de corriente en cada bomba de petróleo, lo que indica cual esta funcionando.

Integradores para cada Grupo.

Sub Estación N°1.

tenemos:

- Mando de encendido y apagado de 4 Celdas.
- Monitoreo el estado de las 4 Celdas, indicando si esta conectado o desconectado.
- Monitoreo de la desconexión por la protección de cada una de las 4 Celdas.
- Monitoreo Energía, tomando lectura de corriente por fase, voltaje por fase, factor de potencia, consumo en KW, acumulado de KWH y otros.
- Estado de un Seccionador, indicando si esta conectado o desconectado.
- Estado y condición de cargador de baterías, se toma 3 señales: batería descargada, voltaje bajo en batería y falla general.
- Control sobre los circuitos del Alumbrado de los Estacionamientos Norte, Occidente y canchas Aux 1 y 2.

Sub Estación N°2.

tenemos:

- Mando de encendido y apagado de 1 Celda.
- Monitoreo el estado de la Celda, indicando si esta conectado o desconectado.
- Monitoreo de la desconexión por la protección una Celda.
- Estado de un Seccionador, indicando si esta conectado o desconectado.
- Monitoreo Energía de cada una de las tres barras de alimentación, tomando lectura de corriente por fase, voltaje por fase, factor de potencia, consumo en KW, acumulado de KWH y otros.
- Estado y condición de cargador de baterías, se toma 3 señales: batería descargada, voltaje bajo en batería y falla general.
- Estado de cada uno de los 3 Interruptores de Tableros de baja tensión.
- Monitoreo de la desconexión por protección de cada uno de los Interruptores del tablero de Baja tensión.
- Control sobre los circuitos del Alumbrado Corredores, Vestuarios y Zona descarga..
- Monitoreo de los sensores de Movimiento PIR instalado en los puentes y Accesos.

Sub Estación N°3

Tenemos:

- Estado de 3 Seccionadores indicando si están conectado o desconectado.
- Estado y condición de cargador de baterías, se toma 3 señales: batería descargada, voltaje bajo en batería y falla general.
- Monitoreo Energía de cada una de las tres barras de alimentación, tomando lectura de corriente por fase, voltaje por fase, factor de potencia, consumo en KW, acumulado de KWH y otros.
- Estado de cada uno de los 3 Interruptores de Tableros de baja tensión.
- Monitoreo de la desconexión por protección de cada uno de los Interruptores del tablero de Baja tensión.
- Control sobre los circuitos de Alumbrado Corredores.
- Monitoreo de los sensores de Movimiento PIR instalado en los Accesos a suites.

Sub Estación N°4

Tenemos:

- Mando de encendido y apagado de 1 Celda.
- Monitoreo el estado de la Celda, indicando si esta conectado o desconectado.
- Monitoreo de la desconexión por la protección una Celda.

- Monitoreo Energía de la barra de alimentación, tomando lectura de corriente por fase, voltaje por fase, factor de potencia, consumo en KW, acumulado de KWH y otros.
- Monitoreo de pre-alarma de temperatura de los dos Transformadores.
- Estado de 2 Seccionadores, indicando si están conectado o desconectado.
- Estado y condición de cargador de baterías, se toma 3 señales: batería descargada, voltaje bajo en batería y falla general.
- Estado de cada uno de los Interruptores de Tablero de baja tensión.
- Monitoreo de la desconexión por protección de cada uno de los Interruptores del tablero de Baja tensión.
- Control de Reflectores de iluminación de cancha en 4 niveles, entrenamiento, competencia, TV nacional y TV internacional para el sector Occidente.

Sub Estación N°5

Tenemos:

- Mando de encendido y apagado de 1 Celda.
- Monitoreo el estado de la Celda, indicando si esta conectado o desconectado.
- Monitoreo de la desconexión por la protección una Celda.

- Estado de 2 Seccionadores, indicando si esta conectado o desconectado.
- Estado y condición de cargador de baterías, se toma 3 señales: batería descargada, voltaje bajo en batería y falla general.
- Monitoreo Energía de la barra de alimentación, tomando lectura de corriente por fase, voltaje por fase, factor de potencia, consumo en KW, acumulado de KWH y otros.
- Monitoreo de pre-alarma de temperatura de los dos Transformadores
- Estado de cada uno de 2 Interruptores de Tablero de baja tensión.
- Monitoreo de la desconexión por protección de cada uno de los Interruptores del tablero de Baja tensión.
- Control de Reflectores de iluminación de cancha en 4 niveles, entrenamiento, competencia, TV nacional y TV internacional para el sector Oriente.

Sub Estación N°8

Tenemos:

- Monitoreo Energía de la barra de alimentación, tomando lectura de corriente por fase, voltaje por fase, factor de potencia, consumo en KW, acumulado de KWH y otros.
- Control sobre los circuitos de Alumbrado Estacionamiento y Accesos.

- Cisterna principal.
- En la Cisterna principal tenemos:
- Caudalímetros en la línea de agua principal y la línea de agua Contra Incendio.
- Sensores de flujo en la línea de agua principal y la línea de agua Contra Incendio.
- Sensor de Nivel de agua en Tanque #1, Tanque #2 y Tanque de Descarga.

Cisterna de Cancha Principal.

En esta cisterna tenemos:

- Sensor de flujo en la línea a la cancha.
- Sensor de Nivel de agua en el tanque.

Cisternas de cancha Auxiliar N°1:

- En esta cancha tenemos en cada una:
- Sensor de flujo en la línea a la cancha.
- Sensor de Nivel de agua en el tanque.
- Control de Iluminación de luces de la Cancha Auxiliar #1.

Cisternas de cancha Auxiliar #2:

En esta cancha tenemos en cada una:

- Sensor de flujo en la línea a la cancha.
- Sensor de Nivel de agua en el tanque.

Sala de Control:

En la Sala de control:

- Se tiene 3 Estaciones de Trabajo agrupado de la siguiente forma:
- Seguridad: donde reporta las Alarmas de Incendio y donde se tiene el Entorno Gráfico con los planos con la ubicación de los puntos de Alarma.
- Energía: donde se monitorea y maneja los puntos de Energía, también con su Entorno Gráfico con su respectiva Impresora para imprimir reportes.
- Administración: donde se tiene todas las alarmas en texto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.-Como se ha señalado anteriormente las instalaciones eléctricas de antiguas construcciones, edificios comerciales especialmente, se diseñaron teniendo en cuenta un estudio de cargas diferentes a las que existen en la actualidad, esto es por el aumento de equipos electrónicos sensibles y que en muchos casos son costosos y hasta inclusive forman parte importante en el desarrollo de la empresa, así que por este lado la necesidad de implantar conceptos de calidad, confiabilidad, optimización y uso eficiente de la energía en las instalaciones eléctricas actuales ya sea nueva o remodelada, se ve plenamente justificada.

2.-Según la Norma técnica D.S. N°020-97-EM de calidad de los servicios eléctricos, se refiere al suministro de la energía desde la generación, transmisión y distribución, es importante recalcar que en este informe se ha tomado en cuenta la parte de distribución, de cómo debe ser la calidad del producto, en tensión, frecuencia, perturbaciones, se ha logrado establecer los niveles mínimos de calidad de energía y que como usuarios finales, debemos conocer para saber hasta que punto debemos invertir en equipos sofisticados para tener una instalación segura, confiable y con la exigencia mínima de calidad, asimismo se debe tener cuidado de no inyectar armónicos a la red pública por parte del cliente.

3.-En el desarrollo de las instalaciones eléctricas del Estadio, se ha tomado en cuenta todos los aspectos de perturbaciones de la energía, tales como armónicos, flickers entre los más importantes, es por eso que se ha desarrollado durante el diseño para el abastecimiento de energía eléctrica de los equipos electrónicos y especiales del Estadio, tales como Pantalla Electrónica , Score Board, Sistema de Audio y perifoneo, Circuito cerrado de Televisión, se ha afrontado con toda la seriedad del caso , por lo que representa estas perturbaciones y el daño que puedan ocasionar a estos equipos que son muy costosos.

4.-En cuanto a uso eficiente de la energía, en el Estadio se ha considerado equipos de última tecnología, a modo de ejemplo las luminarias de la cancha principal, modelo Ultra Sport (según IESNA clase.III) donde se requiere buena calidad de iluminación y excelente control de deslumbramiento, con una eficiencia mayor al 90%, capaces de soportar hasta un 10% de variación del voltaje, esta representa una ventaja importante para la defensa de los armónicos.

Adicionalmente, se debe recalcar que según el capítulo 6 una de las tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la electricidad es la automatización y control de procesos, efectivamente el Estadio cuenta con este aporte, entre los principales controles que se realiza esta el Programa de Ahorro de Energía que nos permite mantener una demanda máxima preestablecida y no sobrepasar este límite para

evitar las penalidades por parte de la empresa concesionaria, generalmente en horas punta.

5.-La evaluación económica para la eficiencia de la energía también han influido en el diseño del Estadio, los factores numéricos de diseño para cables eléctricos han sido conservadores y que a la larga se en una comparación de costo tiempo se llega a recuperar el adicional que se pago por escoger un calibre superior.

Al igual que los cables eléctricos, los motores eléctricos, principalmente los de las bombas de agua potable y agua de riego, son de alta eficiencia pensando en el ahorro en dinero que se tiene a mediano plazo por un menor consumo de energía en comparación con un motor estándar.

6.-La confiabilidad en cualquier sistema crítico es importante, ya que nos permite gozar de cierta tranquilidad, en el Estadio se ha usado una topología modular en vez de un esquema central, es decir tenemos repartidos subestaciones por áreas definidas estratégicamente para el abastecimiento de la energía, se cuenta con doble terna de alimentación desde la planta generadora y Subestación elevadora hasta las subestaciones, se cuenta con equipos de reemplazo entre ellos 1 grupo en Stand By de 820 kW, también el uso de UPS y transformador de aislamiento para el cuarto de monitoreo donde se concentran la mayoría de los equipos

electrónicos tales como computadoras, VHS, monitores, etc necesitan una energía limpia y continua.

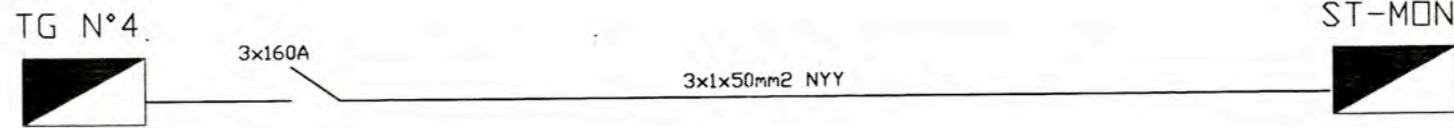
7.-Muchas de las instalaciones de industrias, complejos, tiendas comerciales, edificios mayormente construidos en los años 70, no cuentan con un sistema de tierra efectivo, se debe tomar conciencia de la importancia que significa para las personas en primera instancia y luego los equipos a proteger, que nos protege contra cualquier gradiente de potencial eléctrico, es por ello que el nuevo Código Nacional de Electricidad Suministro 2001, según Resolución Ministerial N° 366-2001-EM /VME y publicada el lunes 6 de agosto del 2001 por el Diario El Peruano, establece la obligatoriedad de contar con un sistema a tierra apropiado para la protección de trabajadores y el público como parte de las instalaciones eléctricas.

Vale mencionar que en el Estadio se ha previsto de una malla en forma de anillo uniendo todos los pozos a tierra (24 pozos) para lograr la equipotencialidad en cualquier punto de la malla.

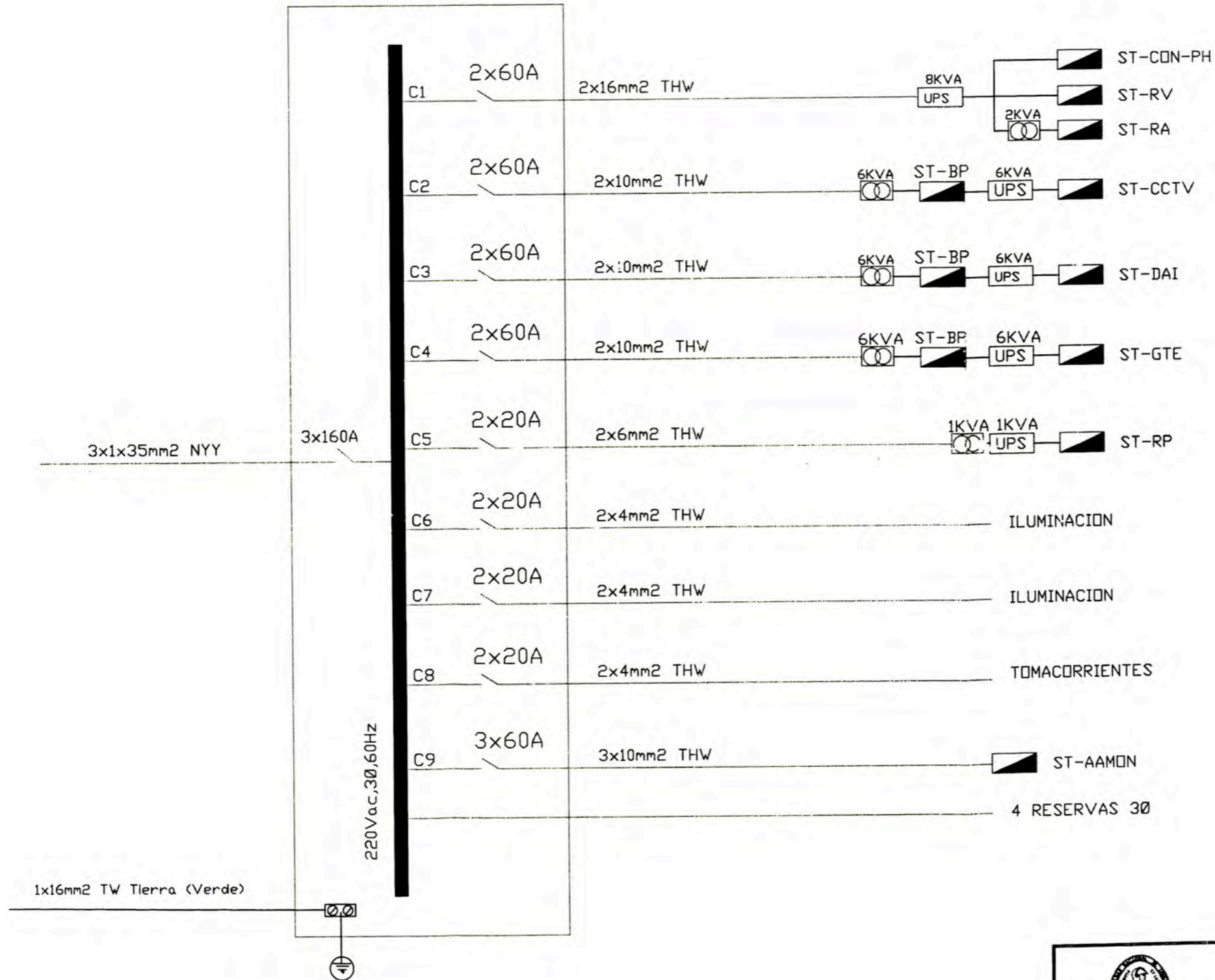
Se ha tomado en cuenta las normas NPT 370.052:1999. Que trata sobre los materiales que intervienen en el pozo a tierra y que juega un papel importante en la consecución de baja resistencia.


8.-Como conclusión final en el Estadio Monumental se ha tomado en cuenta todo los capítulos desarrollados anteriormente para el desarrollo de las instalaciones eléctricas, este Estadio es catalogado

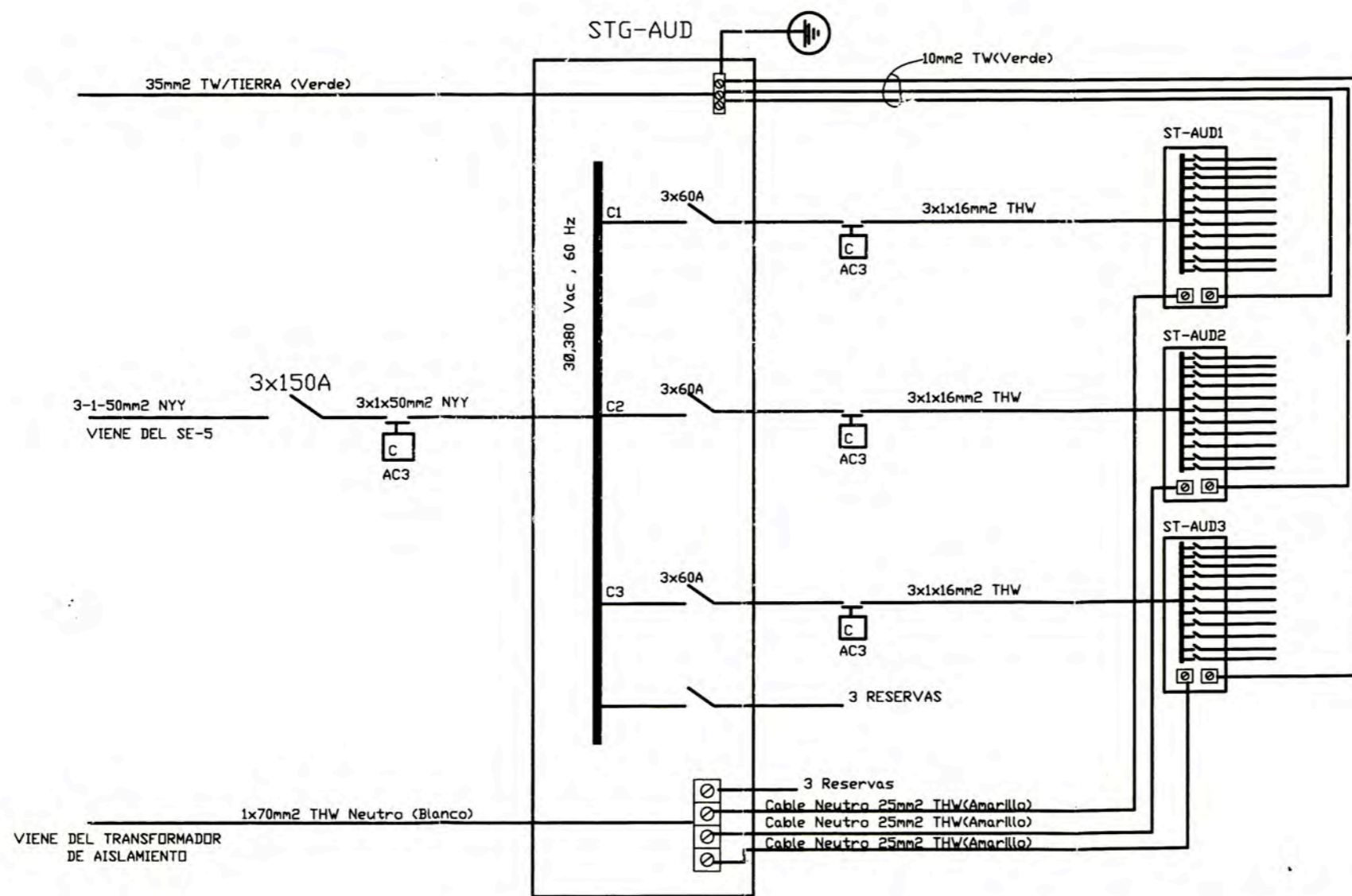
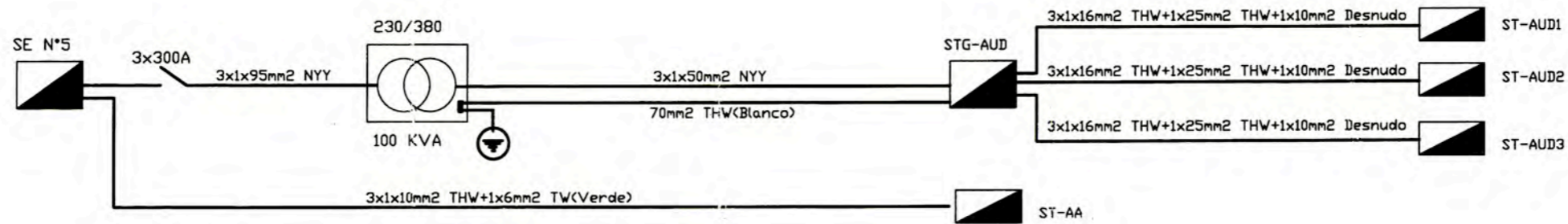
como uno de los mejores de Sudamérica porque esta a la vanguardia de los adelantos y consideraciones técnicas para lograr precisamente la introducción de la calidad, eficiencia y optimización en las instalaciones eléctricas, se espera que sirva como base para futuras construcciones.



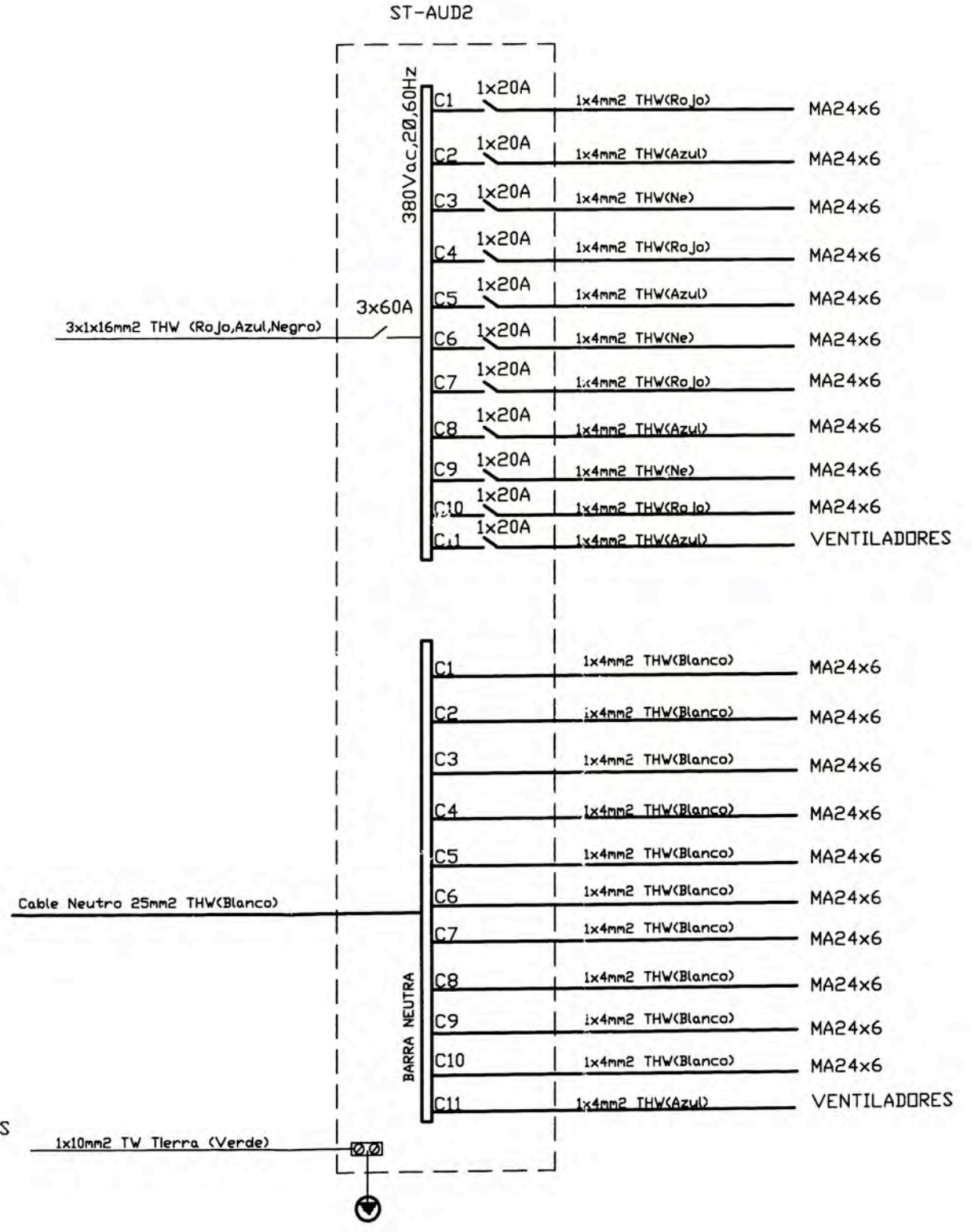
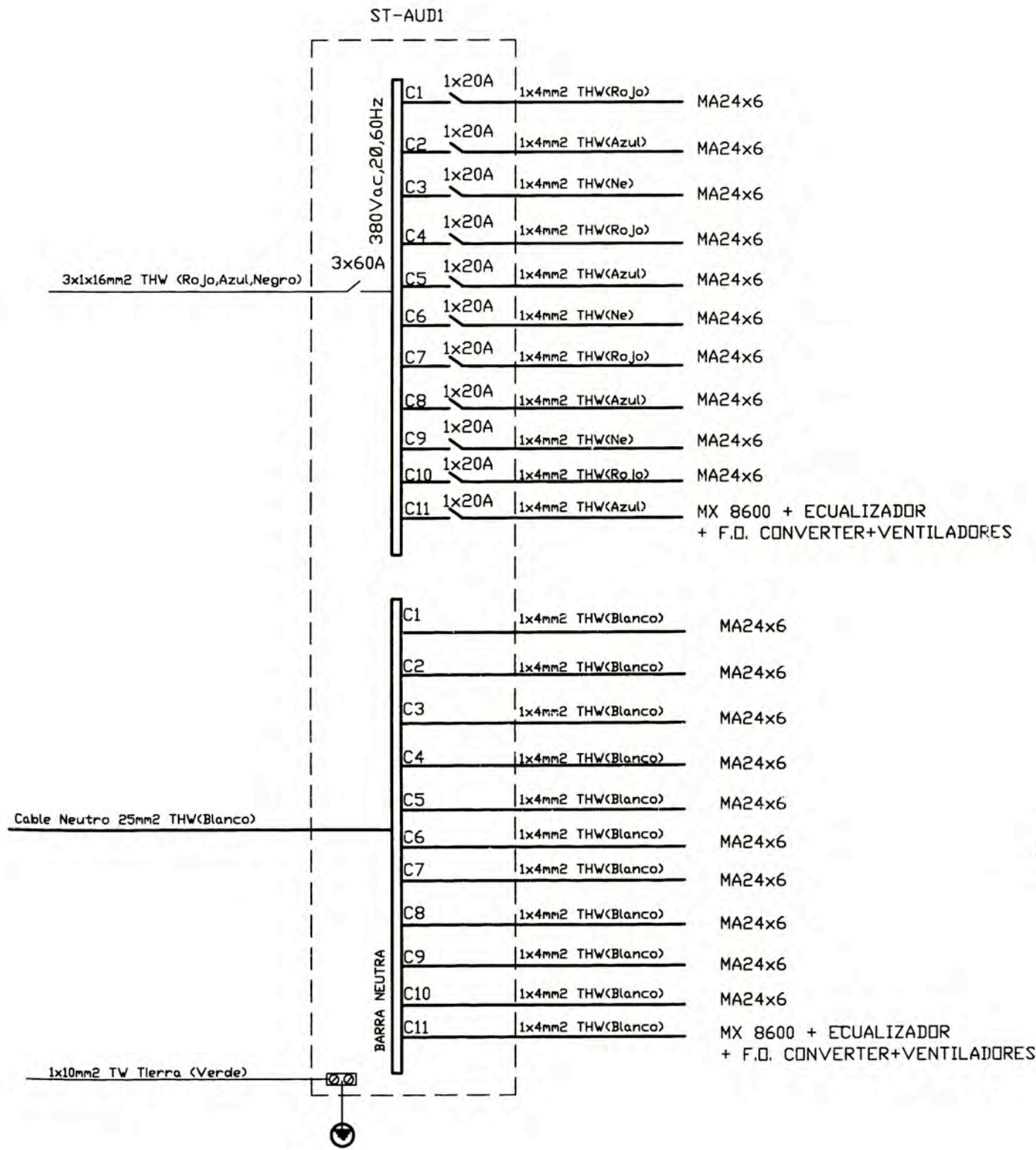
ST-MON



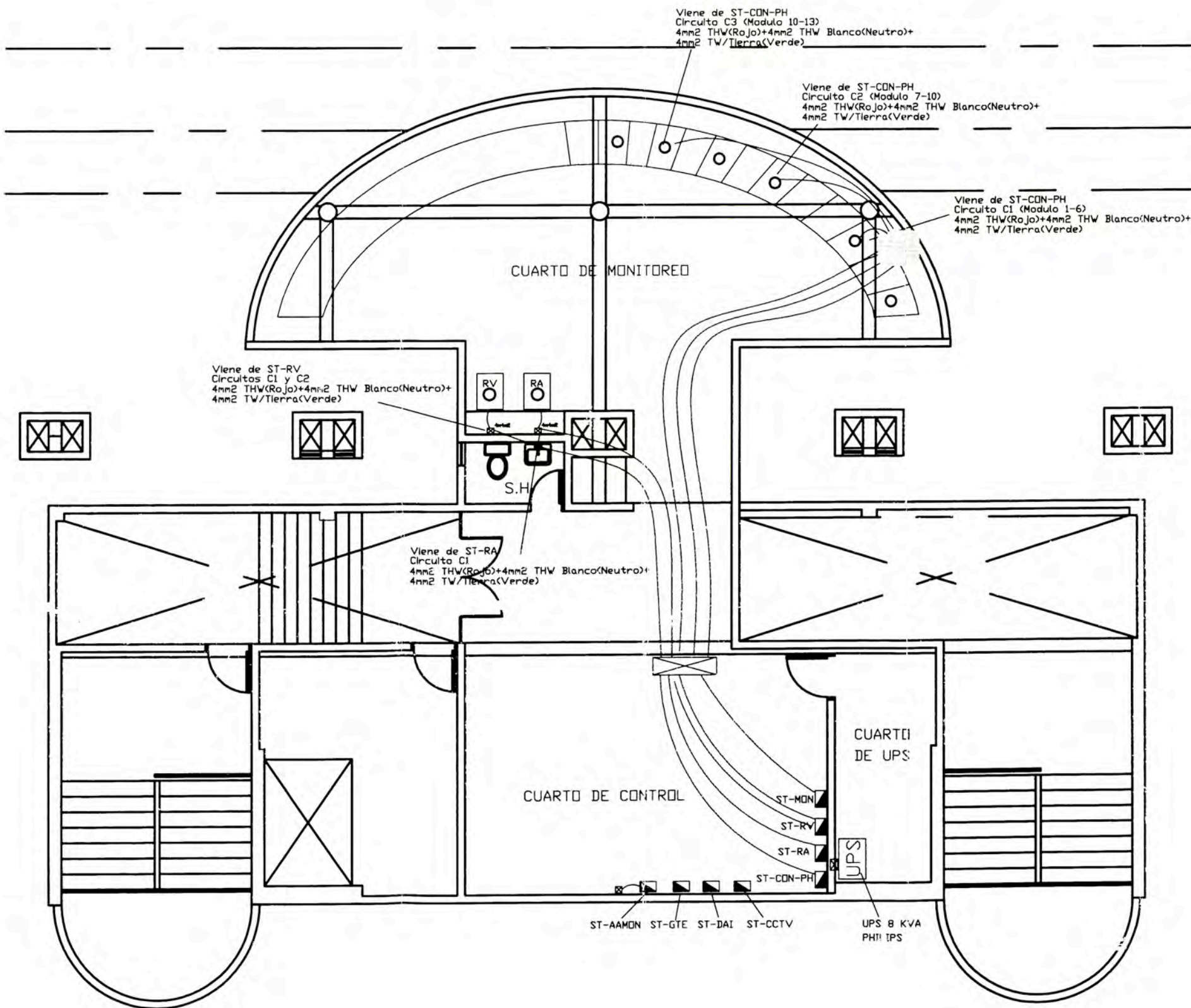
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	UNIFILAR DEL TABLERO ELECTRICO GENERAL DEL CUARTO MONITOREO		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
	AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-01



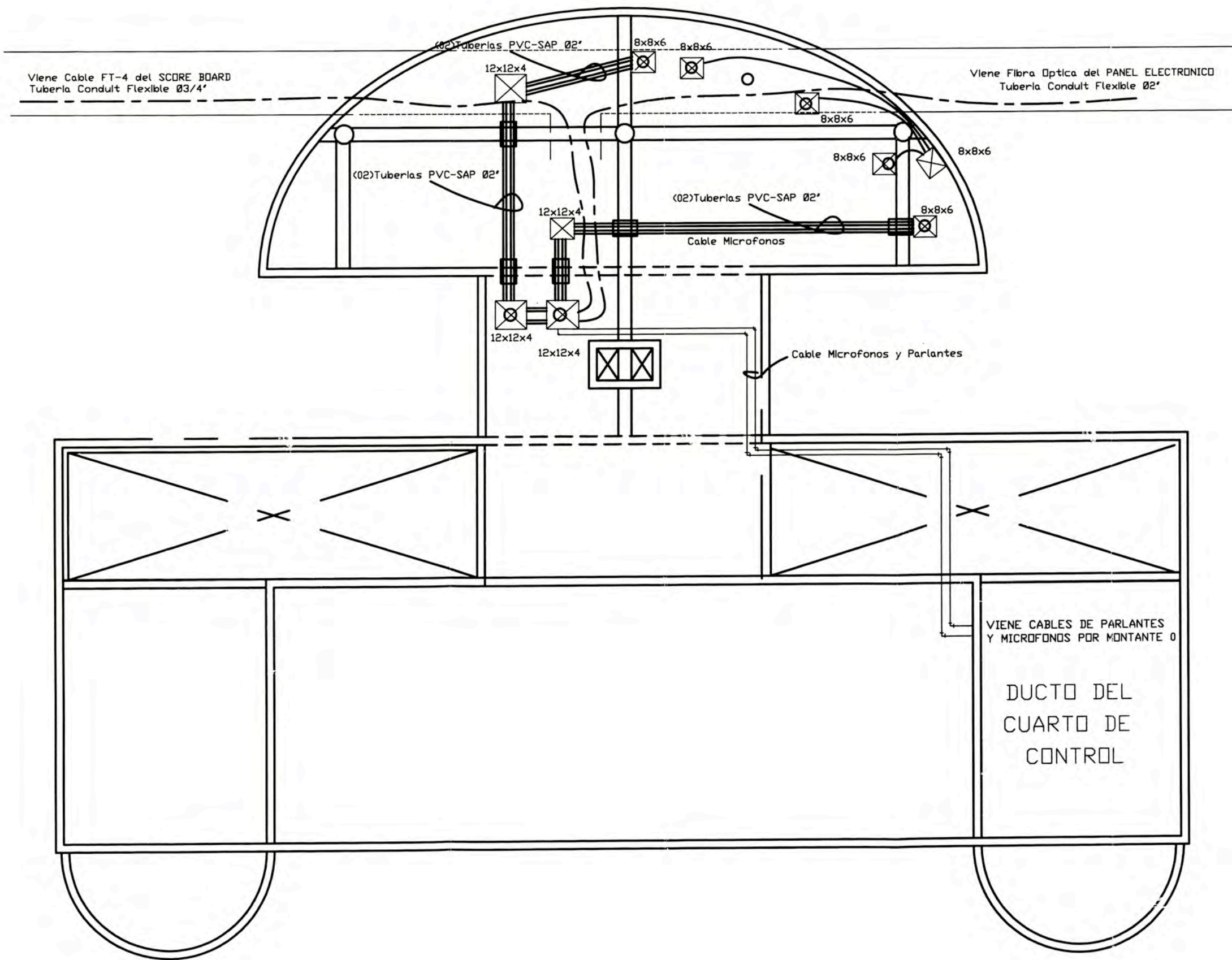
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	UNIFILAR DEL SUB-TABLERO ELECTRICO DEL SISTEMA DE AUDIO		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-02	




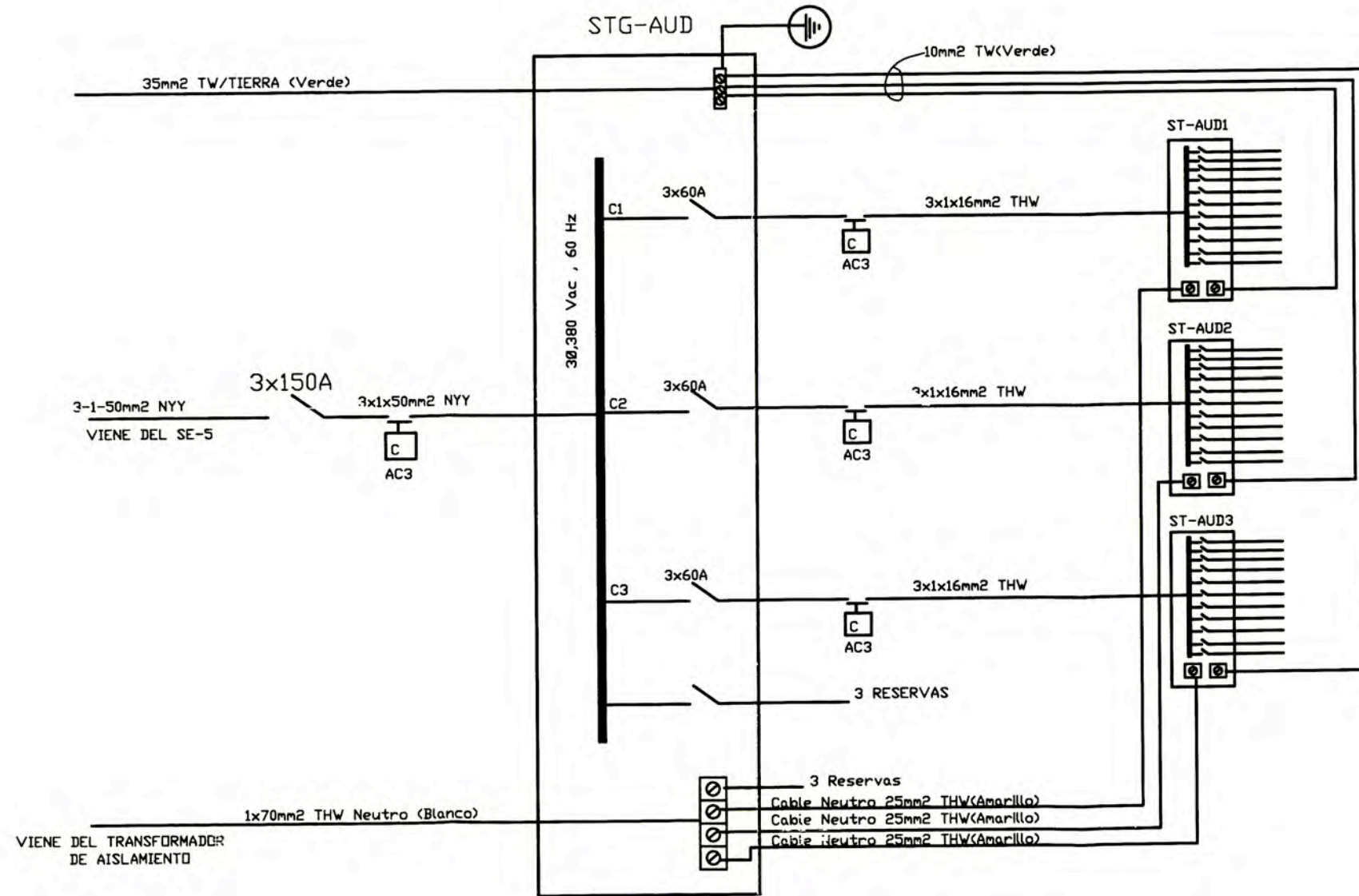
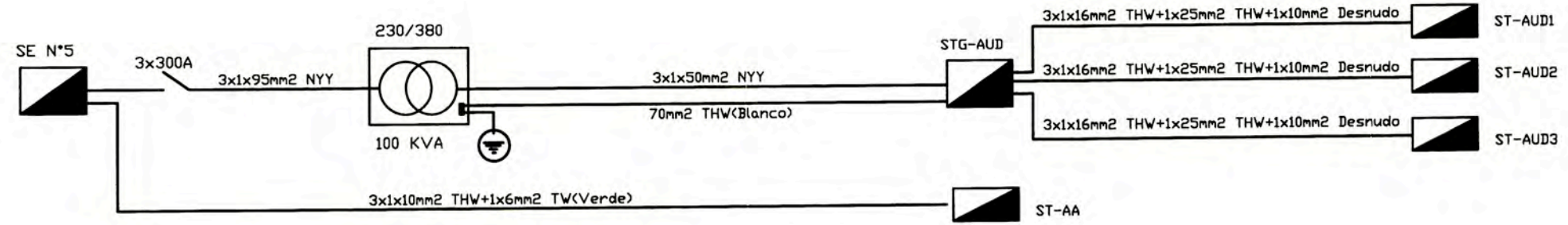
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	UNIFILAR DE LOS SUB-TABLEROS ELECTRICOS DEL SISTEMA DE AMPLIFICADORES		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
	AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-03




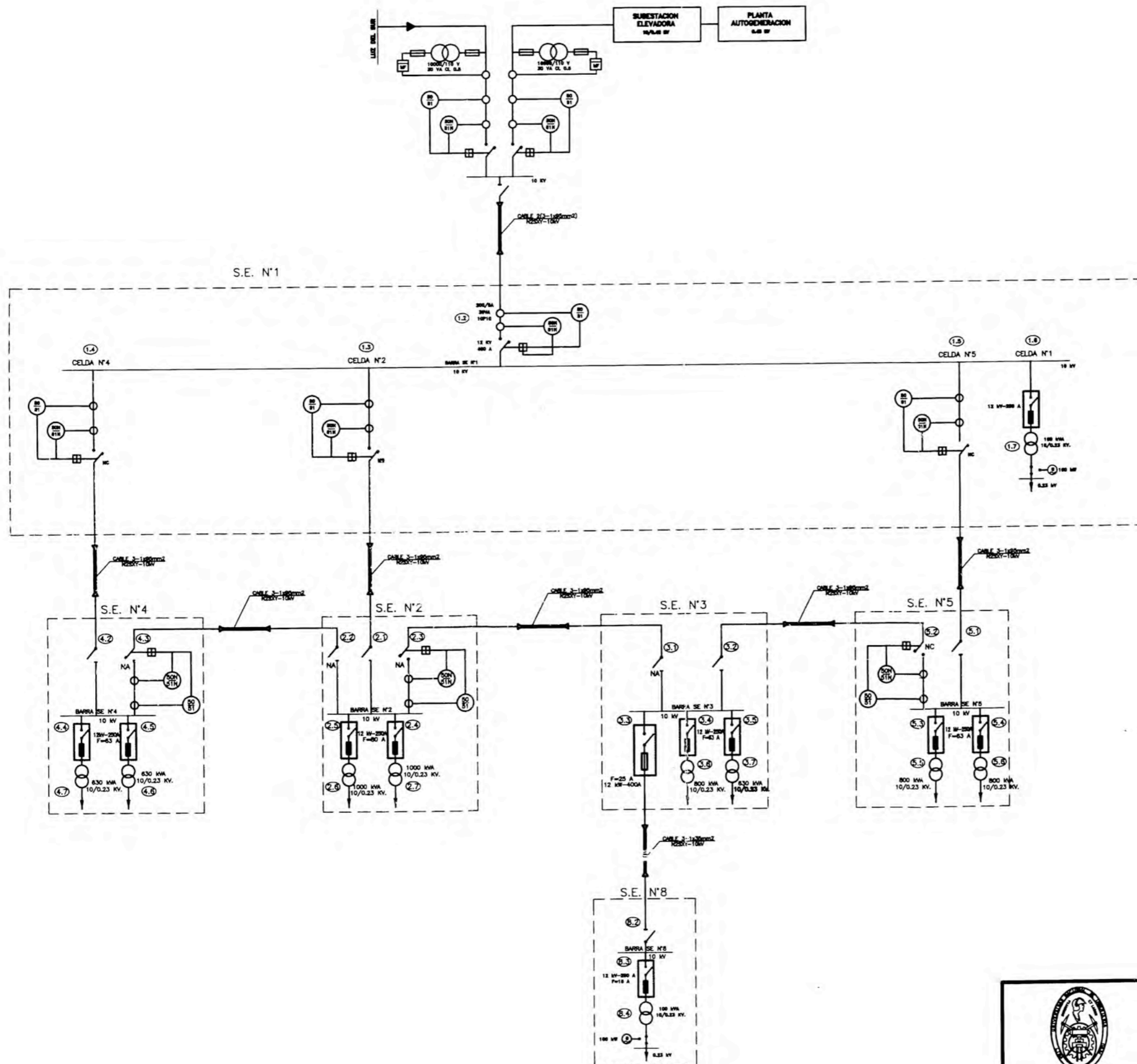
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	RECORRIDO DE TUBERIAS Y CABLES ELÉCTRICOS EN EL CUARTO DE MONITOREO		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
	AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-04



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	RECORRIDO DE TUBERIAS Y CABLES ELECTRICOS EN EL CUARTO DE MONITOREO		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
	AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-05



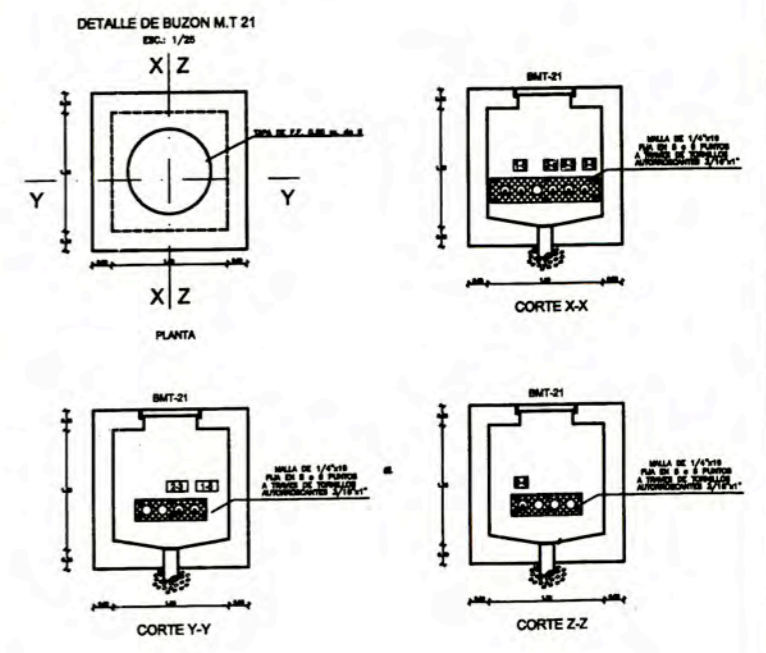
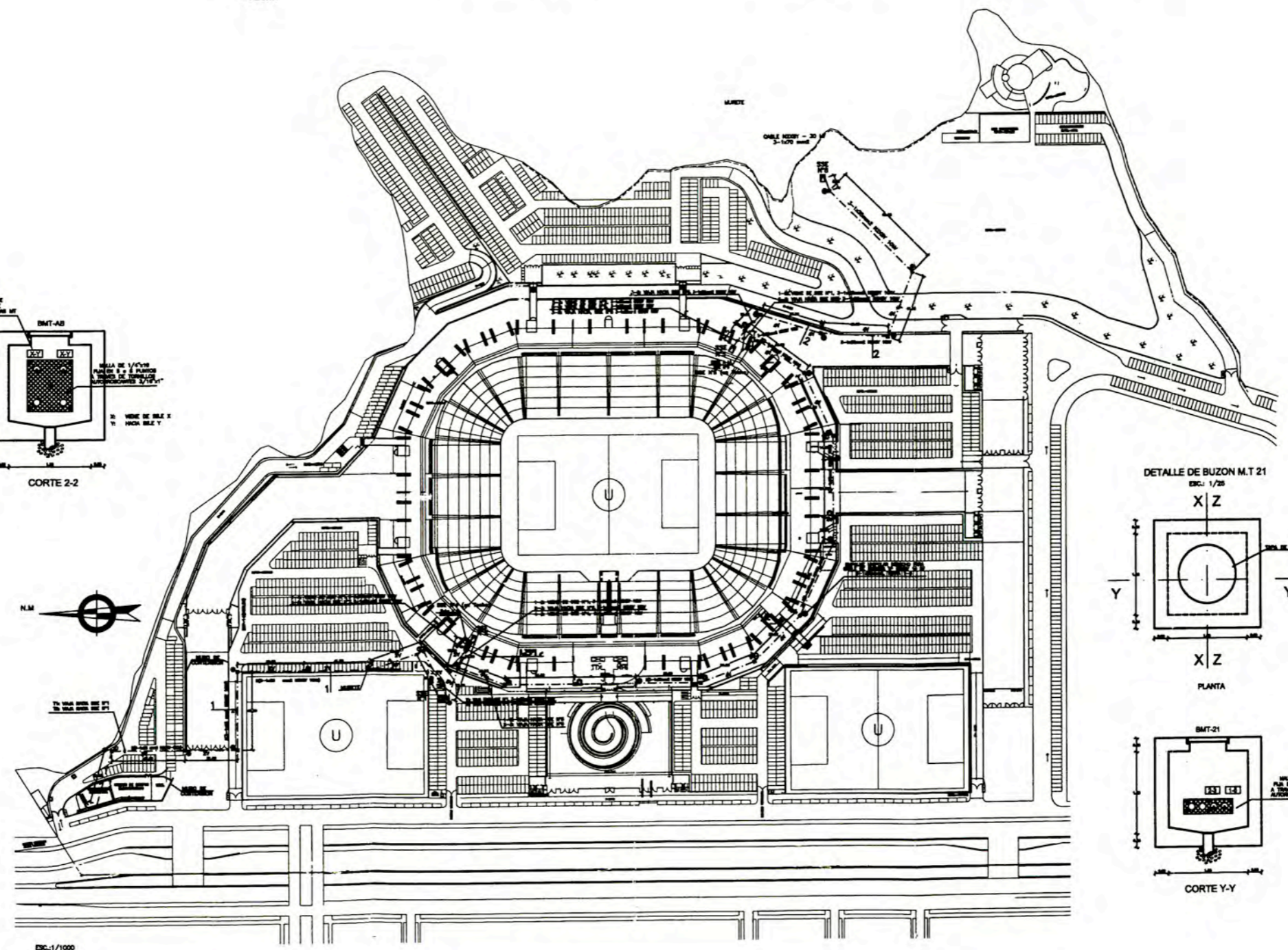
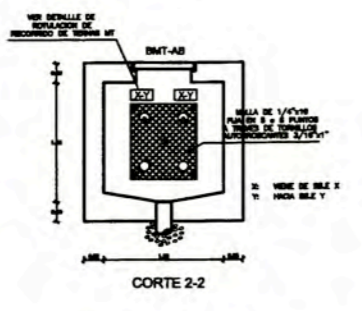
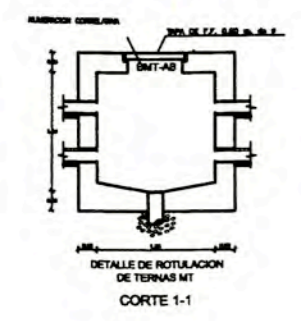
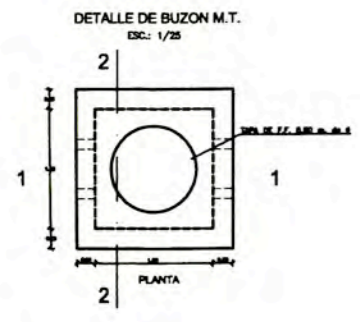
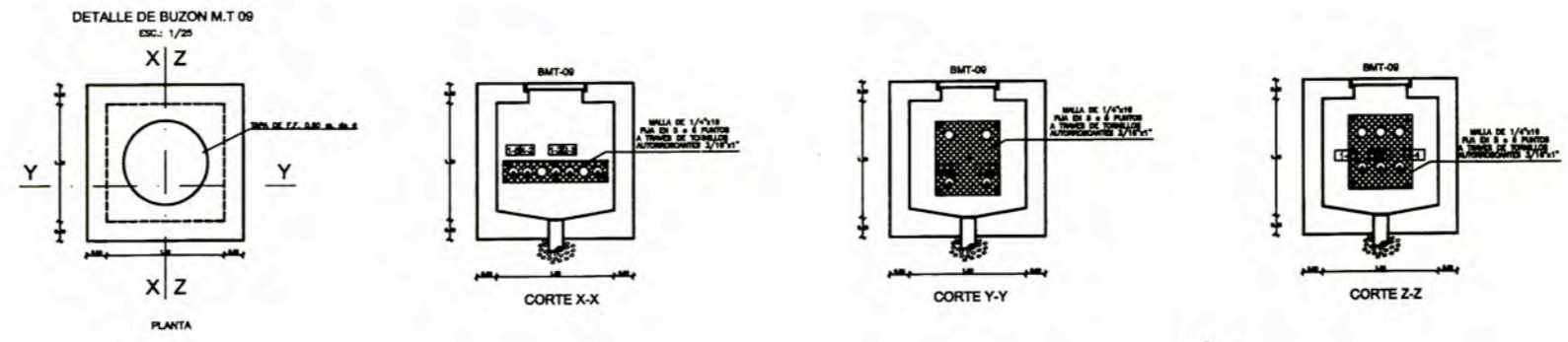
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	RECORRIDO DE TUBERIAS Y CABLES ELECTRICOS EN EL CUARTO DE MONITOREO		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
	AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-06



	MEDIDOR ELECTRONICO
	RELE DE FALLA A TIERRA DEFINITIVO/INSTANTANEA
	RELE DE CORTO CIRCUITO TIEMPO DEFINITIVO/INVERSA
	TERMINAL PARA CABLE NZXT-10 KV
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	INTERRUPTOR SM6 DE 12 KV
	SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12 KV
	SECCIONADOR FUSIBLE 12 KV
	SECCIONADOR UNIPOLAR SM6 12 KV
	GRUPO ELECTROGENO
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV (LLEGADA DE PLANTA AUTOGENERACION).
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV (SALIDA A SE. N°2)
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV (SALIDA A SE. N°4)
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV (SALIDA A SE. N°3)
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12 KV
	CELDA DE TRANSFORMACION 180 KVA-10/0.23KV-07m5
	CELDA DE LLEGADA DESDE LA SE. N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°4 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°3
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
	CELDA DE TRANSFORMACION 1000KVA-10/0.23KV-07m5
	CELDA DE TRANSFORMACION 1000KVA-10/0.23KV-07m5
	CELDA DE LLEGADA DESDE LA SE. N°2 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°5 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°3
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
	CELDA DE TRANSFORMACION 800KVA-10/0.23KV-07m5
	CELDA DE TRANSFORMACION 630KVA-10/0.23KV-07m5
	CELDA DE LLEGADA A SE. N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR -SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°2
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE TRANSFORMACION 630 KVA-10/0.23 KV-07m5 (SECO)
	CELDA DE TRANSFORMACION 630 KVA-10/0.23 KV-07m5 (SECO)
	CELDA DE LLEGADA A SE. N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR -SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°3
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE TRANSFORMACION 800 KVA-10/0.23 KV-07m5 (SECO)
	CELDA DE TRANSFORMACION 800 KVA-10/0.23 KV-07m5 (SECO)
	CELDA DE ACOMETIDA DE CABLES SM6-12KV (A SE. N°3)
	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
	CELDA DE TRANSFORMACION 100 KVA-10/0.23KV-07m5
SIMBOLO	DESCRIPCION


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

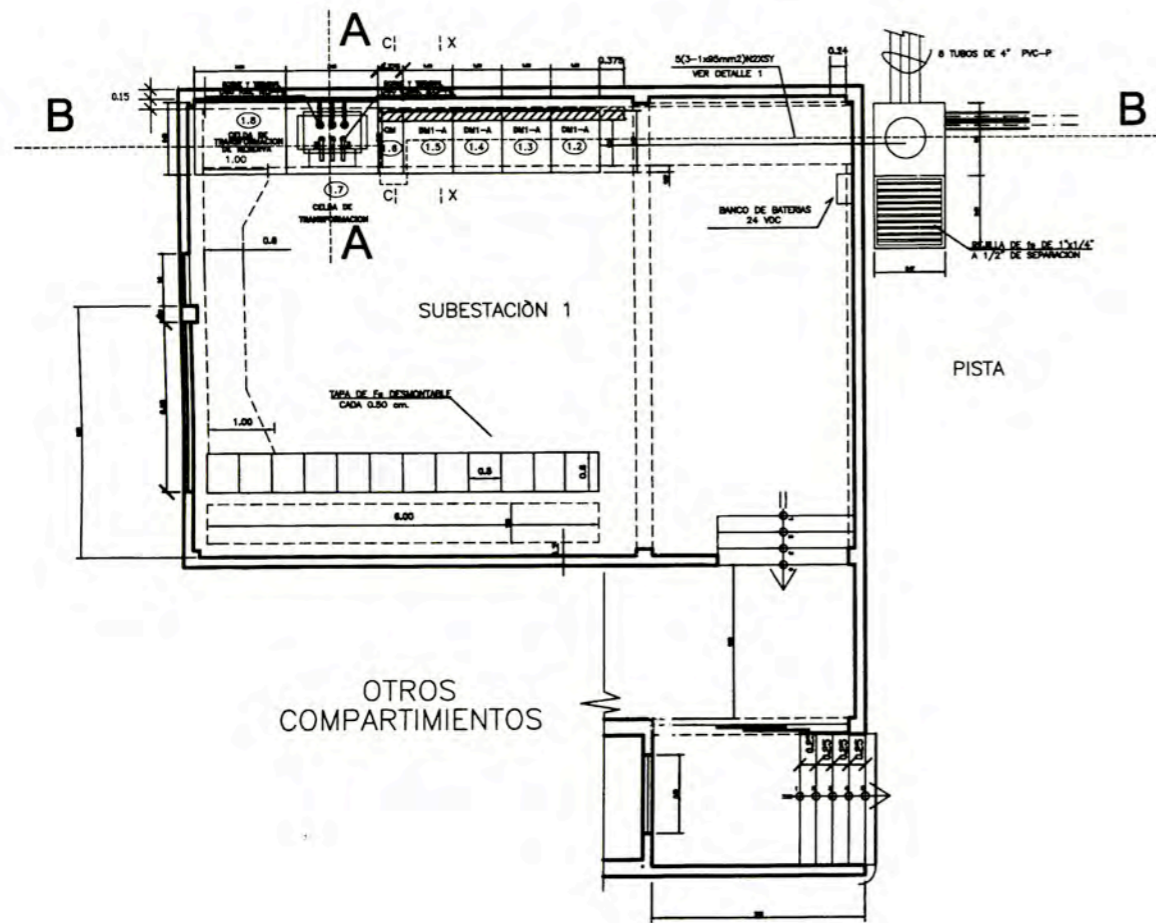
SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA TENSION!
ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES
 AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ
 FECHA: ABRIL 2002
 N° PLANO: IE-07



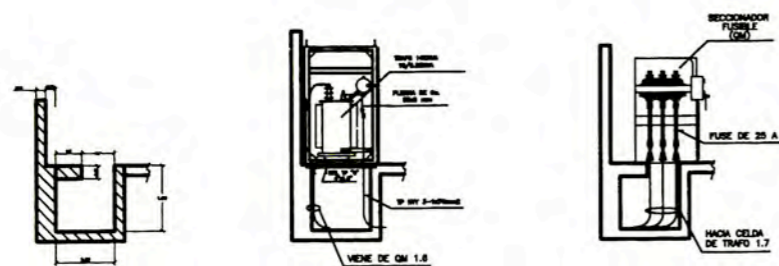
ESC.: 1/1000



SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA TENSION		
ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-08

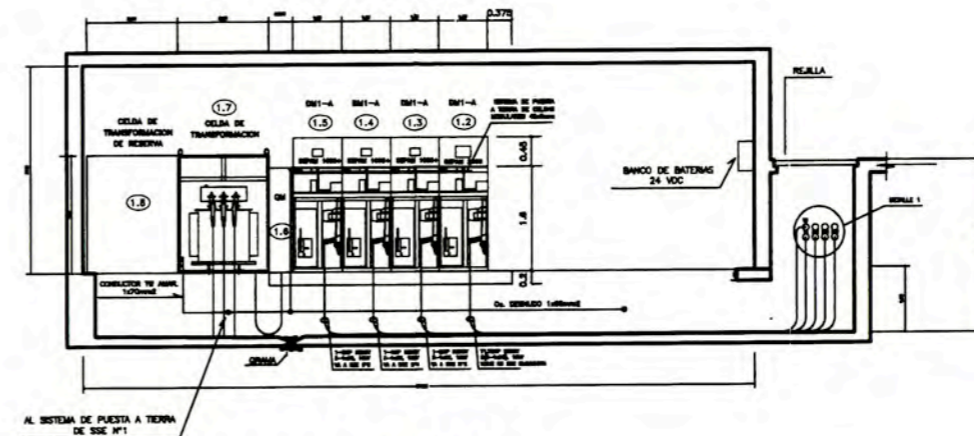


PLANTA

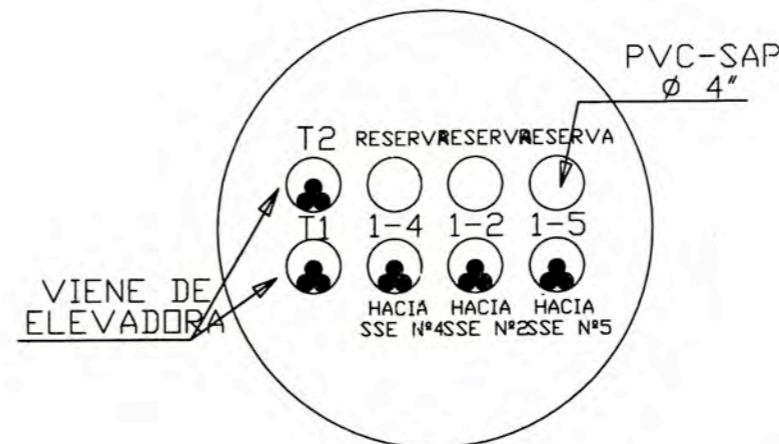


CORTE X-X CORTE A-A CORTE C-C

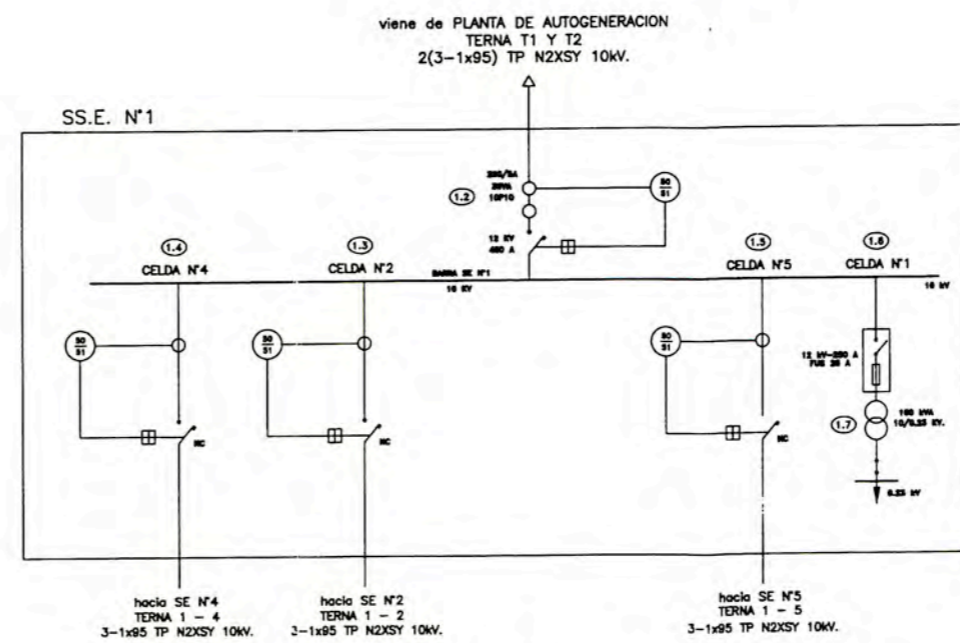
DETALLE DE SUBIDA DE CABLE DE ENERGIA MT Y BT



CORTE B-B



DETALLE 1



ESQUEMA ELECTRICO

NOTA:
 -EL RELE DE PROTECCION INSTALADO EN LA CELDA CON INTERRUPTOR DE POTENCIA (DM1-A), ES ALIMENTADO EN TENSIONES AUXILIARES DE 220 Vdc Y 24 Vdc, PARA LA CARGA AUTOMATICA DEL DISPOSITIVO DE APERTURA DEL INTERRUPTOR Y PARA LA BOBINA DE DISPARO ANTE FALLA, RESPECTIVAMENTE.
 -EL TRANSFORMADOR DE 180 KVA INSTALADO EN ESTA SUBESTACION, SE ENCUENTRA EQUIPADO CON PROTECCION PARA NIVEL DE ACEITE Y DE TEMPERATURA ALIMENTADOS EN 24 Vdc, A TRAVES DEL BANCO DE BATERIAS, Y CONECTADO A LA BOBINA DE DISPARO UBICADO EN LA CELDA DEL SECCIONADOR FUSIBLE (GM), ESTA CELDA ES ALIMENTADA EN 24 Vdc DESDE EL BANCO DE BATERIAS.
 -EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS CELDAS MODULARES SM6, COMPRENDE UN CONJUNTO DE BARRAS DE COBRE DESNUDO (UNO POR CELDA) TODAS CONECTADAS ENTRE SI A TRAVES DE PERNOS DE AJUSTE; LA BAJADA ES COMUN, Y ESTA COMPUESTA POR UN CONDUCTOR DE Cu, CABLEADO, FERRADO DE COLOR AMARILLO, DE 70mm2 DE SECCION, CONECTADO A LA SALIDA DE LA LINEA DE Cu, DESNUDO DE 120 mm2 DE LA MALLA DE TIERRA DE LA SUBESTACION 1.
 -LAS CELDAS MODULARES 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 Y 1.8 SE ENCUENTRAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE BARRAS AISLADAS DE Cu.

—	CABLE DE ENERGIA TP NY, 3-1x70mm2, 600V
—	CABLE DE ENERGIA TP N2XSY 3-1x95mm2, 10kV
—	CABLE TW AMARILLO 1x70mm2 PARA CONEXION AL SISTEMA DE PT
(1.2)	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12kV (LLEGADA DE PLANTA AUTOGENERACION).
(1.3)	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12kV (SALIDA A SE. N°2)
(1.4)	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12kV (SALIDA A SE. N°4)
(1.5)	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12kV (SALIDA A SE. N°5)
(1.6)	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12 kV
(1.7)	CELDA DE TRANSFORMACION 180 kVA-10/0.23kV DYN5
(1.8)	CELDA DE TRANSFORMACION RESERVA

SIMBOLO DESCRIPCION

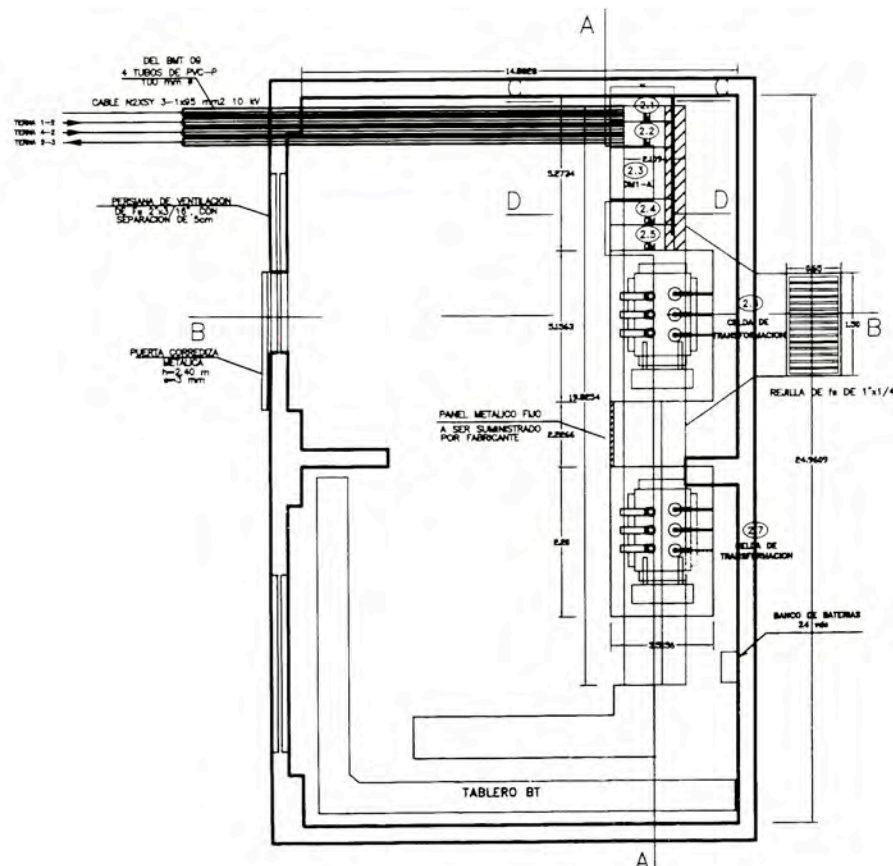
LEYENDA



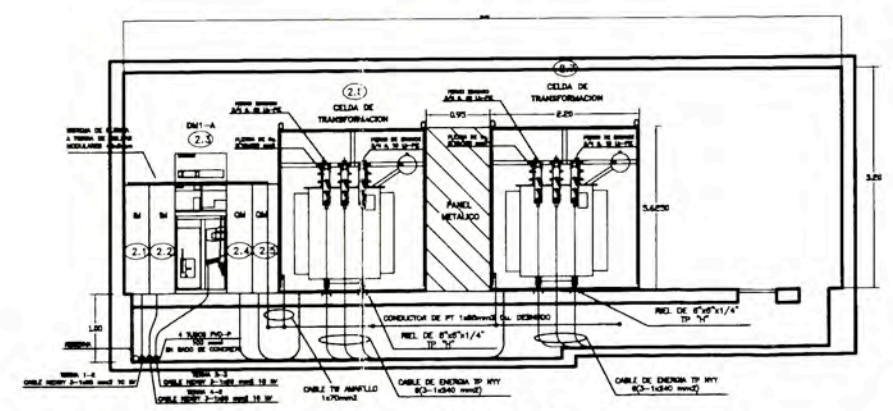
EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO SUBESTACION N°1 (MEDIA TENSION)

ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES

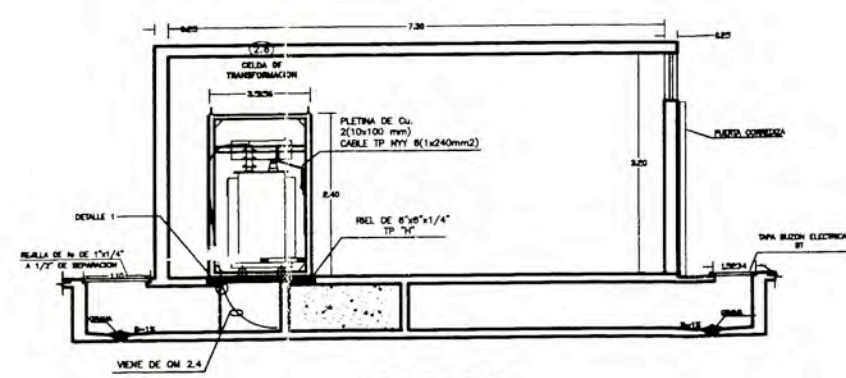
AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ FECHA: ABRIL 2002 N° PLANO: IE-09



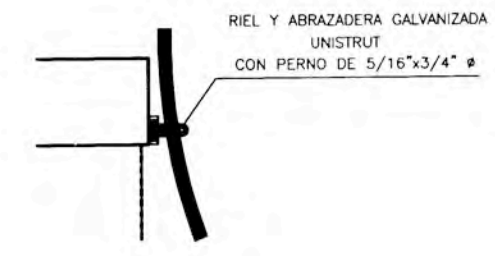
PLANTA



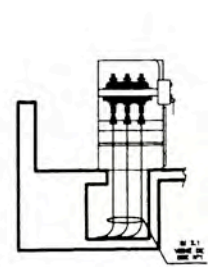
CORTE A-A



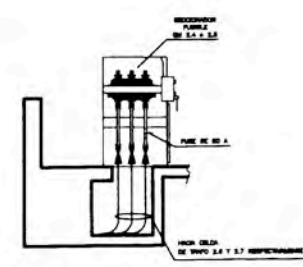
CORTE B-B



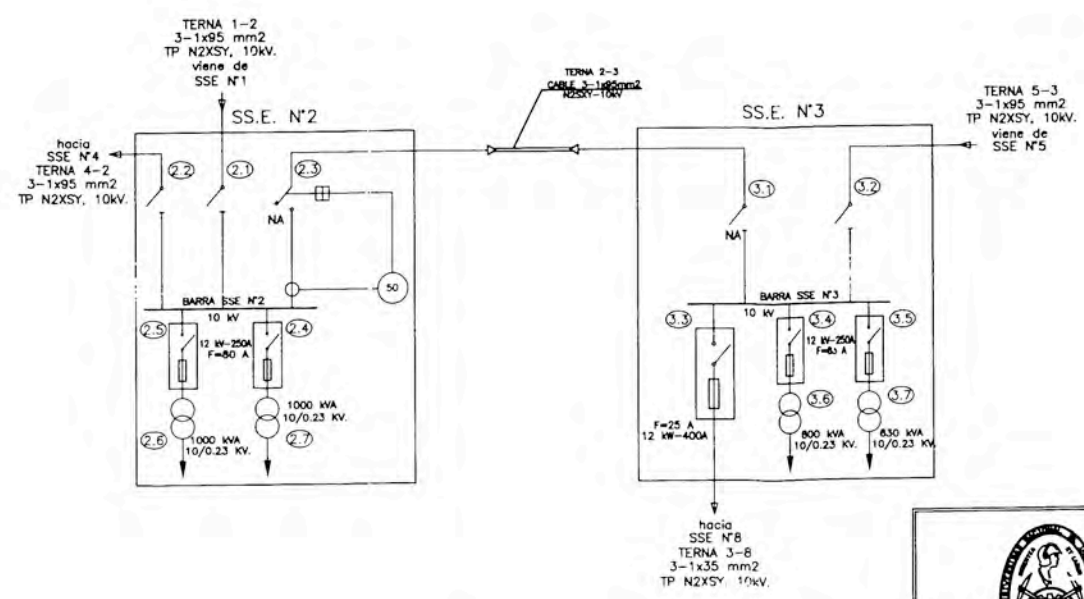
NOTA:
 -EL RELE DE PROTECCION INSTALADO EN LA CELDA CON INTERRUPTOR DE POTENCIA (DM1-A), ES ALIMENTADO EN TENSIONES AUXILIARES DE 22 Vdc Y 24 Vdc. PARA LA CARGA AUTOMATICA DEL DISYUNTOR DE LA CELDA DEL INTERRUPTOR Y PARA LA BOBINA DE DISPARO ANTE FALLA, RESPECTIVAMENTE.
 -LOS TRANSFORMADORES DE 1000 KVA INSTALADOS EN ESTA SUBSTACION, SE ENCUENTRAN EQUIPADOS CON PROTECCION BUCHHOLZ, NIVEL DE ACEITE Y DE TEMPERATURA, DICHA PROTECCION SE ENCUENTRA ALIMENTADA EN 24 Vdc, ATRAVES DEL BANCO DE BATERIAS, Y CONECTADOS A LA BOBINA DE DISPARO INSTALADA EN LA CELDA DEL SECCIONADOR FUSIBLE (DM), ESTA CELDA ES ALIMENTADA EN 24 Vdc DESDE EL BANCO DE BATERIAS.
 -EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS CELDAS MODULARES SM6, COMPRENDE UN CONJUNTO DE BARRAS DE COBRE DESNUDO (UNO POR CELDA) TODAS CONECTADAS ENTRE SI A TRAVES DE PERNOS DE AJUSTE: LA BAJADA ES COMUN, Y ESTA COMPUESTA POR UN CONDUCTOR DE Cu, CABLEADO, FORRADO DE COLOR AMARILLO, DE 70mm² DE SECCION, CONECTADO A LA SALIDA DE LA LINEA DE Cu, DESNUDO DE 120 mm² DE LA MALLA DE TIERRA DE LA SUBSTACION 2.
 -LAS CELDAS MODULARES 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, Y 2.5 SE ENCUENTRAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE BARRAS AISLADAS DE Cu.



CORTE C-C



CORTE D-D



ESQUEMA ELECTRICO

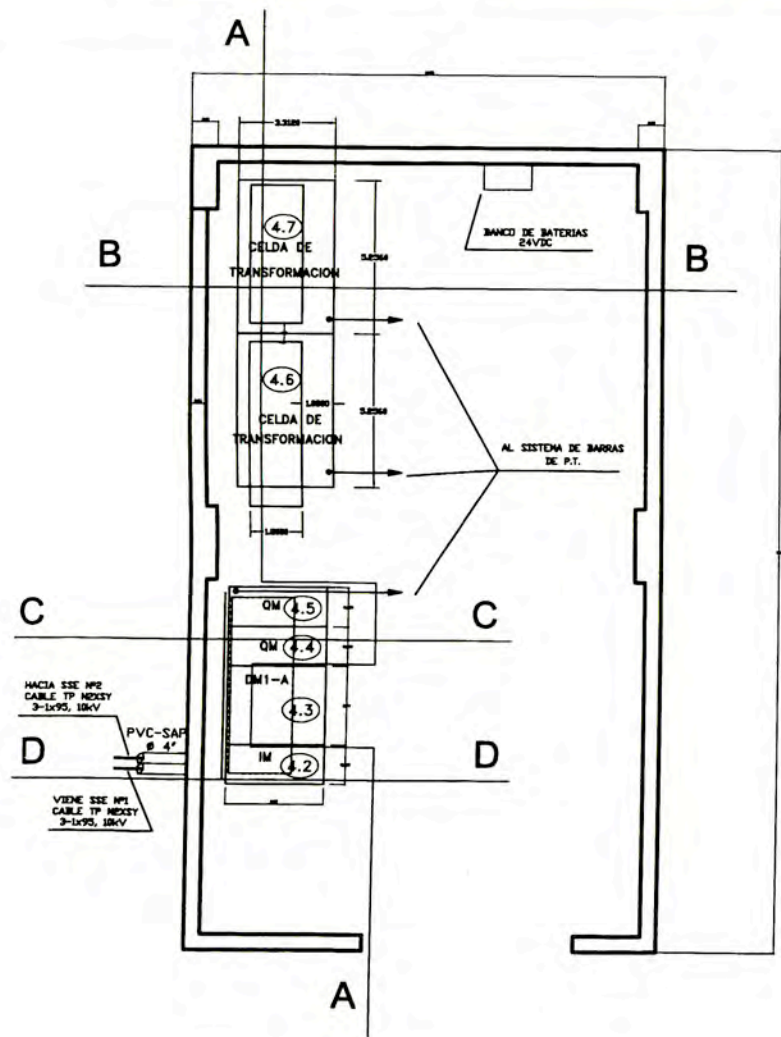
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	CABLE DE ENERGIA TP NY, 3-1x70mm ² , 60KV
—	CABLE DE ENERGIA TP N2XSY 3-1x95mm ² , 10KV
—	CABLE TW AMARILLO 1x70mm ² PARA CONEXION AL SISTEMA DE PT
3.1	CELDA DE LLEGADA DESDE LA SE. N°2 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
3.2	CELDA DE ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°5 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
3.3	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°8
3.4	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
3.5	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
3.6	CELDA DE TRANSFORMACION 800KVA-10/0.23KV-DYN5 (DIMENSIONES: 2.2 x 1.9 x 1.5m)
3.7	CELDA DE TRANSFORMACION 630KVA-10/0.23KV-DYN5 (DIMENSIONES: 2.2 x 1.9 x 1.5m.)
3.8	TABLERO DE BT.
2.1	CELDA DE LLEGADA DESDE LA SE. N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
2.2	CELDA DE ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°4 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
2.3	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°3
2.4	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
2.5	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
2.6	CELDA DE TRANSFORMACION 1000KVA-10/0.23KV-DYN5
2.7	CELDA DE TRANSFORMACION 1000KVA-10/0.23KV-DYN5

LEYENDA

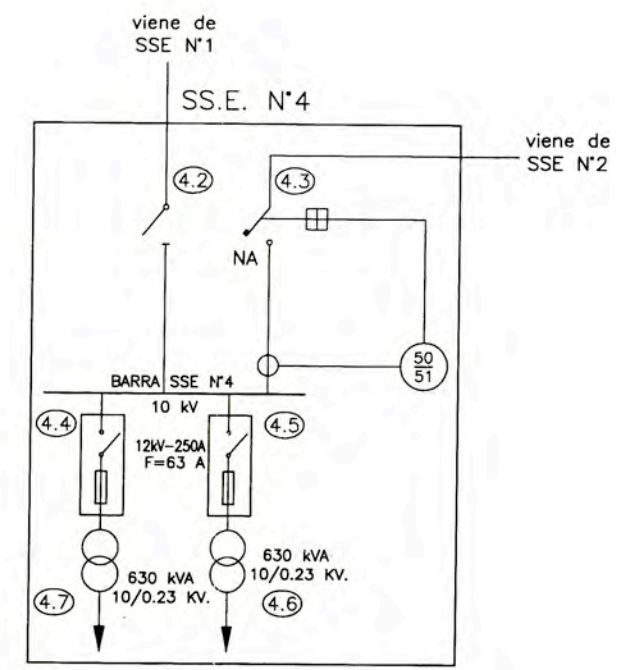
**EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO
SUBSTACION N°2 (MEDIA TENSION)**

ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES

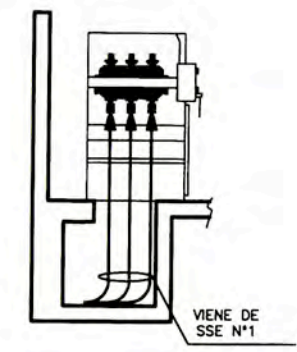
AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-10
----------------------------	----------------------	--------------------



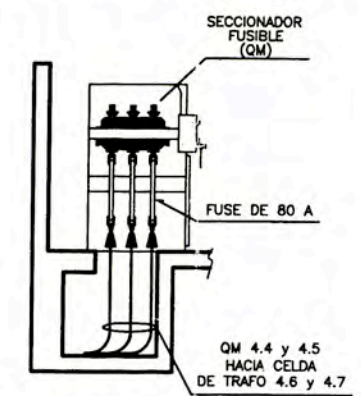
SUDESTACION N°4
ESC 1/50



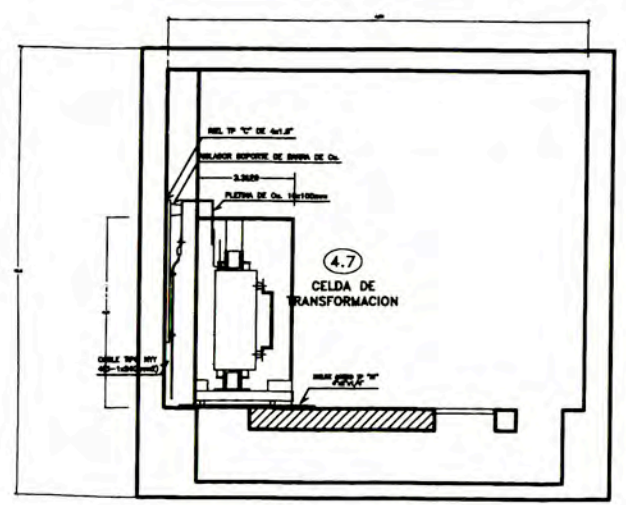
ESQUEMA ELECTRICO



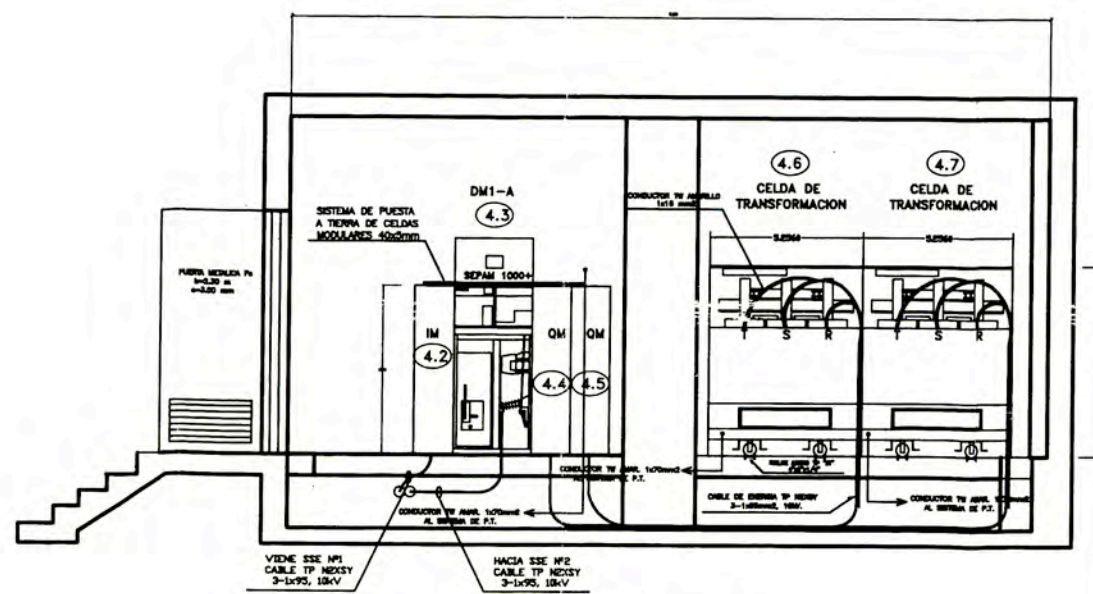
CORTE D-D



CORTE C-C



CORTE B-B



CORTE A-A

NOTA:

- EL RELE DE PROTECCION INSTALADO EN LA CELDA CON INTERRUPTOR DE POTENCIA (DM1-A), ES ALIMENTADO EN TENSIONES AUXILIARES DE 220 Vac Y 24 Vdc. PARA LA CARGA AUTOMATICA DEL DISPOSITIVO DE APERTURA DEL INTERRUPTOR Y PARA LA BOBINA DE DISPARO ANTE FALLA, RESPECTIVAMENTE
- LOS TRANSFORMADORES DE 630 kVA INSTALADOS EN ESTA SUBSTACION, SE ENCUENTRAN EQUIPADOS CON RELE DE TEMPERATURA (RELE Z) CONECTADO A TRAVES DE SONIDAS INSTALADAS EN EL INTERIOR DEL TRANSFORMADOR SECO, SE ENCUENTRAN ALIMENTADOS EN 24 Vdc, DESDE EL BANCO DE BATERIAS Y CONECTADOS A UNA BOBINA DE DISPARO INSTALADA EN LA CELDA DEL SECCIONADOR FUSIBLE (QM) ESTA CELDA ES ALIMENTADA EN 24 Vdc DESDE EL BANCO DE BATERIAS.
- CADA TRANSFORMADOR SECO SE ENCUENTRAN INCORPORADO A UNA CELDA DE TRANSFORMACION, DENOMINADA CELDA ENVOLVENTE Y HACEN UN CONJUNTO.
- LA LINEA DE TIERRA SE EN LOS TRANSFORMADORES SECOS, SE ENCUENTRA CONECTADA AL CHASIS DE LA ENVOLVENTE, A TRAVES DE UN CONDUCTOR CABLEADO DE COLOR AMARILLO, DE 70 mm²
- EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS CELDAS MODULARES SM6, COMPRENDE UN CONJUNTO DE BARRAS DE COBRE DESNUDO (UNO POR CELDA) TODAS CONECTADOS ENTRE SI A TRAVES DE PERNOS DE AJUSTE; LA BAJADA ES COMUN, Y ESTA COMPUESTA POR UN CONDUCTOR DE Cu. DESNUDO 120mm², DE LA MALLA DE TIERRA DE LA SUBSTACION 3
- LAS CELDAS MODULARES 4.2, 4.3, 4.4 Y 4.5, SE ENCUENTRAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE BARRAS AISLADAS DE Cu.

—	CABLE DE ENERGIA TP NY, 4(3-1x240)mm ² , 600V
—	CABLE DE ENERGIA TP N2XSY 3-1x95mm ² , 10KV
—	CABLE TW AMARILLO 1x70mm ² PARA CONEXION AL SISTEMA DE PT
(4.7)	CELDA DE TRANSFORMACION 630 kVA-10/0.23 KV-DYn5 (SECO)
(4.6)	CELDA DE TRANSFORMACION 630 kVA-10/0.23 KV-DYn5 (SECO)
(4.5)	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
(4.4)	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
(4.3)	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR -SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE N°2
(4.2)	CELDA DE LLEGADA A SE N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
SIMBOLO	DESCRIPCION

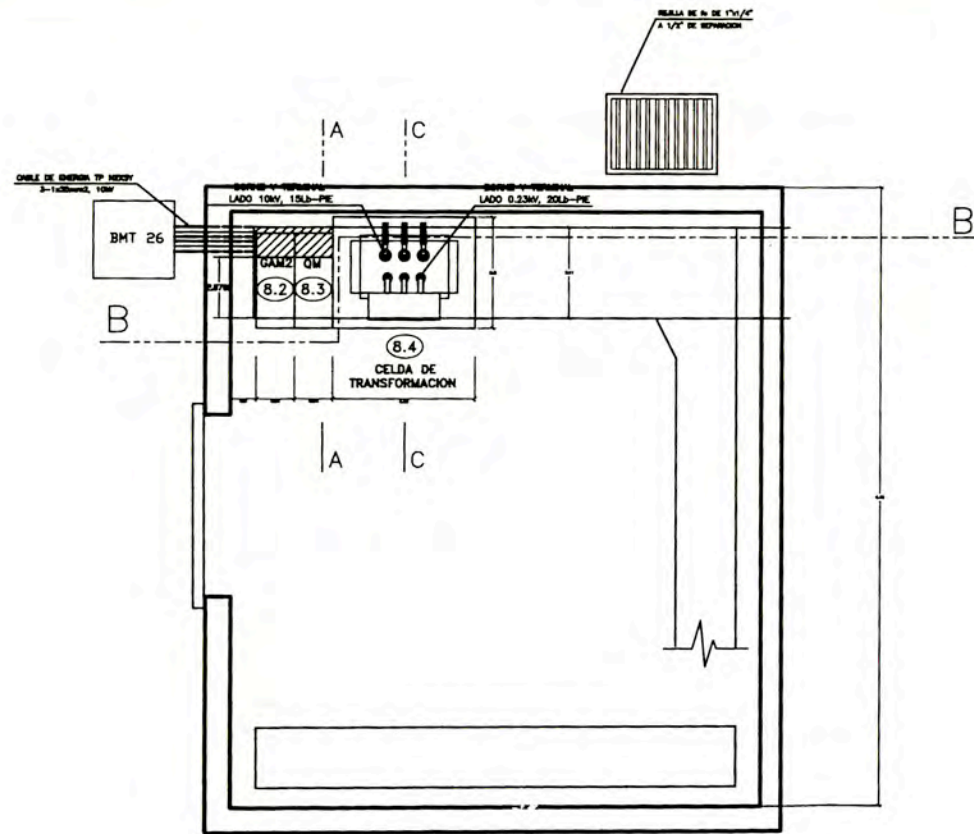
LEYENDA

EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO SUBESTACION N°4 (MEDIA TENSION)

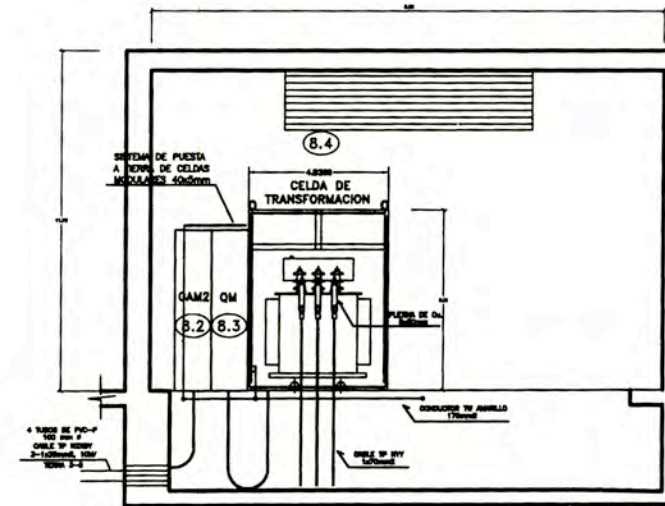
ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES



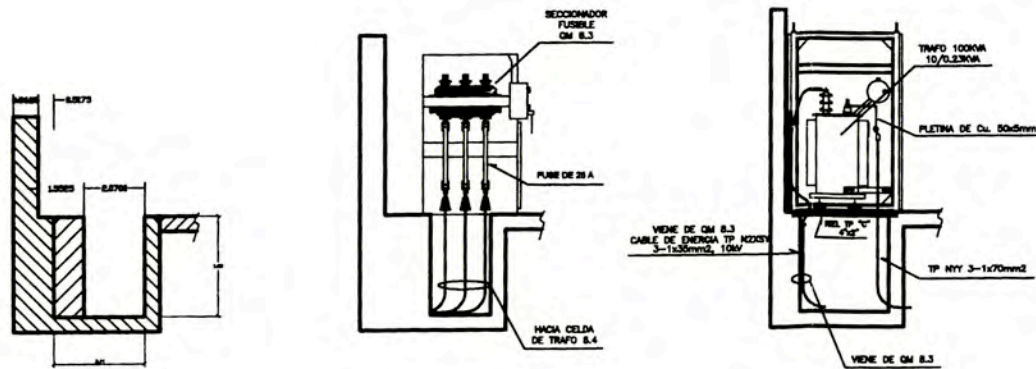
AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ
FECHA: ABRIL 2002
N° PLANO: IE-11



PLANTA



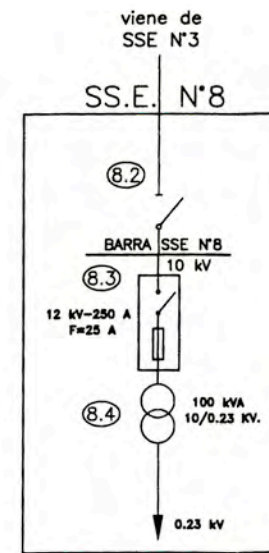
CORTE B-B



CORTE A-A

CORTE C-C

DETALLE DE SUBIDA DE CABLE DE ENERGA MT Y BT



ESQUEMA ELECTRICO

NOTA:
 -EL TRANSFORMADOR DE 100kVA INSTALADO EN ESTA UBICACION, SE ENCUENTRA EQUIPADO CON PROTECCION PARA NIVEL DE ACEITE Y DE TEMPERATURA, PERO POR EL MOMENTO NO SE ENCUENTRA ACTIVA
 -EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS CELDAS MODULARES SM6, COMPRENDE UN CONJUNTO DE BARRAS DE COBRE DESNUDO (UNO POR CELDA) TODAS CONECTADOS ENTRE SI A TRAVES DE PERNOS DE AJUSTE; LA BAJADA ES COMUN, Y ESTA COMPUESTA POR UN CONDUCTOR DE Cu. CABLEADO FORRADO DE COLOR AMARILLO, DE 70mm² DE SECCION, CONECTADO A LA SALIDA DE LA LINEA DE Cu. DESNUDO DE 120mm² DE LA MALLA DE TIERRA DE LA SUBESTACION 8
 -LAS CELDAS MODULARES 8.1 Y 8.2 SE ENCUENTRAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE BARRAS AISLADAS DE Cu.

—	CABLE DE ENERGA TP NYY, 3-1x70mm ² , 600V
—	CABLE DE ENERGA TP N2XSY 3-1x95mm ² , 10kV
—	CABLE TW AMARILLO 1x70mm ² PARA CONEXION AL SISTEMA DE PT
⊙ 8.4	CELDA DE TRANSFORMACION 100 kVA-10/0.23kV-DYN5
⊙ 8.3	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12kV
⊙ 8.2	CELDA DE ACOMETIDA DE CABLES SM6-12kV (A SE. N°3)
SIMBOLO	DESCRIPCION

LEYENDA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

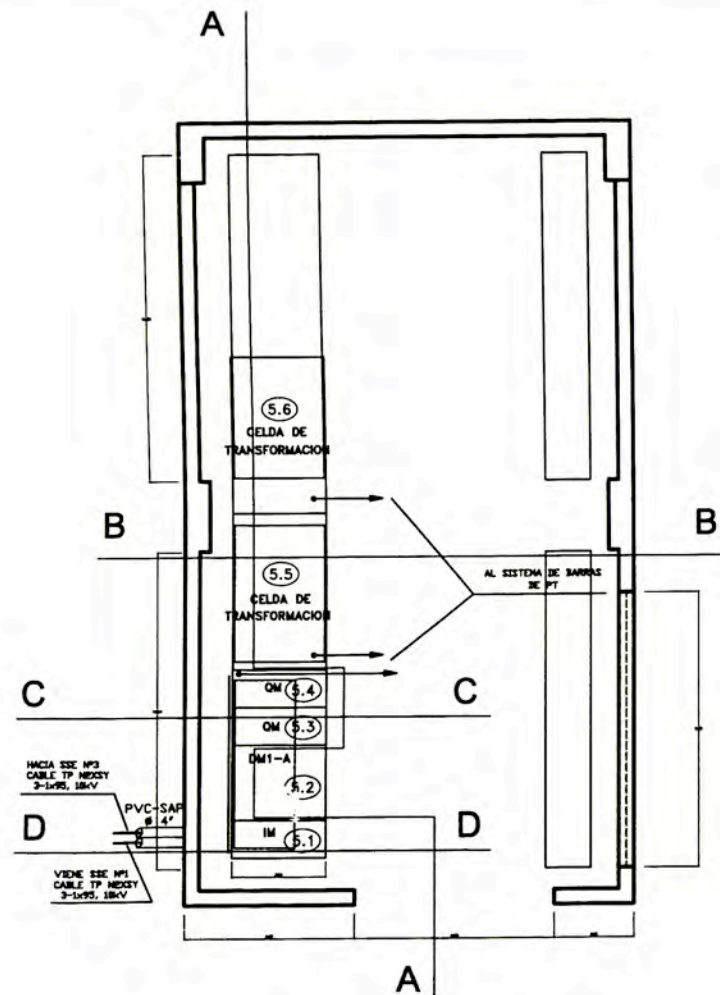
EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO
 SUBESTACION N°8 (MEDIA TENSION)

ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES

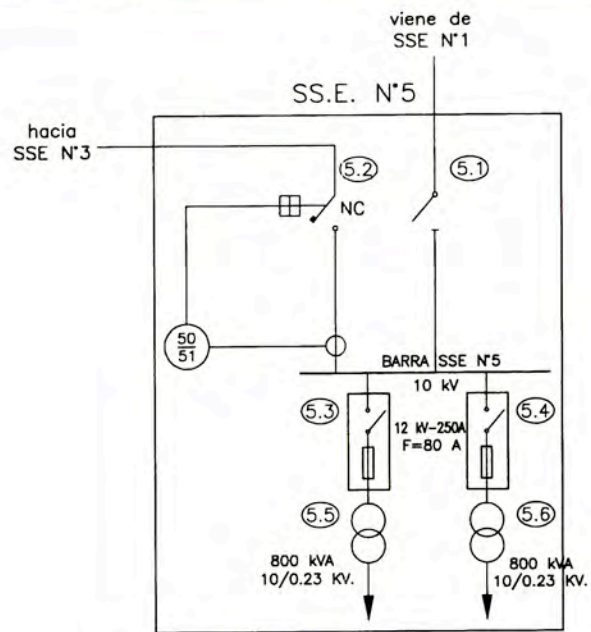
AUTOR:
 MARTIN RODRIGUEZ

FECHA:
 ABRIL 2002

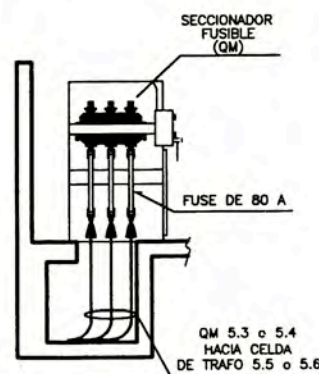
N° PLANO:
 IE-12



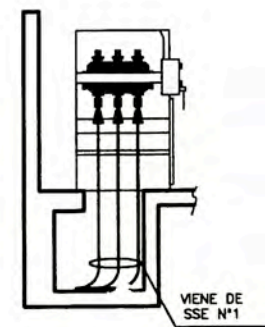
SUBESTACION N°5
ESC 1/50



ESQUEMA ELECTRICO



CORTE C-C



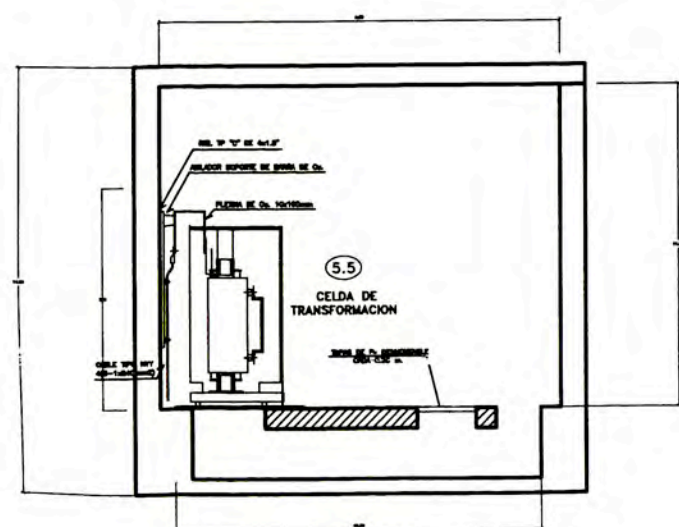
CORTE D-D

NOTA:
LOS TRANSFORMADORES DE 630 KVA INSTALADOS EN ESTA SUBSTACION, SE ENCUENTRAN EQUIPADOS CON RELE DE TEMPERATURA (RELE Z) CONECTADO A TRAVES DE SONDAS INSTALADAS EN EL INTERIOR DEL TRANSFORMADOR SECO, SE ENCUENTRAN ALIMENTADOS EN 24 Vdc, DESDE EL BANCO DE BATERIAS Y CONECTADOS A UNA BOBINA DE DISPARO INSTALADA EN LA CELDA DEL SECCIONADOR FUSIBLE (QM) ESTA CELDA ES ALIMENTADA EN 24 Vdc DESDE EL BANCO DE BATERIAS.
CADA TRANSFORMADOR SECO SE ENCUENTRAN INCORPORADO A SU CELDA DE TRANSFORMACION, DENOMINADA CELDA ENVOLVENTE Y HACEN UN CONJUNTO.
LA LINEA DE TIERRA SE EN LOS TRANSFORMADORES SECOS, SE ENCUENTRA CONECTADA AL CHASIS DE LA ENVOLVENTE, A TRAVES DE UN CONDUCTOR CABLEADO DE COLOR AMARILLO, DE 70 mm²
EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS CELDAS MODULARES SM6, COMPRENDE UN CONJUNTO DE BARRAS DE COBRE DESNUDO (UNO POR CELDA) TODAS CONECTADOS ENTRE SI A TRAVES DE PERNOS DE AJUSTE; LA BAJADA ES COMUN, Y ESTA COMPUESTA POR UN CONDUCTOR DE Cu. CABLEADO FORRADO DE COLOR AMARILLO, DE 70mm² DE SECCION, CONECTADO A LA SALIDA DE LA LINEA DE Cu. DESNUDO DE 120mm² DE LA MALLA DE TIERRA DE LA SUBSTACION 5

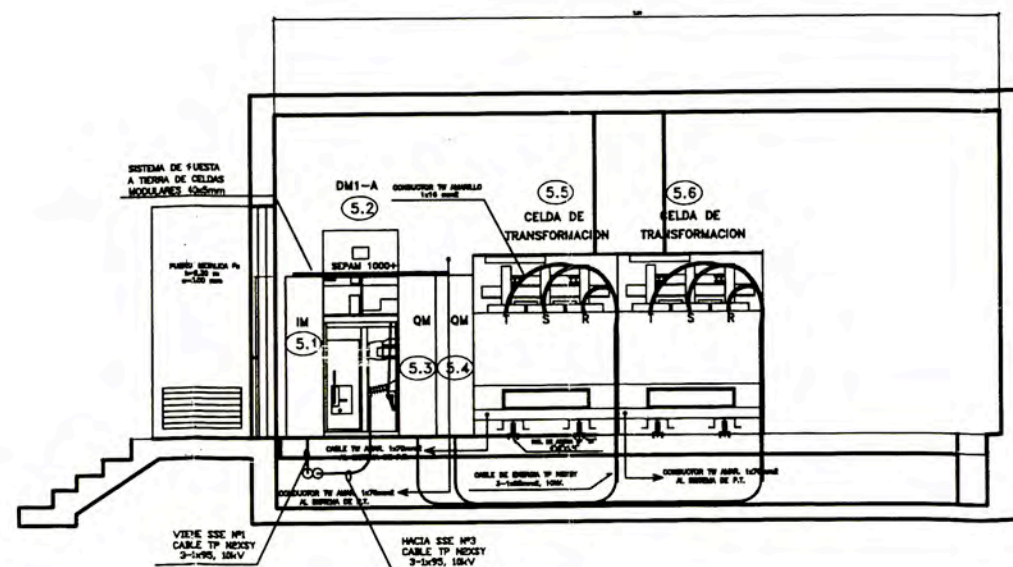
LAS CELDAS MODULARES 5.2, 5.3, 5.4, Y 5.5, SE ENCUENTRAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE BARRAS AISLADAS DE Cu.

—	CABLE DE ENERGIA TP NY, 4(3-1x240)mm ² , 600V
—	CABLE DE ENERGIA TP N2XSY 3-1x95mm ² , 10KV
—	CABLE TW AMARILLO 1x70mm ² PARA CONEXION AL SISTEMA DE PT
⊙ 5.6	CELDA DE TRANSFORMACION 800 kVA-10/0.23 kV-DYn5 (SECO)
⊙ 5.5	CELDA DE TRANSFORMACION 800 kVA-10/0.23 kV-DYn5 (SECO)
⊙ 5.4	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
⊙ 5.3	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV
⊙ 5.2	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR -SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE N°3
⊙ 5.1	CELDA DE LLEGADA A SE N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
SIMBOLO	DESCRIPCION

LEYENDA



CORTE B-B



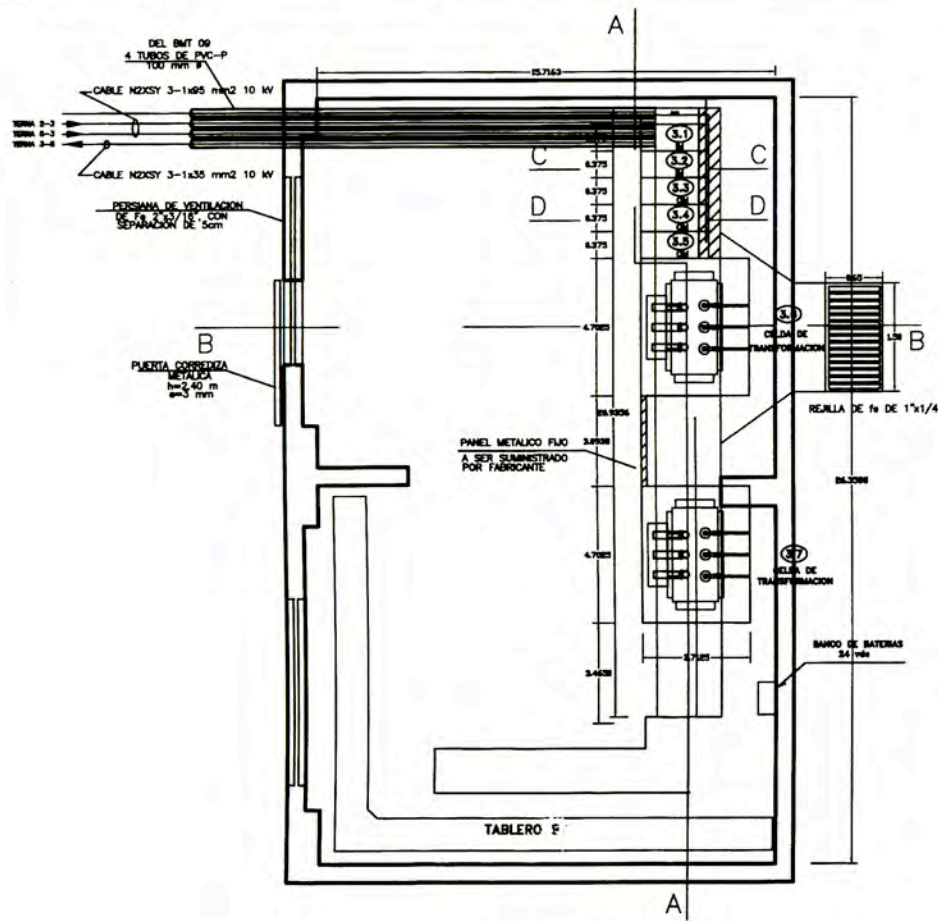
CORTE A-A



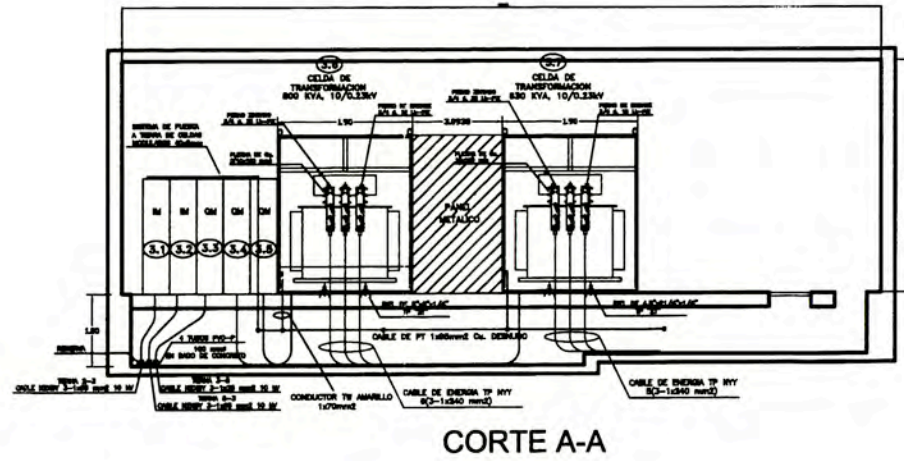
EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO SUBSTACION N°5 (MEDIA TENSION)

ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES

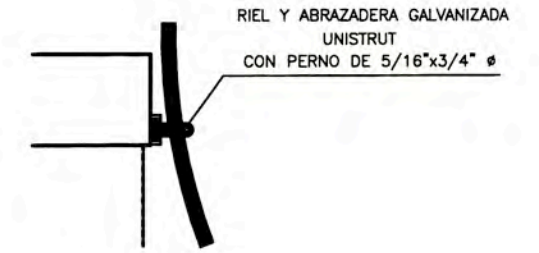
AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ
FECHA: ABRIL 2002
N° PLANO: IE-13



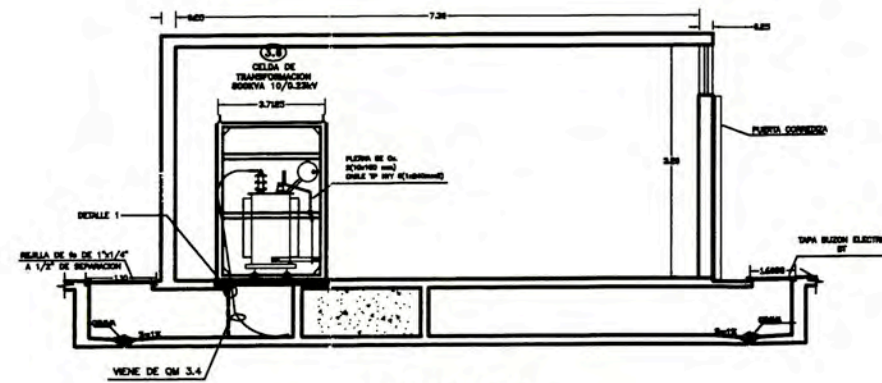
PLANTA



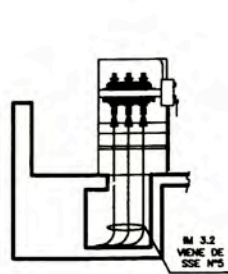
CORTE A-A



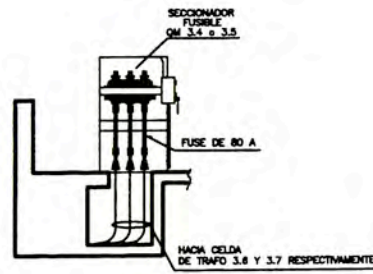
DETALLE 1



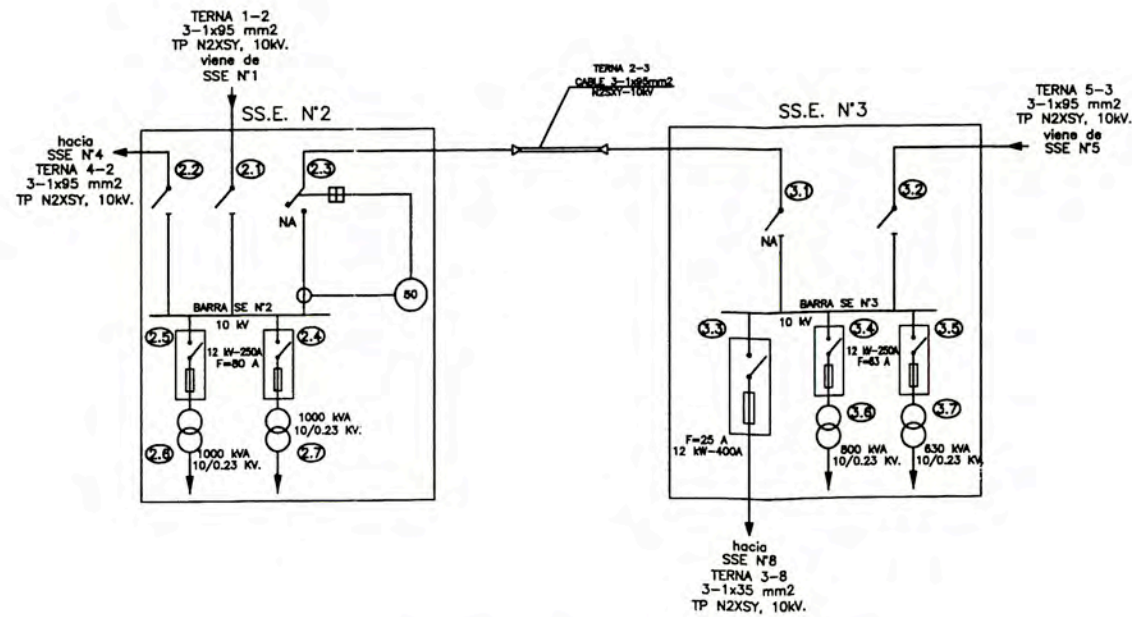
CORTE B-B



CORTE C-C



CORTE D-D



ESQUEMA ELECTRICO

NOTA:
 -LOS TRANSFORMADORES DE 800 Y 630 KVA INSTALADOS EN ESTA SUBSTACION, SE ENCUENTRAN EQUIPADOS CON PROTECCION BUCHOLZ, NIVEL DE ACEITE Y DE TEMPERATURA, DICHA PROTECCION SE ENCUENTRARA ACTIVA PROPIAMENTE.
 -EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS CELDAS MODULARES SM6, COMPRENDE UN CONJUNTO DE BARRAS DE COBRE DESNUDO (UNO POR CELDA) TODAS CONECTADOS ENTRE SI A TRAVES DE PERNOS DE AJUSTE; LA BANDA ES COMAN, Y ESTA COMPUESTA POR UN CONDUCTOR DE CU. CABLEADO, FORMADO DE COLOR AMARILLO, DE 70mm2 DE SECCION, CONECTADO A LA SALIDA DE LA LINEA DE CU. DESNUDO DE 120 mm2 DE LA MALLA DE TIERRA DE LA SUBSTACION 3
 -LAS CELDAS MODULARES 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, Y 3.5 SE ENCUENTRAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE BARRAS AISLADAS DE CU.

—	CABLE DE ENERGIA TP NY, 3-1x70mm2, 600V
—	CABLE DE ENERGIA TP NZXSY 3-1x95mm2, 10KV
—	CABLE TW AMARILLO 1x70mm2 PARA CONEXION AL SISTEMA DE PT
③.1	CELDA DE LLEGADA DESDE LA SE. N°2 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
③.2	CELDA DE ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°5 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
③.3	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°8
③.4	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
③.5	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
③.6	CELDA DE TRANSFORMACION 800KVA-10/0.23KV-07h5 (DIMENSIONES: 2.2 x 1.8 x 1.5m)
③.7	CELDA DE TRANSFORMACION 630KVA-10/0.23KV-07h5 (DIMENSIONES: 2.2 x 1.8 x 1.5m.)
③.8	TABLERO DE BT.
②.1	CELDA DE LLEGADA DESDE LA SE. N°1 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
②.2	CELDA DE ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°4 SECCIONADOR DE POTENCIA SM6-12KV
②.3	CELDA DE SECCIONADOR E INTERRUPTOR DE POTENCIA SM6-12KV ALIMENTACION AUXILIAR A LA SE. N°3
②.4	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
②.5	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA SM6-12KV.
②.6	CELDA DE TRANSFORMACION 1000KVA-10/0.23KV-07h5
②.7	CELDA DE TRANSFORMACION 1000KVA-10/0.23KV-07h5
SIMBOLO	DESCRIPCION

LEYENDA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

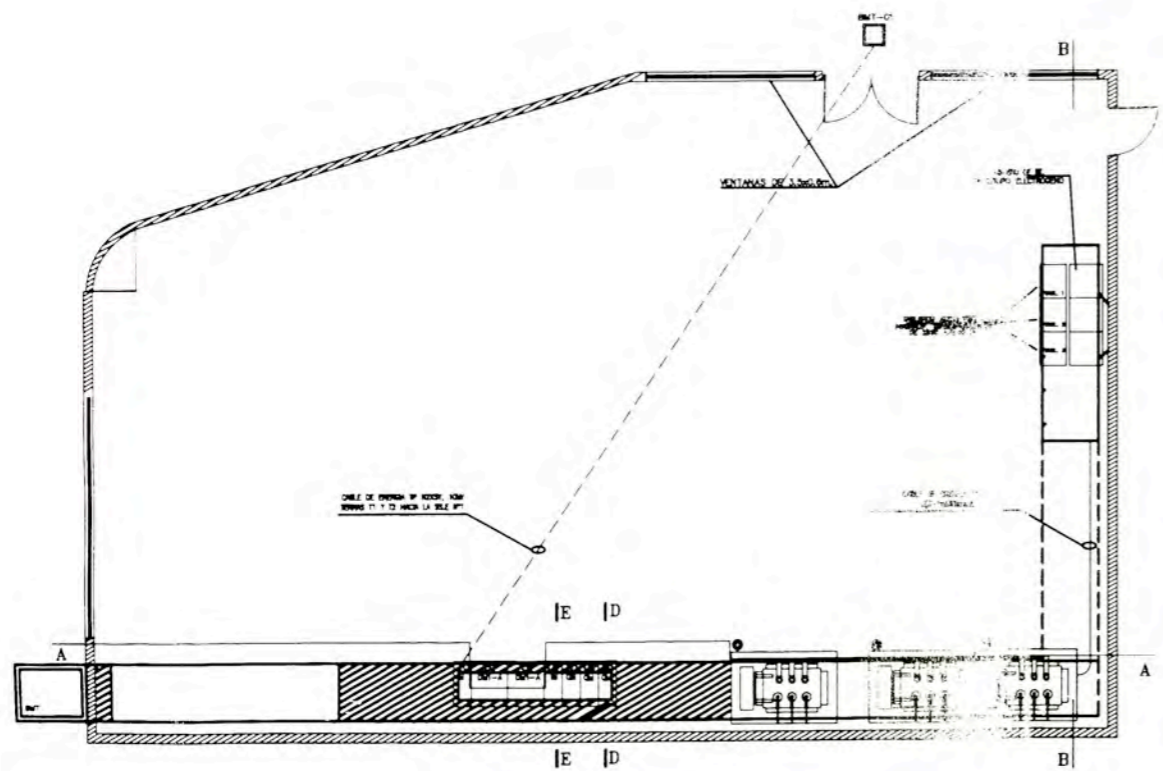
EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO
 SUBSTACION N°3 (MEDIA TENSION)

ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES

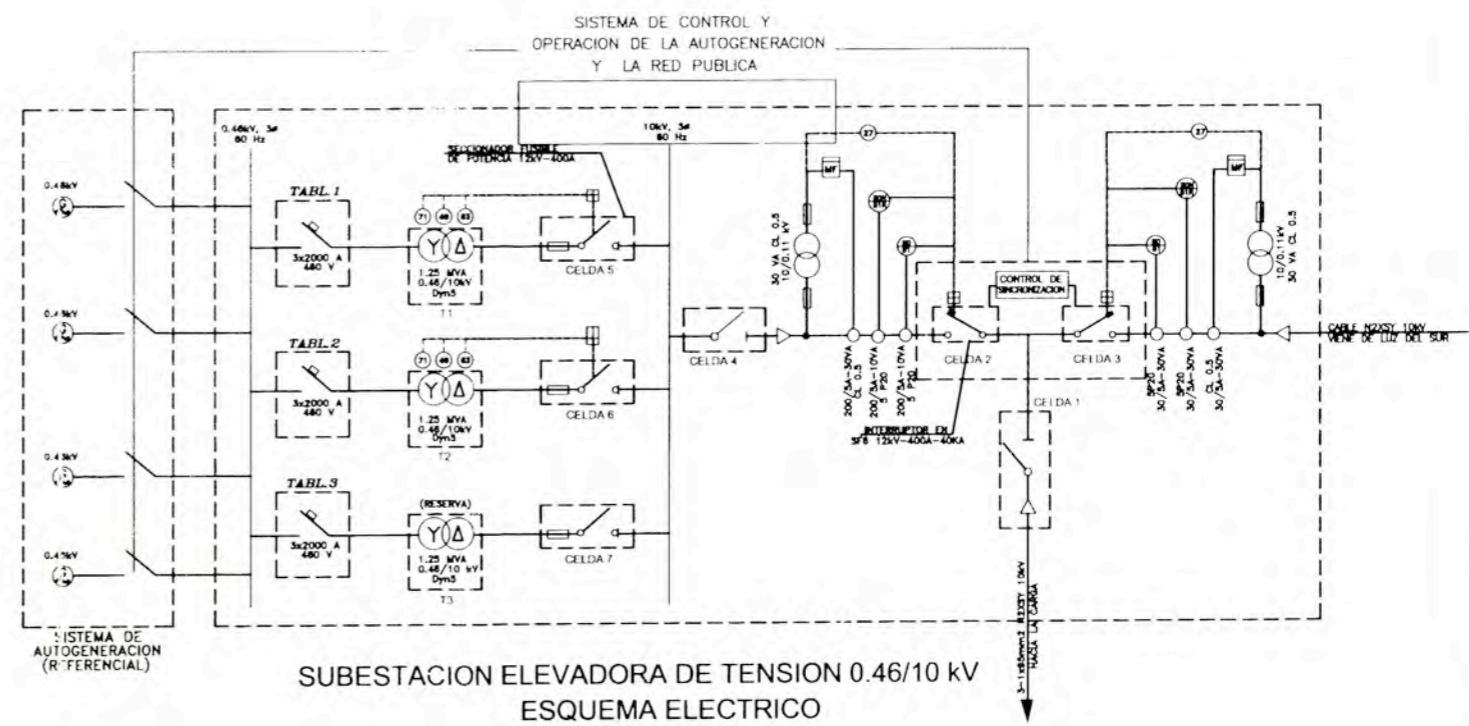
AUTOR:
 MARTIN RODRIGUEZ

FECHA:
 ABRIL 2002

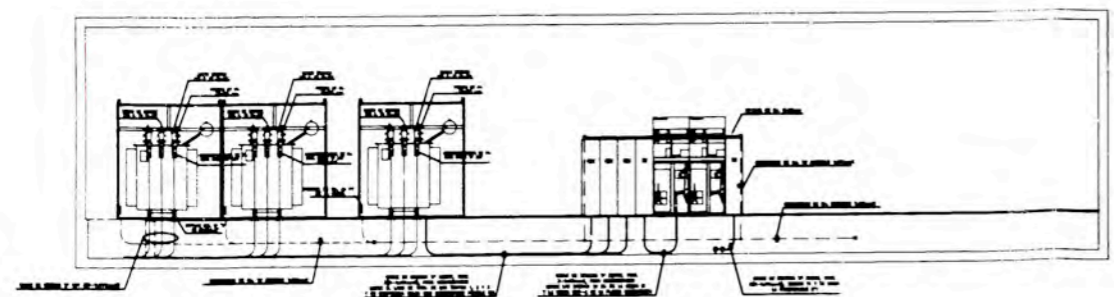
N° PLANO:
 IE-14



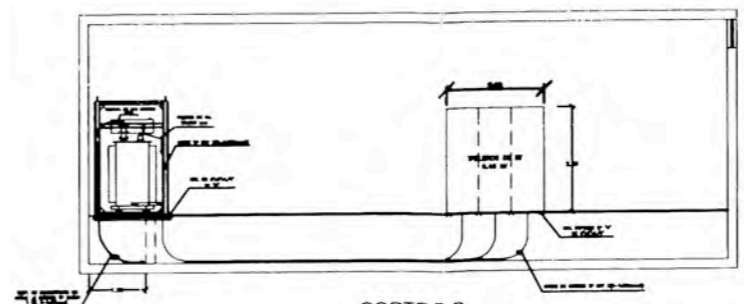
VISTA DE PLANTA



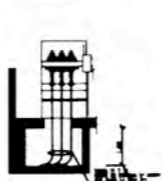
SUBESTACION ELEVADORA DE TENSION 0.46/10 kV
ESQUEMA ELECTRICO



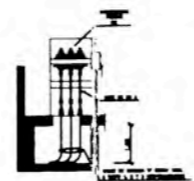
CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE E-E



CORTE D-D

---	CABLE DE ENERGIA TP NY, 3-1x500mm ² , 600V
---	CABLE DE ENERGIA TP NY, 3-1x25mm ² , 10kV
---	CONDUCTOR TW AMARILLO 1x70mm ² PARA CONEXION A SISTEMA DE PT
①	CELDA DE SALIDA HACIA EL ESTADIO EN 10kV
②	CELDA DE LAS BARRAS DE AUTOGENERACION 10kV
③	CELDA DE LLEGADA LUZ DEL SUR S.A.A. 10kV
④	CELDA DE BARRAS 10kV
⑤	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA 12kV, 400A
⑥	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA 12kV, 400A
⑦	CELDA DE SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA 12kV, 400A
⑪	CELDA DE TRANSFORMACION 1.25 MVA 0.46/10kV
⑫	CELDA DE TRANSFORMACION 1.25 MVA 0.46/10kV
⑬	CELDA DE TRANSFORMACION 1.25 MVA 0.46/10kV
MF	MEDIDOR MULTIFUNCION
75	RELE BUCHHOLZ, NIVEL DE ACEITE Y TEMPERATURA
27	RELE ELECTRONICO MONOFASICO DE MINIMA TENSION
30/30	RELE DE SOBRECORRIENTE FASE-TIERRA INSTANTANEO/TEMPORIZADO
30/30	RELE DE SOBRECORRIENTE FASE-FASE INSTANTANEO/TEMPORIZADO
10/0	TRANSFORMADOR 1250kVA 10/0-0kV
— —	TERMINAL INTERIOR SECO 10kV
— —	SECCIONADOR UNIPOLAR FUSIBLE 10kV
— —	INTERRUPTOR TRIPOLAR EN USUO 10kV-400A-40kA
— —	SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA 12kV
— —	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 0.46kV
---	CABLE NY 0T
SIMBOLO	DESCRIPCION

LEYENDA



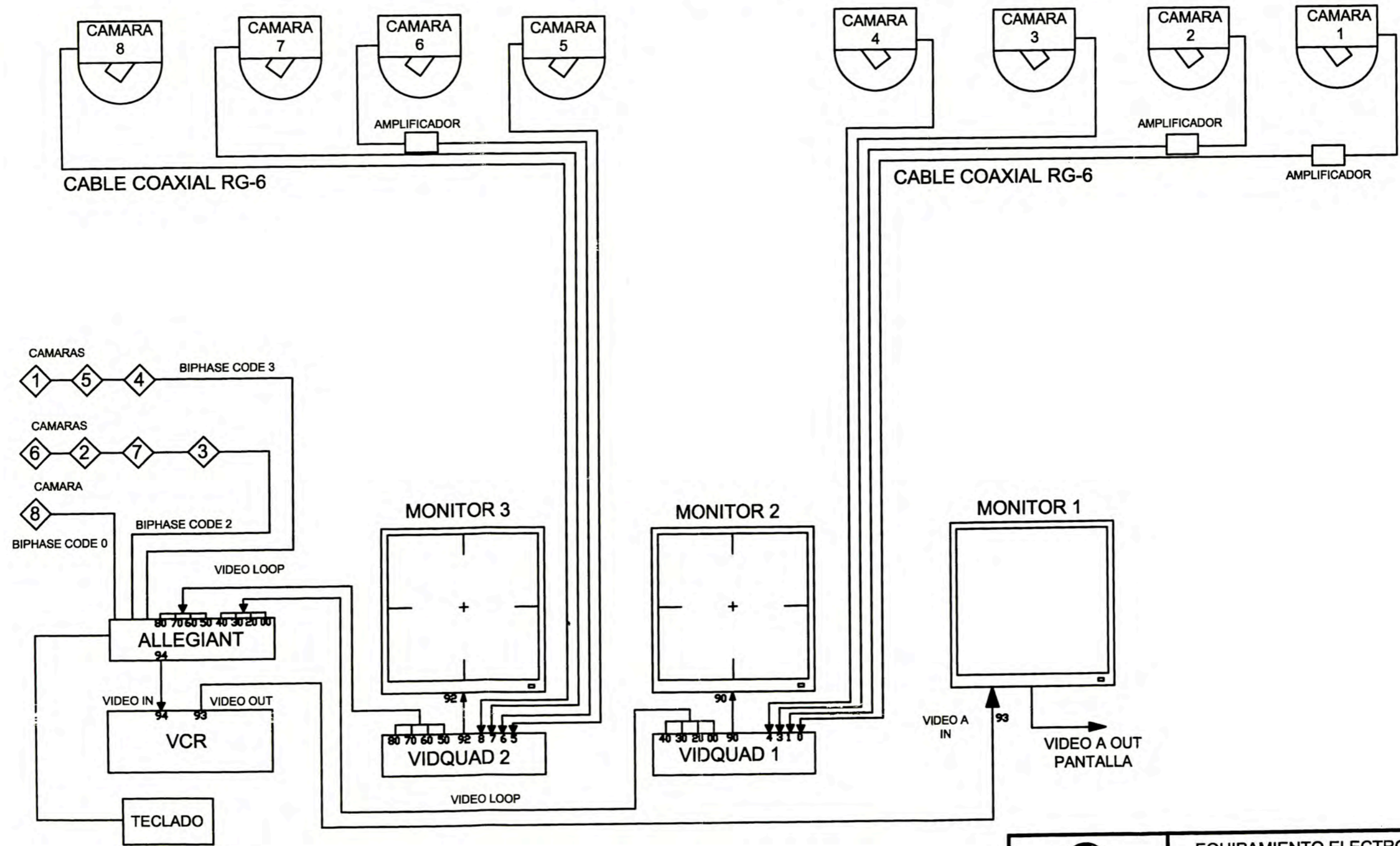
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

SUBESTACION ELEVADORA DE
0.46/10 kV - MEDIA TENSION

ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES

AUTOR MARTIN RODRIGUEZ	FECHA ABRIL 2002	N° PLANO IE-15
---------------------------	---------------------	-------------------

DIAGRAMA EN BLOQUE DE CCTV MONUMENTAL "U"



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	EQUIPAMIENTO ELECTRONICO EN EL ESTADIO MONUMENTAL- CCTV		
	ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES		
	AUTOR: MARTIN RODRIGUEZ	FECHA: ABRIL 2002	N° PLANO: IE-16