

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Mecánica



Remodelación de las Instalaciones Eléctricas
de la Cervecería Modelo

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

RICHARD ANIBAL GALVAN MEDINA

Promoción - 1978 - I

L I M A - P E R U

1986

INDICE

	Pág
PROLOGO	1
CAPITULO 1: INTRODUCCION	3
CAPITULO 2: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS ACTUALES	6
2.1 Descripción del proceso de elaboración	6
2.1.1 Recepción de materiales	7
2.1.2 Molienda y cocimiento	7
2.1.3 Fermentación y maduración	11
2.1.4 Filtración y refinación	12
2.1.5 Embotellado	12
2.1.6 Casa de Fuerza y servicios	15
2.2 Distribución de las instalaciones eléctricas actuales	19
2.2.1 Generalidades	19
2.2.2 Descripción de la distribución eléctrica actual	19
2.3 Comportamiento del consumo eléctrico	27
2.3.1 Generalidades	27
2.3.2 Determinación de las características energéticas	28
2.3.3 Consumos promedios	28
2.3.4 Factor de potencia	31
2.3.5 Factor de Demanda y Simultaneidad	35
	/..

	Pág.
CAPITULO 3 : ESTUDIO DE LA REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSION	38
3.1 Memoria descriptiva de la remodelación	38
3.1.1 Generalidades	38
3.1.2 Sector casa de fuerza y servicios	39
3.1.3 Sector elaboración	43
3.1.4 Sector embotellado	44
3.1.5 Cuadro de características generales	45
3.2 Alcances del proyecto	50
3.2.1 Generalidades	50
3.3 Condiciones generales de ejecución	54
3.3.1 Generalidades	54
3.3.2 Ejecución de las obras	54
3.3.3 Materiales	56
 CAPITULO 4: DISEÑO DE LA REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA TENSION	 60
4.1 Criterios y especificaciones de diseño	60
4.1.1 Cálculo de la capacidad real de la acometida actual	71
4.1.2 Cálculo de la Potencia y Máxima de- manda futura	72
4.2 Cálculo y diseño del sistema de distribu - ción eléctrica en 10 kV	83
4.2.1 Selección del cable alimentador pa- ra la subestación N°3	83

	Pág.
4.2.2 Selección del cable alimentador para la subestación N°2	85
4.2.3 Determinación de la potencia de los transformadores de las Subestaciones N°2 y N°3	86
4.2.4 Selección y cálculo de las barras en 10 kV	89
4.2.5 Cálculo y diseño de la ventilación de las subestaciones	93
4.3 Cálculo y diseño del sistema de distribución eléctrica en 2.3 kV	106
4.3.1 Selección del cable alimentador	106
4.3.2 Cálculo de las corrientes de barras en 2.3 kV	107
4.3.3 Selección de las barras	109
4.3.4 Cálculo de las corrientes de los circuitos en 2.3 kV	112
4.4 Cálculo y diseño del sistema de distribución eléctrica en 440V	113
4.4.1 Selección del sistema alimentador	113
4.4.2 Cálculo de las corrientes de barras en 440V	113
4.4.3 Selección de las barras	114
4.4.4 Cálculo de las corrientes de los circuitos en 440V	114
4.5 Sistemas de Puesta a Tierra	119

	Pag.
CAPITULO 5: ESPECIFICACIONES GENERALES	124
5.1 Alcances	124
5.2 Sistema de distribución eléctrica en 10 kV	124
5.2.1 Cables alimentadores	125
5.2.2 Acometida	126
5.2.3 Interruptores de potencia	126
5.2.4 Relés de protección	127
5.2.5 Barras de alta tensión	128
5.2.6 Aisladores	128
5.2.7 Seccionadores fusibles	128
5.2.8 Transformadores	129
5.2.9 Accesorios	130
5.2.10 Celdas de alta tensión	130
5.2.11 Obras civiles	131
5.2.12 Subestación N°2	132
5.2.13 Subestación N°3	132
5.3 Sistema de distribución eléctrica en 2.3 kV	133
5.3.1 Cables alimentadores	133
5.3.2 Sistema de alimentación	134
5.3.3 Cajas	134
5.3.4 Tablero principal de distribución	134
5.3.5 Generalidades	135
5.3.6 Barras y aisladores portabarras	136
5.3.7 Seccionadores	137
5.3.8 Interruptores	137
5.3.9 Seccionadores de partición de barra	137
5.3.10 Transformadores de tensión y corriente	138

	Pág
5.3.11 Instrumentos	138
5.3.12 Conmutadores de control y luces in- dicadoras	138
5.3.13 Alambrado y accesorios	139
5.3.14 Puesta a tierra	140
5.3.15 Rótulos	140
5.3.16 Pintura	140
5.4 Sistema de distribución eléctrica en 440V	140
5.4.1 Sistema de alimentación	141
5.4.2 Tablero principal de distribución eléctrica	141
5.4.3 Generalidades	142
5.4.4 Barras y aisladores portabarras	143
5.4.5 Seccionadores	143
5.4.6 Interruptores	143
5.4.7 Seccionadores de partición de barra	144
5.4.8 Transformadores de tensión y corriente	144
5.4.9 Instrumentos	144
5.4.10 Conmutador de control y luces indicado ras	145
5.4.11 Alambrado y accesorios	145
5.4.12 Puesta a tierra	145
5.4.13 Pintura	146
5.5 Pozo de tierra	146
5.6 Pruebas e inspecciones	147
5.7 Buzones	147

	Pág.
CAPITULO 6: METRADO Y PRESUPUESTO	148
6.1 Generalidades	148
6.2 Metrado y Presupuesto	150
6.3 Fórmulas polinómicas de Reajuste	158
CONCLUSIONES	161
BIBLIOGRAFIA	163
PLANOS	
APENDICES	

PROLOGO

El presente estudio se refiere a la etapa de concepción inicial y del proyecto definido de la Remodelación de las instalaciones eléctricas de la Cervecería Modelo, que tiene por objeto adecuar sus instalaciones eléctricas actuales para aumentar la capacidad de producción de la Cía. Nacional de Cerveza (C.N.C.) de 1'200,000 Hl/año á 4'200,000 Hl/año.

Este estudio se desarrollará en 6 capítulos que se resumen de la siguiente forma:

CAPITULO 1: Denominado "Introducción" tiene por finalidad indicar el propósito del estudio, el método de trabajo, los alcances y limitaciones del estudio.

CAPITULO 2: Denominado "Memoria Descriptiva de las instalaciones eléctricas actuales", tiene por objeto describir el proceso de elaboración, las características de las instalaciones eléctricas actuales, y el comportamiento del consumo energético que demanda la actual producción, ya que éstas establecerán las bases de diseño que tomaremos en cuenta para la remodelación de las instalaciones eléctricas.

CAPITULO 3: Denominado "Estudio de la Remodelación de las Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión" tiene por objeto describir las etapas de la remodelación, los alcances del proyecto, las condiciones generales de ejecución, con esto determinaremos la magnitud de los trabajos necesarios para la implementación del proyecto.

CAPITULO 4: Denominado "Diseño de la Remodelación de las Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión", tiene por objeto determinar los criterios y especificaciones técnicas de diseño, los cálculos y diseño en Media y Baja Tensión, con lo que se realizará el dimensionamiento de cada uno de los elementos que comprenden el proyecto.

CAPITULO 5: Denominado Especificaciones Técnicas Generales" tiene por objeto describir las características de todos los elementos que se requiere para el proyecto.

CAPITULO 6: Denominado "Metrado y Presupuesto", tiene por objeto evaluar económicamente el proyecto, incluiría planos básicos y de detalle, así como las conclusiones, bibliografía y anexos tomados en cuenta para el desarrollo de los cálculos.

Sirvan estas líneas para testimoniar mi agradecimiento al Ing. Guillermo Kuba M., asesor de mi tesis, gracias a quien se hizo posible la culminación de mi tesis; también agradezco al Ing. Pablo Huambachano por su apoyo moral.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En la historia de la cervecería peruana la Compañía Nacional de Cerveza S.A. se enorgullece de figurar con el mérito de ser la primera fábrica establecida en el país.

En 1863, la C.N.C estableció la Cervecería Sáenz Peña, desde ese año a la actualidad han corrido años de constante evolución tecnológica y conquista de la satisfacción de los consumidores.

Culminación de este esfuerzo es la Cervecería Modelo, que está situada entre Lima y Callao sobre 130,000 m² con edificaciones levantadas en 20,000 m², de esta planta salen anualmente alrededor de 840,000 Hectolitros, que unidas a la producción de la planta centenaria lleva la producción a una cifra de 1'200,000 Hectolitros.

En cuanto a la calidad del producto, se controla hasta el menor detalle del proceso industrial, para lo cual la cebada es cuidadosamente cultivada y seleccionada en la Maltería donde es remojada hasta hacerla germinar y luego se seca después a alta o baja temperatura según sea destinada a cerveza blanca o negra.

La malta es transportada a la fábrica, donde se la -

tritadura y se la mezcla con agua caliente en grandes pailas hasta transformar el almidón en azúcar fermentable, obteniéndose una mezcla, que es filtrada y bombeada a otra paila donde se obtiene el mosto, al que se le agrega durante el hervido, lúpulo y otros componentes, terminada la cocción, se bombea el mosto a los tanques de fermentación en los que se fermenta el mosto por acción de la levadura, concluido este proceso, la cerveza se almacena en tanques de reposo hasta su maduración.

Alcanzada la madurez, la cerveza es filtrada para ser después almacenadas en tanques de recepción; luego será enviada a la sección de embotellado donde la cerveza se envasará en botellas, las que serán depositadas en cajas plásticas, siendo así almacenadas para su distribución.

La Cía. Nacional de Cerveza S.A., actualmente, dispone de la propiedad de la cervecería Sáenz Peña, con 120 años de antigüedad, la que trabaja actualmente con maquinaria renovada; dispone también de la propiedad de la Cervecería Modelo con 18 años de antigüedad.

Dado la excelente calidad del producto y los índices de ventas de cajas la empresa realizó estudios de factibilidad de ampliación de la Cervecería Modelo:

Dicha ampliación tiene por finalidad de aumentar la capacidad de producción de 1'200,000 hls/año á 4'200,000

hls/año, como consecuencia de lo anterior se hace necesario adecuar y ampliar las instalaciones eléctricas actual en la Cervecería Modelo, motivo por el cual se ha elaborado el presente proyecto de tesis que se enmarca dentro de las necesidades de contar con una referencia de las instalaciones eléctricas que son necesarias para el incremento de la producción.

El presente proyecto de tesis comprenderá el diseño y cálculo de la nueva red de alimentación en 10 kV, de las nuevas subestaciones, los nuevos esquemas unifilares de la distribución eléctrica, la selección de equipos, dispositivos de mando y protección, las especificaciones técnicas generales y el presupuesto que requiere la remodelación de las instalaciones eléctricas actuales de la Cervecería Modelo.

CAPITULO 2
MEMORIA DESCRIPTIVA DE LAS INSTALACIONES
ELECTRICAS ACTUALES

2.1 Descripción del Proceso de Elaboración

La cerveza es una bebida que exige una perfecta continuidad en las sucesivas fases del proceso de elaboración, así como un alto grado de higiene y asepsia en el desarrollo de las operaciones.

Las labores que comprenden la elaboración va desde la recepción, el almacenamiento, la transformación de la materia prima, el filtrado, refinado y almacenamiento de la cerveza en tanques de presión, donde queda listo para su envasado (ver referencia diagrama del proceso de fabricación plano RGM-001).

Para mejor presentación y de acuerdo con la estructura organizativa de las fábricas de cerveza se determinan los siguientes sectores:

- 2.1.1 Recepción de Materiales
- 2.1.2 Molienda y cocimiento
- 2.1.3 Fermentación y Maduración
- 2.1.4 Filtración y refinación
- 2.1.5 Embotellado

2.1.6 Casa de fuerza y servicios.

2.1.1 Recepción de Materiales

Consideremos materia prima básica, la malta, el lúpulo, los cereales y adjuntos.

La materia prima llega a fábrica en forma envasada o a granel previamente pesada, para lo cual se cuenta con dos balanzas para camiones de capacidad de 40 tons y 20 tons respectivamente.

Los granos se reciben en una tolva de 30 tons que se encuentra a nivel del piso para poder hacer la descarga por gravedad.

Se cuenta con un sistema central de transporte neumático de recepción de 20 tons/hr, el cual succiona los granos a los sistemas de silos Seeger o Buhler, con 7 silos c/u, de los cuales son 5 silos con capacidad de 300 tons c/u para almacenar malta, 2 silos con capacidad de 100 tons c/u para almacenar cereales.

2.1.2 Molienda y Cocimiento

Todo el sistema de molienda de granos, el sistema de cocimiento, el filtrado del mosto y el enfriamiento de mosto se encuentra en un mismo edificio.

Para la molienda de granos se ha previsto dos líneas independientes que poseen tolvas y balanzas, para la dosificación de las materias primas, además poseen lim -

piadoras y pulidoras para eliminar polvillos, así como molinos para la trituration de la malta y los cereales, las líneas de molienda funcionan luego unidas en combinación.

Este proceso cuenta con un sistema central de transporte neumático de pedidos de 20 tons/hr, el cual succiona granos de los silos.

El cocimiento se ha mantenido en el sistema convencional, por lo cual incluye recipientes metálicos, donde se lleva la sacarización y cocción de las materias primas, estos recipientes se denominan pailas, las que se clasifican en: paila de cereales, paila de mezcla, paila de mosto y paila de filtración de 600 hls c/u.

Paila de Cereales

Se la prepara haciendo que el agitador de la paila gire a 15 rpm, luego se regula las válvulas de vapor automáticamente prefijándose la presión y temperatura a 60°C y la cantidad de 1.7 ton de material con 60 hlt de agua.

Se cierra las tapas de la paila; el conjunto de agua-cereales tiene 60°C, la válvula de vapor se opera automáticamente y se cierra a 70°C, manteniéndose esta temperatura por 30 minutos, luego se sube la temperatura hasta 120°C y se cierra la chimenea para obtener presión, manteniéndose esta temperatura por 30 minutos, después se bombea el conjunto agua-cereales a la paila de mezcla, la

cual se prepara previamente aprovechando el reposo de los cereales

Paila de Mezcla

Se la prepara haciendo girar el agitador a 15 rpm y teniendo las válvulas de vapor en posición automática, se prefija la temperatura a 35°C y la cantidad de 130 hl de agua, con 7.5 ton de material.

En estas condiciones se espera el bombeo de cereales y simultáneamente con el bombeo se abre la chimenea de la paila y al terminar el bombeo se cierra la chimenea alcanzando la mezcla los 52°C.

Luego se prefija la temperatura a 70°C manteniéndose por 30 minutos para la sacarificación, comprobada ésta, se calienta a 75°C por 5 minutos, y alcanzando esta temperatura se bombea la mezcla hacia la paila filtrante.

Paila Filtrante

Se la prepara haciendo previamente limpieza con agua a 75°C, se deja un remanente de 30 hl de agua en el falso fondo de esta paila, luego se apertura y levantan cuchillas mediante un sistema hidráulico, luego se agitan las cuchillas a baja velocidad.

Se bombea toda la mezcla hacia esta paila, terminado el bombeo, se deja reposar durante 15 minutos,

luego se procede a lexiviar la mezcla durante 40 minutos, mediante la apertura, agitación y levantamiento de cuchillas. Después se apertura automáticamente la válvula de entrada de la paila de mosto, ingresando el material por gravedad, logrando así recuperar el 1er mosto; luego se inyecta agua en la paila filtrante para nuevamente lexiviar la mezcla.

Este proceso se repite en varias etapas hasta recuperar el máximo extracto de la mezcla, quedando un remanente de material, el cual se descarga y bombea hacia unos tanques, donde luego se descargan para su venta.

Paila de Mosto

Se la prepara haciendo que las válvulas de vapor operen en automático, se prefija el valor de presión de vapor y temperatura, luego se apertura la válvula de entrada a la paila que da ingreso al material que está filtrado, ingresando las primeras porciones del 1er mosto 220 hl, el cual hierve durante 90 minutos, conforme se va llenando la paila se añade el lúpulo y el azúcar, luego del llenado se termina de hervir el mosto durante 60 minutos.

Luego se bombea el mosto caliente al tanque - Whirpool del 5to piso de 660 hl de capacidad, donde se recepciona el mosto caliente a 96°C, de aquí es bombeado a una sala de tratamiento de mosto en donde se filtra y se enfría el mosto en un enfriador de placas usando como re-

frigerante agua helada, lográndose que el mosto salga a 10°C hacia las tinas de fermentación.

2.1.3 Fermentación y Maduración

El mosto frío y con su dosificación de levadura ingresa a maduración y fermentación en ambientes cerrados en donde se almacenan el mosto en tanques cerrados, los que son refrigerados mediante chaquetas por las que circula salmuera fría.

Se cuenta con un cuarto destinado al tratamiento y propagación de levadura.

Puede usarse cualquiera de las tinas para la fermentación en las bodegas A, B, C, las tinas se encuentran en el 5to piso y 3er piso situados en un mismo nivel, en dos hileras una al frente de la otra con un pasadizo central.

Para el trasvase de cerveza se cuenta con motobombas, las que envían la cerveza a las bodegas de maduración A, B, C, ubicadas en el 1er piso, 2do piso y 4to piso, los tanques están en un mismo nivel, en dos hileras, una al frente de otra y con un pasadizo central.

El sistema de refrigeración del ambiente en las bodegas de maduración y fermentación se realiza usando equipos de aire acondicionado, los que se encuentran al lado de cada piso.

Se considera un tiempo de fermentación de 7 días y un tiempo de maduración de 21 días.

La capacidad de las 45 tinajas de fermentación es 37,320 hl, en las bodegas de maduración se cuenta con 82 tanques siendo su capacidad de 86,626 hl y en las bodegas de gobierno se tiene instalado 16 tanques, siendo su capacidad de 11,400 hl suficiente para almacenar producción de dos turnos de embotellado.

2.1.4 Filtración y Refinación

Para la filtración y refinación se tiene un equipo con capacidad de 600 hls/hr y para el refinado de 700 hl/hr y está ubicado cerca de las bodegas y del embotellado.

La cerveza durante el proceso de maduración alcanza 2° C, con extracto aparente de 1.8 á 2.2° Balling y es de color claro, además contiene saturación natural de 3% de CO₂ con formación de espuma.

La cerveza ya madura se enfría a -1°C para ser filtrada almacenándose en tanques ubicados en las bodegas A, B, C donde se homogeniza mezclándose para después ser extraído mediante motobombas para su refinado, siendo enviado luego a los tanques de gobierno, controlándose previamente el grado de la turbidez debiendo ser del 2%.

2.1.5 Embotellado

En esta sección se cuenta con todo el equipa-

miento necesario para envasar botellas chicas y grandes.

Cuenta con dos desempacadoras, las cuales son máquinas automáticas que extraen los envases vacíos de las cajas y los depositan en cintas transportadoras que conducen las botellas a la lavadora y las cajas vacías retornan al sótano de embotellado mediante fajas transportadoras.

El lavado de botellas se efectúa por el sistema de remojo por immersión con una solución de soda y a diferentes temperaturas y concentraciones de soda, cuentan con un equipo extractor de etiquetas, la entrada y salida de botellas es automática; las botellas una vez lavadas son transportadas mediante cintas hacia la estación de inspección de envases vacíos.

La estación de inspección de envases vacíos, tiene por objeto descartar los envases defectuosos o con deficiente limpieza, para lo cual se usarán máquinas denominadas optiscanes, así como pantallas de inspección.

El llenado de botellas se efectuará por contrapresión con una máquina automática, capaz de llenar todo tipo de botellas, el tapado lo realiza inmediatamente después del llenado a razón de 800 btl./min, luego las botellas son trasladadas mediante cintas transportadoras hacia el pasteurizador.

La pasteurización se efectúa a fin de eliminar cualquier germen o microorganismo, con este fin se inyecta mediante toberas agua a diferentes temperaturas, en diversas zonas del pasteurizador, lográndose una óptima pasteurización, manteniéndose por 15 minutos la cerveza envasada en la zona en la que alcance 60°C, luego la salida de las botellas se realiza mediante cintas transportadoras, que las trasladan hacia una estación de inspección de envases llenos.

La estación de inspección de envases llenos, se encuentran a la salida del pasteurizador, esta tiene por objeto asegurar que llegue al público los productos debidamente envasados, para este fin se usan pantallas de inspección.

Se tiene también mesas de acumulación para mejorar la distribución de las botellas, así como para casos de emergencia; luego las botellas serán transportadas mediante cintas transportadoras hacia las etiquetadoras.

El etiquetado se realiza en dos máquinas automáticas, pudiéndose regular el etiquetado para los diferentes tipos y tamaños de botellas.

Para el empaclado se cuenta con empacadoras, las cuales son máquinas automáticas que colocan las botellas en las cajas vacías que son enviadas del sótano mediante carriles, lue

go las cajas con botellas llenas serán transportadas mediante fajas hacia las paletizadoras.

El paletizado se realiza en 3 máquinas automáticas cuyo funcionamiento dependerá del tipo de embalaje, para lo cual cuentan con una o dos estrellas que ordenan el amarre correspondiente para luego ser enviados a unos carriles que alimentan una plataforma que deposita las cajas encima de una parihuela, luego se ordenará la siguiente fila para arrumarla una sobre la otra hasta completar 60 cajas por parihuela, siendo luego transportadas hacia las encintadoras que colocarán una cinta para evitar el volteo de la parihuela al ser transportadas mediante montacargas, hacia el almacén de cerveza.

La recepción de cajas vacías se efectúa mediante fajas transportadoras hacia el sótano de embotellado, en el cual se cuentan con carriles que alimentan a las desempacadoras.

La capacidad de la línea de embotellado es de 27,000 á 30,000 cajas/turno.

2.1.6 Casa de Fuerza y Servicios ,

En esta sección se cuenta con todo el equipamiento necesario para generar, mantener y suministrar los requerimientos de agua, vapor, aire, CO₂, E.E y frío que

constituyen los servicios esenciales para procesar la cerveza.

Agua

El suministro de agua se efectúa extrayéndolo de pozos mediante motobombas verticales, las que trasvazan el agua dura a la planta de tratamiento de agua, a razón de 75 lts/seg, siendo almacenada en 2 tanques de agua tratada y 2 tanques de agua no tratada de 75 m³, estos tanques están ubicados en una zona denominada pit de bombeo, donde luego se traslada el agua hacia un tanque elevado mediante motobombas horizontales.

El tanque elevado tiene 2 sectores diferentes donde se almacenan el agua tratada y el agua no tratada, siendo su capacidad de 204 m³ de cada sector.

Del tanque elevado se derivan 2 tuberías independientes, una que alimenta agua tratada a la sección de elaboración donde se emplea el agua tratada en los cocimientos, el otro ramal alimenta agua no tratada que es usado para diversos servicios en todas las secciones.

Vapor

El suministro de vapor proviene de tres calderos, un caldero APIN para servicio continuo de 60,000 kg/hr y dos calderos Keeler de 21,000 kg/hr cada uno, para casos de emergencia, estos calderos cuentan con un sistema de alimentación de agua, la cual se trata previamente;

cuenta también con un sistema de recuperación de condensado, así como cuenta con un aero-condensador para los casos de excesos de caudal de vapor.

El vapor es usado en las secciones de embotellado y elaboración.

Aire

El suministro de aire proviene de un compresor de 2,100 pie³/min á 100 psi, adicionalmente se tiene 2 compresores de 1,200 pie³/min, 90 psi cada uno, para los casos de emergencia.

Estos equipos dan aire para todas las secciones donde se requiera.

CO₂

Este elemento se logra recuperar de las tinajas de fermentación y maduración, en estas tinajas se tienen redes de tuberías y mediante el uso de un sistema recolector "Witte-man" se envía el gas a casa de fuerza, donde se le limpia de impurezas, se le quita el mal olor, se enfría para quitarle la humedad y se comprime y licúa para ser almacenado en un tanque de 68 tons de capacidad, desde el cual el líquido es extraído para ser calentado hasta el estado gaseoso para poder así ser enviado a la sección de embotellado.

Adicionalmente, se tiene un sistema de recolección "Demarkus" que trata el gas en caso de excesos, o de emergencia.

Energía Eléctrica

Para toda la fábrica se tiene dos transformadores de 2,500 KVA en 10 kV/440V, los cuales alimentan a un panel principal de distribución desde el cual se alimenta a los tableros de distribución secundarios de cada una de las secciones de la planta.

Adicionalmente se tiene 3 grupos electrógenos para los casos críticos de falta de energía eléctrica.

Frío

Se obtiene de tres unidades de refrigeración que comprimen freón, el cual enfría la salmuera que es el que realiza el trabajo de enfriar los tanques de fermentación y maduración.

Para el flujo de salmuera se cuenta con motobombas verticales y horizontales, dado el gran volumen que se trasvaza se cuenta con un depósito de recirculación de salmuera de 150 m³ de capacidad.

Las unidades de refrigeración usan agua para el enfriamiento de los gases calientes que se generan por compresión del freón, esta agua proviene de dos torres Marley.

Los ambientes de las bodegas de fermentación y maduración son enfriados por medios de aire frío que es proporcionado por equipos de aire acondicionado que funcionan con flujo de salmuera o glicol..

2.2 Distribución de las Instalaciones Eléctricas Actuales

2.2.1 Generalidades

La Cervecería Modelo cuya capacidad productiva actual es de 840,000 HL/año tiene una red de distribución eléctrica según se muestra en el plano RGM-002 y un diagrama unifilar según se muestra en el plano RGM-003, - en los cuales se observa una alimentación en 10 kV mediante 2 ternas del cable tipo NKY de $3 \times 70 \text{ mm}^2$ c/u, proveniente de la subestación N°821 de Electrolima, con capacidad de suministro para una carga total instalada de 6,900 kW, con una máxima demanda de 3,480 kW, según consta en los archivos de la empresa.

2.2.2 Descripción de la Distribución Eléctrica Actual

La distribución eléctrica actual se muestra en el esquema unifilar, (ver referencia en el plano RGM-003), en éste se observa que la alimentación en 10 kV tiene un recorrido subterráneo, para lo cual usa ductos y buzones, cubriéndose su longitud hasta la acometida de la subestación principal, ubicada en el sector de casa de fuerza según se muestra en el plano RGM-004. La subestación está

compuesta de lo siguiente:

- a) Dos acometidas derivadas paralelamente y en forma in dependiente.
- b) Dos celdas de llegada en media tensión de 10 kV.
- c) Una celda de transformación compuesta por 2 transfor madores de 2,500 KVA en 10 kV/440V.
- d) Un tablero de distribución principal en 440V.

A. Acometidas

El cable usado para la acometida en 10 kV es del tipo NKY, han empleado este cable debido a que tiene altas características de aislación, buena resistencia a las vibraciones y esfuerzos repetidos, y bajo costo, siendo por consiguiente su uso adecuado en redes eléctricas subterráneas de media tensión.

Este cable alimentará a las celdas de llegada de alta tensión para lo cual cuenta con una caja terminal, tripolar apropiada para las especificaciones y dimensiones del cable.

B. Celdas de Llegada

Las celdas de llegada cuentan con interruptores automáticos del tipo extraíble, en volumen reducido de aceite, tripolar con capacidad de 600 Amp.

Poseen adicionalmente protección de sobrecorriente - en c/u de las fases, mediante relés directos de ajus-

te regulable para operación temporizada contra corto circuito, además tienen mando manual accionado por palanca con sistema de reenganche automático, siendo su cierre manual.

Está previsto para las siguientes condiciones de ser vicio:

Tensión nominal	12 kV
Corriente nominal	600 Amp
Poder de ruptura	500 MVA
Corriente máxima	162 KAmper
Tiempo de reenganche	0.05 seg

Las celdas están montadas sobre canaletas de 90 cms de ancho y una profundidad de 1 mt para facilitar la acometida; estas celdas estarán acopladas mediante un sistema de barras con los interruptores de alta tensión, desde los cuales se alimentarán a c/u de los transformadores de la subestación principal.

C. Celdas de Transformación

Consta de 2 transformadores de distribución tipo con vencional con tanque y en baño de aceite y están diseñados para las siguientes condiciones de servicio:

Potencia nominal	2,500 KVA
Frecuencia	60 Hz
Relación de transformación	$10,000 \pm 2 \times 2.5\%$

Impedancia cortocircuito 5.4%

Tipo de conexión DY5

Adicionalmente los transformadores cuentan con equipos auxiliares, tales como indicadores visuales, sensor de nivel de aceite, sensor de temperatura del aceite, relé Buchholz, conexión de llenado y extracción de muestras y conexión a tierra.

Los transformadores están montados sobre un túnel mediante el cual se circula aire mediante ventilación forzada.

Los bornes de alta tensión de los transformadores están alimentados mediante barras provenientes de las celdas de llegada de alta tensión; de los bornes de baja tensión de los transformadores se alimenta hacia las barras de baja tensión del tablero principal de distribución eléctrica en 440V.

D. Tablero Principal de Distribución en 440V

El tablero es del tipo autosoportado, construido con estructura de ángulos y con tapas de planchas de Fe de 2 mm de espesor y está diseñado de acuerdo a especificaciones Nema 12.

El tablero cuenta con dos seccionadores tripolares, uno para cada transformador, son de accionamiento manual, y está prevista para las siguientes condicio - nes de servicio.

Tensión nominal : 600 V
Corriente nominal : 3150 Amp

Este tablero consta de 22 celdas que alimentan los diversos sistemas y sectores principales y están dispuestos según se muestra en el plano RGM-003.

Del seccionador del 2do transformador principal se derivan en forma independiente la alimentación para 9 celdas o circuitos, desde la celda N°1 hasta la celda N°6 y de la celda N°20 hasta la celda 22 según la siguiente distribución.

En la 1ra celda está ubicado el seccionador, los instrumentos de medición de los parámetros energéticos y el panel de alarmas del transformador N°2.

La 2da celda alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del sistema del caldero N°3.

La 3ra celda alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del sistema de la línea de embotellado N°2.

La 4ta celda alimenta a los servicios de fuerza motriz del sistema de la unidad de frío N°3.

La 5ta celda alimenta a los servicios de fuerza motriz del sistema de bombeo de salmuera para las unidades de frío N°1, N°2 y N°3.

La 6ta celda alimenta un sistema de acoplamiento de las celdas N°20 a la celda N°22.

La 20va celda alimenta a los servicios de fuerza motriz y alumbrado del sistema de bombeo al tanque elevado.

La 21 va celda alimenta a los servicios de fuerza motriz del sistema de recolección de CO₂.

La 22va celda alimenta a los servicios de fuerza motriz y alumbrado del sistema de silos buhler.

Del seccionador del transformador principal N°1 se derivan en forma independiente la alimentación para 13 celdas o circuitos que comprenden desde la celda N°7 hasta la celda N°19, según la siguiente distribución.

La 7ma celda alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del sistema de la línea de embotellado N°1.

La 8va celda alimenta a dos circuitos, el 8 y el 8a..

El circuito 8 alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del sistema de calderos Keeler N°1 y N°2.

El circuito (8a) alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del edificio de facilidades y

relaciones laborales.

La 9na celda alimenta a dos circuitos el 9 y el 9a.

El circuito (9a) alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza de la bodega C, sistema CIP, refinación y filtración, y el sistema de la fase N°2.

El circuito (9) alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del sistema de tratamiento de agua, talleres y almacén general.

En la 10ma celda está ubicado el seccionador, los instrumentos de medición de los parámetros energéticos, del transformador N°1.

La 11va celda alimenta dos circuitos 11 y 11a.

El circuito 11 alimenta a los servicios de alumbrado y fuerza motriz del sector cocimiento y silos seeger.

El circuito (11a) al servicio de fuerza motriz del sistema de la unidad de frío N°1.

La 12va celda alimenta a dos circuitos, el 12 y el 12a.

El circuito 12 alimenta a los servicios de fuerza motriz del centro de control N°2 de Cocimiento.

El circuito (12a) alimenta al servicio de fuerza motriz del sistema de la unidad de frío N°2.

En la 13va está ubicada una llave interruptora de acoplamiento que alimenta un sistema de barras de emer

gencia, y también está ubicado el panel de alarmas - del transformador N°1.

La 14va celda alimenta a los servicios de fuerza motriz de los equipamientos auxiliares del sistema de recolección de CO₂, del sistema de compresión de aire y alimenta a los servicios de alumbrado de diversas áreas de casa de fuerza.

La 15va celda alimenta a los servicios de fuerza motriz de equipamiento auxiliar de las unidades de frío N°1 y N°2, al equipamiento del aero-condensado, bombeo de salmuera a tinas, torres Marley y pozo N°2 y alimenta al servicio de alumbrado externo.

La 16va celda alimenta al servicio de fuerza motriz del centro de control N°1 de cocimiento.

La 17va celda alimenta al servicio de fuerza motriz del compresor de aire Elliot y a los servicios de fuerza motriz y alumbrado de las bodegas A y B.

En la 18va celda está ubicado el panel de mando del grupo turbo-generador Elliot de 1,125 kVA en 440 V.

En la 19va celda se tiene un panel de excitación para el grupo generador de emergencia Elliot, este equipamiento, entra en servicio para los casos críticos de falta de energía eléctrica.

El panel principal de distribución posee también un

sistema de barras de emergencia que es alimentado por el grupo electrógeno Sulzer de 325 kVA en 440V, trifásico, el cual tiene su propio panel de mando y excitación, los cuales se interconectan mediante un panel automático de transferencia hacia el sistema de barras de emergencia.

También se posee un grupo electrógeno Penta de 135 kVA en 440 V, trifásico, que cuenta con su propio panel de mando y excitación, estos se interconectan mediante un panel de distribución hacia la red de alumbrado de emergencia.

Todos los interruptores de conexión y desconexión del tablero son trifásicos, con bobina de mínima tensión en 440V, 60 Hz, con relés de máxima intensidad regulables según carga, y además todas las celdas y circuitos cuentan con su propio registrador de kW-hr y su amperímetro para chequear carga a c/u de los sistemas eléctricos según como se muestra en el Diagrama unifilar plano RGM-003.

2.3 Comportamiento del Consumo Eléctrico

2.3.1 Generalidades

Para la elaboración del proyecto de la remodelación de las instalaciones eléctricas de la Cervecería - Modelo, se requiere hacer un estudio preliminar de las características del consumo de energía eléctrica que demanda la actual producción de cerveza.

En este estudio se tiene que considerar datos del consumo de la energía eléctrica que de acuerdo con las estadísticas resulten los meses más representativos, es decir los meses de mayores consumos y mayor producción.

2.3.2 Determinación de las Características Energéticas

Las características del consumo eléctrico actual se determinan analizando los siguientes parámetros.

- a) Consumo Promedio
- b) Factor de Potencia
- c) Factor de Demanda y Factor de Simultaneidad

2.3.3 Consumos Promedios

Estos valores cuantificará la magnitud de la carga actual, para este efecto tomaremos datos de los recibos de los meses de Octubre 84 á Marzo 85, facturados por Electrolima, estos datos se mostrarán en la Tabla (A).

Los consumos de energía eléctrica se hallan facturados de la siguiente manera:

a₁) Máxima Demanda

Es el consumo máximo de energía eléctrica durante un mes, en un período determinado, en nuestro caso será el mes de mayor demanda, este consumo se registra con un maxímetro o se le toma como un % fijo sobre las cargas bajas siendo su unidad de medida el (kW).

a₂) Energía Activa (E_a)

Es el consumo de energía eléctrica que desarrolla el trabajo útil, este consumo es medido por Electrolima, así como es medido mediante un registrador de la empresa que grafica la variación de este parámetro, su unidad de medida es el KW-hr).

a₃) Energía Reactiva (E_r)

Es aquella que se requiere para establecer el flujo magnético necesario para la operación de los aparatos de inducción, este consumo es medido por Electrolima, así como es medido mediante un registrador de la empresa que grafica la variación de este parámetro, su unidad de medida es el (KVAR-hr).

Fórmulas para Determinar los Consumos Promedios

$$\text{Máxima demanda promedio (M}_{dp}\text{)} \quad M_{dp} = \frac{\sum_{n=1}^n M_d}{N} \quad (a)$$

$$\text{Energía activa promedio (E}_{ap}\text{)} \quad E_{ap} = \frac{\sum_{n=1}^n E_a}{N} \quad (b)$$

$$\text{Energía reactiva promedio (E}_{rp}\text{)} \quad E_{rp} = \frac{\sum_{n=1}^n E_r}{N} \quad (c)$$

Número de meses (N) = 6

reemplazando los datos de la tabla (A) en las fórmulas (a), (b) y (c) obtendremos:

TABLA (A)

ENERGIA	M_d (kW)	E_a (kW-hr)	E_r (KVAR-hr)
MES			
Octubre 84	3,580	1'768,000	260,000
Nov. 84	3,600	1'664,000	264,000
Dic. 84	3,520	1'952,000	289,600
Enero 85	3,840	2'320,000	396,000
Febrero 85	3,600	1'872,000	356,800
Marzo 85	3,520	1'903,000	360,000
Σ	21,600	11'479,000	1'926,400

$$M_{dp} = 3,600 \text{ kW}$$

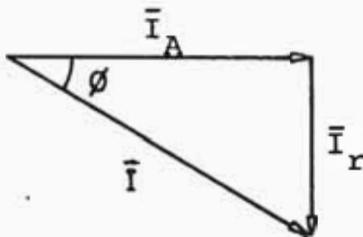
$$E_{ap} = 1'913,200 \text{ kW-hr}$$

$$E_{rp} = 321,000 \text{ KVAR-hr}$$

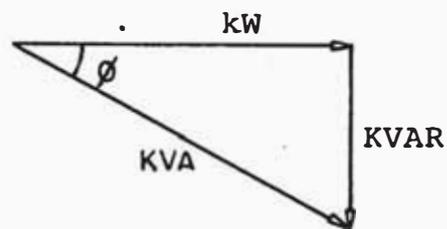
2.3.4 Factor de Potencia

Se denomina así al coseno del ángulo ϕ que forman la corriente que toman las cargas resistivas denominada corriente activa (\bar{I}_a) y la corriente total (\bar{I}), que es la suma vectorial de la corriente (\bar{I}_a) y la corriente que toman las cargas inductivas o capacitivas, denominada corriente reactiva (\bar{I}_r).

Triángulo de corriente



Triángulo de potencia



Este factor nos cuantificará la eficiencia del uso de la energía eléctrica que consume actualmente la planta; en nuestra presente tesis se determinará la cantidad y valor requerido, siendo necesario para el cálculo del $\cos \phi$ tomar datos de las mediciones de los registros de la empresa que grafica los (KW) y los (KVAR) en un diagrama de carga diario, tomaremos el diagrama de una semana típica, gráfico (I), mes de mayor consumo; estos datos se mostrarán en la Tabla (B).

Fórmula para determinar el factor de potencia

$$\cos \phi = \cos \left(\text{arc tg} \left(\frac{\text{KVAR}}{\text{KW}} \right) \right) \quad (d)$$

GRAFICO I

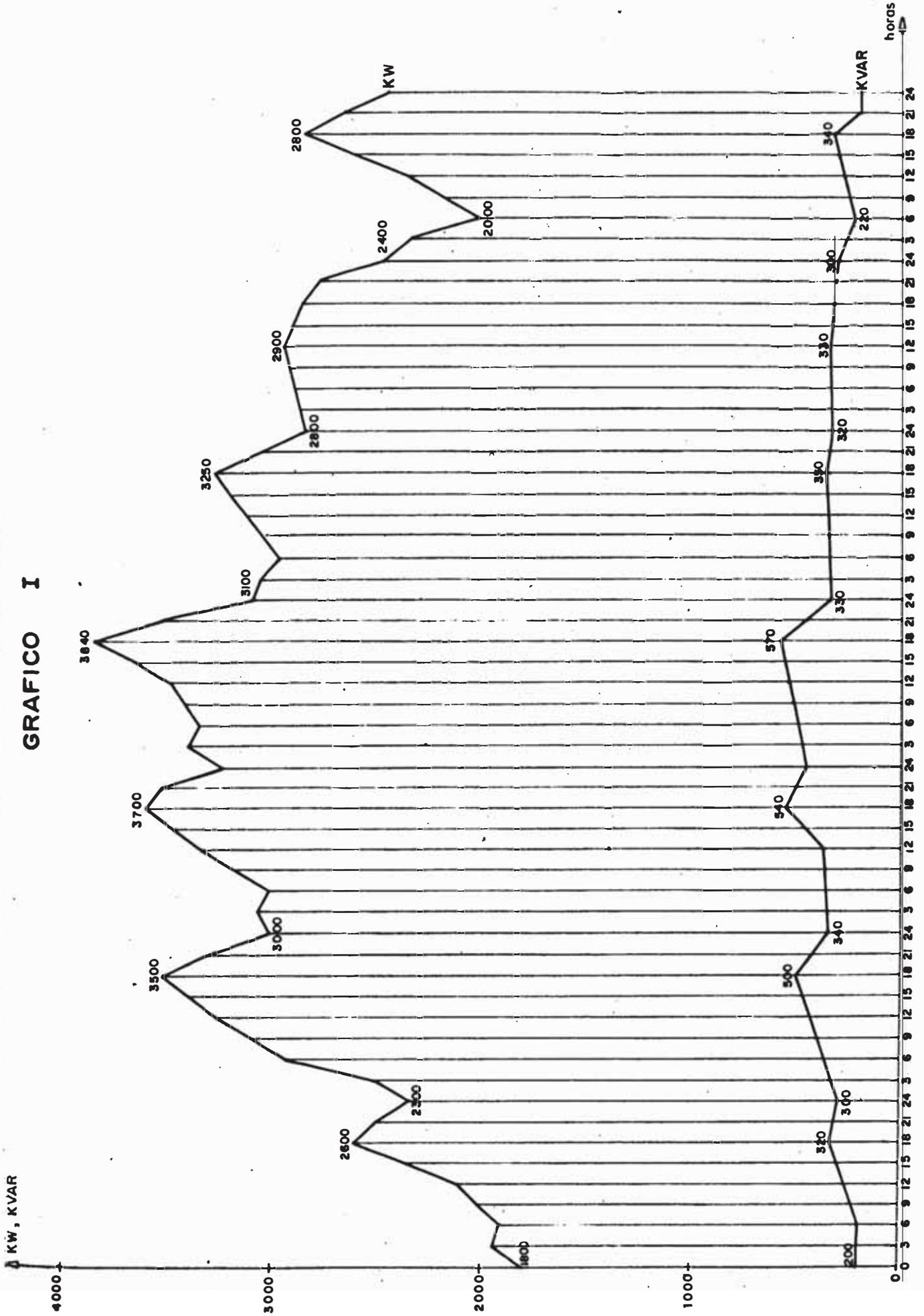


TABLA (B)

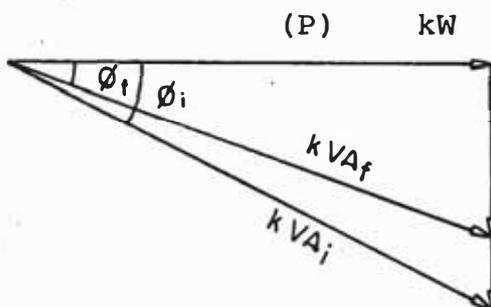
DIA	hrs	DEMANDA	Potencia Activa KW	Potencia Reactiva KVAR	$\cos \phi = \cos (\text{arc tg } \frac{\text{KW}}{\text{KVAR}})$
LUN	18	Máx.	2,600	320	0.9925
	0	Mín.	1,800	200	0.9938
MAR	18	Máx.	3,500	500	0.9899
	0	Mín.	2,300	300	0.9916
MIE	18	Máx.	3,700	540	0.9895
	0	Mín.	3,000	340	0.9936
JUE	18	Máx.	3,840	570	0.9891
	0	Mín.	3,100	330	0.9943
VIE	18	Máx.	3,250	350	0.9940
	0	Mín.	2,800	320	0.9934
SAB	12	Máx.	2,900	330	0.9935
	24	Mín.	2,400	300	0.9922
DOM	18	Máx.	2,800	340	0.9927
	6	Mín.	2,000	220	0.9940

a) Corrección y Compensación del Factor de Potencia

La mejor forma de reducir el consumo de energía reactiva en plantas de grandes y variados tipo de carga es instalado una compensación centralizada mediante un banco de condensadores, ya que esta tiene la ventaja de regulación de carga según consumo, bajo costo, fácil manejo y mantenimiento sencillo y barato.

La potencia reactiva total a compensar debe ser la diferencia entre la demanda de energía reactiva en el momento de máxima carga y la demanda de la energía reactiva - que puede consumirse sin pagar tarifa extra, es decir que una instalación que consume una potencia activa (P) al ser compensada para mejorar su factor de potencia desde un $\cos \phi_i$ hasta un $\cos \phi_f$ necesitará un banco de condensadores cuyo valor estará dado de la siguiente manera.

b) Triángulo de Compensación del $\cos \phi$



$$Q_c = P (\text{tg } \phi_i - \text{tg } \phi_f) \quad (e)$$

Para nuestro caso tomaremos el mayor consumo activo (P), con el ϕ_i mas desfavorable de la tabla (B) o sea $\cos \phi_i = 0.9891, \phi_i = 8.443^\circ$ y que $\cos \phi_f$ a compensar es igual a 1, $\phi_f = 0^\circ$

$$Q_c = 3840 (\text{tg } 8.443^\circ - \text{tg } 0^\circ) = 570 \text{ KVAR}$$

2.3.5 Factor de Demanda y Factor de Simultaneidad

El factor de demanda es la relación de demanda máxima de una carga, entre la potencia total instalada y el factor de simultaneidad; muestra la relación de coincidencia de uso de la demanda máxima del sistema.

Estos dos factores consideran que existe instalaciones donde el funcionamiento de un grupo de artefactos o motores eléctricos es independiente al resto de equipos, que existe grupo de cargas que operan intermitentemente y que no se emplea toda la potencia nominal de cada equipo sistema o motor.

Para la elaboración de nuestro proyecto es necesario determinar valores referenciales del factor de demanda y simultaneidad de c/u de las líneas de cargas actuales y poder así establecer valores que usaremos en la remodelación.

Para dicho efecto hemos realizado mediciones de las corrientes máximas y mínimas de c/u de las líneas de cargas actuales, lográndose elaborar con estos datos las demandas máximas y mínimas de c/u de los sistemas de carga actuales, estos datos son mostrados en el cuadro de características, Tabla (I).

FORMULAS A USAR

$$\text{Factor de demanda del sistema } (f_{ds}) = \frac{\text{M\u00e1xima Demanda}}{\text{Potencia Total Instalada}} \quad (f)$$

$$\text{Factor de simultaneidad del sistema } (f_{ss}) = \frac{\text{M\u00ednima demanda del sistema}}{\text{M\u00e1xima demanda del sistema}} \quad (g)$$

Usando los valores mostrados en el cuadro de características, Tabla I y aplicando las fórmulas f y g, obtenemos la Tabla (C).

TABLA C

Sistema	F_{ds}	F_{ss}
CO ₂	0.70	0.80
Aire	0.90	0.80
Vapor	0.80	0.70
Frío	0.80	0.70
Agua	0.80	0.70
Auxiliares de Casa Fuerza	0.70	0.80
Edificio de Labora les	1	1
Silos y molienda	0.70	0.80
Cócimiento	0.90	0.60
Fermentación y Madu ración	0.70	0.80
Filtrado y Refinado	0.90	0.60
Embotellado	0.80	0.70

CAPITULO 3

ESTUDIO DE LA REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSION

3.1 Memoria Descriptiva de la Remodelación

3.1.1 Generalidades

La Cervecería Modelo está efectuando un proyecto para incrementar su capacidad productiva actual de 840,000 hl/año a 3'840,000 hl/año para cuyo efecto se incrementará la potencia instalada, siendo necesario adecuar y ampliar las instalaciones eléctricas actuales, teniendo por consiguiente que contar con una información acerca de las características de las nuevas instalaciones proyectadas.

Con la finalidad de satisfacer las necesidades futuras de energía eléctrica de las nuevas instalaciones proyectadas se debe tener en cuenta la ubicación de los centros nuevos de carga, ya que estas deben corresponder a las consideraciones de la sectorización de los equipos según pertenezcan a una de las etapas básicas del proceso, por esta razón se determinará y describirá los sectores actuales a ampliarse, siendo estos los siguientes:

- 1) Sector Casa de fuerza
- 2) Sector Elaboración
- 3) Sector Embotellado

3.1.2 Sector Casa de Fuerza

En este sector se cuenta con el equipamiento necesario para mantener y generar los requerimientos de vapor, aire, CO₂, energía eléctrica, frío y agua; estos requerimientos deberán ser incrementados por la ampliación.

Agua

El incremento de suministro de agua será cubierto extrayéndolo de nuevos pozos, por lo que será necesario implementar una nueva red de agua que contará con equipos de circulación y almacenamiento de agua que serán instalados en una área de 1,804.21 mt², debiéndose incrementar el suministro actual de energía eléctrica, para los servicios de alumbrado y fuerza de esta nueva área.

En la tabla I, ítem 5, se detallan las características de este incremento.

Vapor

El incremento de suministro de vapor será cubierto reemplazando los calderos Keeler con 2 nuevos calderos de mayor capacidad, los que contarán con equipos de alimentación de agua y recuperación de condensado.

Estos nuevos equipos serán instalados dentro

de la sección actual de casa de fuerza, debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica.

En la tabla I, ítem 3, se detallan las características del incremento de energía eléctrica del nuevo sistema a instalar.

Aire

El incremento a suministrar de aire será proporcionado por un nuevo compresor, el que será instalado dentro de la sección actual de casa de fuerza, debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica.

En la tabla I, ítem 2, se detallarán las características del incremento de energía eléctrica del nuevo equipo.

CO₂

Debido al incremento de más tinas se podrá recuperar más gas. Este incremento de volumen de gas será recolectado mediante un nuevo sistema recolector de mayor capacidad que reemplazará al actual sistema recolector "Demarkus".

Este nuevo equipamiento estará ubicado en la sección actual de casa de fuerza, debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica.

En la tabla I, ítem 1, se detalla las características del incremento de energía eléctrica del nuevo equipamiento.

Energía Eléctrica

Debido a las instalaciones de nuevos equipos en las diversas secciones de la fábrica, se incrementará la potencia instalada, siendo necesario incrementar la cantidad de sub-estaciones transformadoras.

De cada una de las nuevas sub-estaciones se derivarán en forma independiente la alimentación a los nuevos tableros principales de distribución, desde los cuales se dará suministro de energía eléctrica a los tableros de distribución secundarios de cada una de las nuevas secciones donde se implementará la ampliación.

Frío

El incremento de frío será cubierto con 5 unidades que comprenden, 5 compresores de amoníaco, 5 condensadores evaporativos y un sistema de circulación y procesamiento de amoníaco.

Los 5 nuevos compresores estarán ubicados dentro de la sección actual de casa de fuerza, los 5 condensadores evaporativos estarán ubicados en el techo de la sección actual de casa de fuerza y ocuparán un área de 297.80 m².

El sistema de circulación y procesamiento de amoníaco está compuesto de tuberías de circulación y procesamiento, la primera estación está ubicada en la sección actual de casa de fuerza, la segunda estación es

tá ubicada en el techo del almacén actual de azúcar y ocupará un área de 32 m^2 , la tercera estación estará ubicada detrás de la sección actual de la fase N°2 y ocupará un área de 108 m^2 .

Todo este nuevo equipamiento aumentará la potencia instalada actual debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica.

En la tabla I, ítem 4, se detallan las características del incremento de la energía eléctrica y el requerimiento de área de piso para el nuevo equipamiento.

Varios

Los nuevos equipos a instalar que suministran el incremento de agua, vapor, aire, CO_2 , energía eléctrica y frío cuentan con diversos sistemas auxiliares.

Estos diversos sistemas auxiliares estará ubicados en la sección actual de casa de fuerza, debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica por este concepto.

En la tabla I, ítem 6, se detallan las características de este incremento.

Las instalaciones del edificio de administración serán modificadas por lo que será necesario incrementar el suministro de energía eléctrica por este concepto.

En la tabla I, ítem 7, se detallan las características de este incremento.

3.1.3 Sector Elaboración

En este sector se ampliará la capacidad de molienda, cocimiento y silos, por lo que se construirá un área de 181.25 m² para los nuevos silos, se construirá un edificio de 6 pisos con áreas simétricas dentro del cual se instalará el equipamiento para el nuevo cocimiento que ocupará un área de 1,980.2 m², se instalará el equipamiento para el nuevo sistema de molienda que ocupará un área de 2,796.85 m².

Dado el aumento de capacidad de cocimiento la sala actual de tratamiento de mosto del edificio antiguo será modificado.

Todo este nuevo equipamiento aumentará la potencia instalada en la sección actual de silos, molienda y cocimiento, debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica por este concepto.

En la tabla I, ítem 8 y 9, se detallan las características del incremento de la energía eléctrica y el requerimiento de área de piso para el nuevo equipamiento.

También en esta nueva sección se ampliará la capacidad de fermentación y maduración para lo que se construirá un área de 3,420.5 m² para los nuevos tanques del sistema unitank, los nuevos tanques para almacenar cerve-

za y los nuevos tanques de agua desaireada; se construirá un área de 156 m² para la sala de control del nuevo sistema; se construirá un área de 126 m² para la nueva sala de levadura; se construirá un área de 132 m² para el nuevo sistema CIP de limpieza de los nuevos tanques.

El nuevo equipamiento a instalar en estas nuevas áreas aumentará la potencia instalada en la sección actual de fermentación y maduración, debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica por este concepto.

En la tabla I, ítem 10, se detallan las características del incremento de la energía eléctrica y el requerimiento de área de piso para este nuevo equipamiento.

En la actual área de filtración y refinado se edificará un segundo piso para instalar el nuevo equipamiento de filtrado y refinado, éste ocupará un área de 473 m², debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica por este concepto.

En la tabla I, ítem 11, se detallan las características de este incremento.

3.1.4 Sector Embotellado

En este sector se instalará dos nuevas líneas de embotellado, las que serán ubicadas dentro de la sección actual de embotellado; también se construirá un edificio de 4 pisos con áreas simétricas para el nuevo almacén de cajas, dentro del cual se instalará el equipamiento auxi-

liar futuro ocupando un área de 13,329 m ; el almacenamiento de cajas ocupará un área de 39,987 m², debiéndose incrementar el suministro de energía eléctrica por este concepto.

En la tabla I, ítem 12, se detallan las características del incremento.

3.1.5 Cuadro de Características

Para la elaboración del cuadro de características de la planta (Tabla I) se ha considerado que la energía eléctrica que la fábrica consume, se distribuye a lugares de consumo según sistemas de cargas y en sectores centralizados.

Las cargas que serán alimentadas para el normal funcionamiento de la fábrica, tanto en sus sistemas y sectores productivos, administrativos y de servicios, se clasificarán en dos aspectos.

Cargas de Iluminación.- Viene dada por la relación de cantidad de lux por cada sistema o sector, así como incluye los requerimientos de tomacorrientes para artefactos auxiliares y estarán basadas en las recomendaciones de la Illuminating Engineering Society y según las referencias del Código Eléctrico Peruano, tablas 2C-X-2 y 7A-LXIII-2.

Cargas para Fuerza Motriz.- Viene dada por la suma de las potencias de placa de todos los motores que requiere cada sistema y sector, así como incluye los requerimientos de

de tomacorrientes para equipos auxiliares.

De los archivos de la empresa se tomarán los datos de la potencia motriz instalada y la tensión actual usada, en cuanto a la potencia motriz futura, la tensión y área de piso requerido se ha solicitado datos a los proveedores de las maquinarias, los que han enviado estos datos según los sistemas y sectores y esto es mostrado en la tabla (I).

Todos estos datos son suficientes para hacer el cálculo y diseño de la remodelación de la red de distribución eléctrica actual.

I. SECCION CASA DE FUERZA Y SERVICIOS

ITEM	SISTEMA	DESCRIPCION DE LINEAS	TABLERO DE OPERACION	CIRCUITO	NIVEL ILUMINACION REQUERIDO Lux	POTENCIA MOTRIZ TOTAL kW	MAXIMA DEMANDA kW	MINIMA DEMANDA kW	TENSION Volts	AREA TOTAL REQUERIDA mt ²
1	CO ₂	Recuperación actual CO2 Demarkus y Witteman	TPDA	Celda 21	100	250	175	140	440	-
2	Aire	Recuperación futura CO2 Compresión Actual de Aire Compresión futura Aire	TPDA	Celda 17	100	335	301	241	440	-
3	Vapor	Calderos Keeler N°1 y N°2 Caldero Apin Caldero Futuro N°1 Caldero Futuro N°2	TPDA	Celda 8 Celda 2	250 250	140 200	112 160	79 112	440 440	-
		Caldero Futuro N°1 Caldero Futuro N°2	-	-	-	180	-	-	440	-
		Unidad Actual de Frío N°1 Unidad Actual de Frío N°2 Unidad Actual de Frío N°3	TPDA	Celda 11a Celda 12a Celda 4	100 100 100	374 374 250	300 300 200	210 210 140	440 440 440	-
		Red de Circulación y Tratamiento de Salmuera Torres de Enfriamiento y Aero Condensado	TPDA	Celda 5	250	715	572	400	440	-
4	Frío	Unidad Futura de Frío N°1A Unidad Futura de Frío N°2A Unidad Futura de Frío N°3A Unidad Futura de Frío N°4A Unidad Futura de Frío N°5A Red de Circulación y Tratamiento de Amoniaco	-	-	-	660 660 660 660 660	-	-	2,300 2,300 2,300 2,300 2,300	-
		Condensadores Evaporativos	-	-	200	75	-	-	440	104
		Red Actual de Tratamiento de Agua	TPDA	Celda 9	250	120	96	67	440	-
5	Agua	Red Futura de Circulación y Tratamiento de Agua Red Actual de Circulación de Agua	-	-	200	270	-	-	440	-
6	Varios	Equipo Aux.Actual PK Equipo Aux.Actual PJ Equipo Aux.Futuro	TPDA	Celda 20 Celda 14 Celda 15	250 100 100	260 170 150	208 119 105	146 95 84	440 440 440	- - 1,804.2
7	Labo- rales	Facilidades y Relaciones Laborales Actual Modificaciones Futuras	TPDA	Celda 8a	500	70	66	63	440	-
	Total	Potencia motriz actual 440V Potencia Motriz futura 440V Potencia Motriz Futura 2.3KV	-	-	3,563 Kw 1,780 Kw 4,220 Kw	-	-	-	440	-

II. SECCION ELABORACION

ITEM	SISTEMA	DESCRIPCION DE LINEAS	TABLERO DE OPERACION	CIRCUITO	NIVEL ILLUMINACION REQUERIDO Lux	POTENCIA MOTRIZ TOTAL kW	MAXIMA DEMANDA kW	MINIMA DEMANDA kW	TENSION Volts.	AREA TOTAL REQUERIDA mt ²	
8	Silos Y Molienda	Silos Seever y Molienda Act.	TPDA	Celda 16	100	165	116	92	440	-	
		Silos Buehler Actual	TPDA	Celda 22	100	90	63	51	440	-	
		Silos Y Molienda Futura	-	-	100 200	300	-	-	440 440	2,978.1	
9	Cocimiento	Cocimiento Actual-Center N°1	TPDA	Celda 11	250	155	139	84	440	-	
		Cocimiento Actual-Center N°2	TPDA	Celda 12	250	250	225	135	440	-	
		Tratamiento de Mosto Actual	TPDA	Celda 17	250	70	63	38	440	-	
10	Fermen-tación y Madura-ción	Cocimiento Futuro	-	-	300	530	-	-	440	1,980.2	
		Tratamiento de Mosto Futuro	-	-	-	120	-	-	440	-	
		Bodegas A,B, Equipo CIP Actual	TPDA	Celda 17	100	250	175	140	440	-	
11	Filtro y Refina-do	Bodega C y Fase N°2 Actual	TPDA	Celda 9a	100	345	241	194	440	-	
		Tanques Unitank, para Almacenar Cerveza, Tanques agua Desaireada futuro	-	-	200	250	-	-	440 440	3,420.5	
		Equipo CIP, Sala de Control Sala de Levadura Futura	-	-	300	310	-	-	440 440	414	
TOTAL	TOTAL	Refinación Actual	TPDA	Celda 17	250	150	135	81	440	-	
		Filtración Actual	TPDA	Celda 9a	250	115	103	62	440	-	
		Refinación y Filtración Futura	-	-	300	300	-	-	440	473	
						1,590					
						1,810					

III. SECCION EMBOTELLADO

ITEM SISTEMA	DESCRIPCION DE LINEAS	TABLERO DE OPERACION	CIRCUITO	NIVEL ILUMINACION REQUERIDO Lux	POTENCIA MOTRIZ TOTAL kW	MAXIMA DEMANDA kW	MINIMA DEMANDA kW	TENSION	AREA TOTAL REQUERIDA mt ²
12. Embotellado	Equipo Actual de Embotellado N°1	TPDA	Celda 7	500	250	200	140	440	-
	Equipo Actual de Embotellado N°2	TPDA	Celda 3	500	300	240	168	440	-
	Equipo Futura de Embotellado N°3	TPDF-1A	-	-	510	-	-	440	-
	Equipo Futura de Embotellado N°4	-	-	-	510	-	-	440	-
	Equipamiento Auxiliar-Futuro	-	-	-	110	-	-	440	10,500
	Equipo de Almacén de Cajas-Futuro	-	-	-	170	-	-	440	42,600
TOTAL	Potencia Motriz Actual 440V				550				
	Potencia Motriz Futura 440V				1,300				

3.2 Alcances del Proyecto

3.2.1 Generalidades

El aumento previsto de la demanda del producto según los índices de la venta, ha sido el principal motivo para realizar un programa de ampliación de la capacidad de producción, teniéndose por consiguiente que remodelar las instalaciones eléctricas actuales de la Cerv. Modelo.

El programa de ampliación incluye la edificación de nuevas áreas de molienda, cocimiento, silos, fermentación, bodegas, nuevo almacén de cerveza; la instalación de nuevos equipamientos para las nuevas áreas, así como para la sección actual de casa de fuerza; la adecuación de las instalaciones eléctricas existentes, la instalación de una nueva sub-estación principal en 60 kV/10 kV que contará con un local y equipamiento apropiado para la recepción y alimentación en 60 kV/10 kV, la instalación de una nueva red de distribución en 10 kV, la cual se instalará en forma subterránea, la instalación de dos nuevas sub-estaciones, una en 10 kV/2.3 kV que contará con un local y equipamiento apropiado para la recepción y alimentación en 10 kV/2.3 kV, otra en 10 kV/440 V que contará con un local y equipamiento apropiado para la recepción y alimentación en 10 kV/440 V.

La implementación del proyecto de ampliación se hará según un cronograma de instalación de cargas eléctricas en base a un acuerdo con Electrolima.

En la primera etapa se tiene que actualmente la carga contratada en 10 kV es 5,600 kW, siendo la potencia total instalada de 6,900 kW, en la segunda etapa se instalará la sub-estación en 10 kV/2.3 kV, en la tercera etapa se incrementará la potencia contratada en 10 kV a 7,200 kW y la sub-estación en 10 kV/2.3 kV a operar a plena carga, en la cuarta etapa se incrementará la potencia contratada en 10 kV a 8,400 kW y se instalará la sub-estación en 10 kV/440V, en la quinta etapa se instalará la sub-estación principal en 60 kV/10 kV y deberá operar a plena carga la sub-estación en 10 kV/440 V.

Nuestro trabajo de la presente tesis comprenderá el diseño y cálculo de los siguientes sistemas de distribución a ampliar:

- I. Sistema de Distribución en 10 kV
 - a) Diseño y cálculo de la nueva red de distribución en 10 kV
 - b) Especificaciones técnicas de equipos y materiales para 10 kV
 - c) Especificaciones de montaje de equipos para 10 kV

- II. Sistema de Distribución en 2.3 kV
 - a) Diseño y cálculo de la nueva sub-estación en 10 kV/2.3 kV
 - b) Cálculo y diseño del Esquema Unifilar de distribución en 2.3 kV
 - c) Especificaciones técnicas generales para materiales y equipos en 2.3 kV

III. Sistema de Distribución en 440 V

- a) Diseño y cálculo de la nueva sub-estación en 10 kV/440 V
- b) Cálculo y diseño del Esquema Unifilar de distribución en 440V
- c) Especificaciones técnicas generales para materiales y equipos en 2.3 kV

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DE CARGAS ELECTRICAS

FECHA	CARGA EN 440 V (KW)	CARGA EN 2.3 V (KW)	CARGA TOTAL (KW)	OBSERVACIONES
Enero 85	3840	-	3840	Incrementar la carga contratada de 10 kV a 5600 kW
Enero 85 Dic. 85	3840	1260	5100	Instalación de la Subestación N°3
Enero 86 al Dic. 86	3840	2520	6360	Incrementar la carga contratado de 10 kV a 7,200kW Subestación N°3 operado a plena carga.
Enero 87 al Dic. 87	5420	2520	7940	Incrementar la carga contratada de 10 kV a 8,400 kW, instalación de la Subestación N°2
Enero 88 al Dic. 88	7000	2520	9520	Instalación de la Subestación de 60 kV/10 kV Subestación N°2 operando a plena carga.

3.3 Condiciones Generales de Ejecución

3.3.1 Generalidades

Las presentes condiciones generales y especificaciones técnicas se refieren al proyecto de la ampliación de las instalaciones eléctricas para la Cervecería - Modelo de propiedad de la Cía. Nacional de Cerveza S.A., ubicada en el distrito Carmen de la Legua-Callao.

Este estudio ha sido elaborado en función de la ampliación de la capacidad instalada de la Cervecería Modelo

3.3.2 Ejecución de las Obras

a) Los planos, especificaciones técnicas, metrados y presupuesto base comprenden todos los elementos requeridos para ejecutar, probar y poner en operación los sistemas eléctricos proyectados. Todo el diseño de estas instalaciones se ha efectuado tomando como base las siguientes publicaciones oficiales.

- Código eléctrico del Perú

- Reglamento nacional de construcciones

b) Todo trabajo, material o equipo que apareciera en solo uno de los documentos o faltantes en el proyecto y que se necesita para complementar las instalaciones eléctricas, serán suministradas, instalados y probados por el contratista, el cual notificará por escrito al propietario su omisión y valorizará su

costo al momento de la licitación.

En caso de no hacerlo, las eventuales infracciones u omisiones de acuerdo a las leyes, reglamentos y ordenanzas de las autoridades competentes; serán asumidas por el contratista sin costo alguno para el propietario.

- c) Cualquier cambio durante la ejecución de las obras - que obligue a modificar el proyecto original, será resultado de consulta y aprobación del propietario.
- d) El contratista, para la ejecución de las obras correspondientes a las instalaciones eléctricas deberá verificar este proyecto con los proyectos de agricultura, estructura e instalaciones sanitarias, con el objeto de evitar interferencias en la ejecución de la misma. En caso de encontrar interferencia deberá comunicar por escrito a la oficina técnica de supervisión dado que su omisión significará al contratista asumir el costo resultante de las modificaciones requeridas.
- e) Si el contratista durante ejecución de las obras, requiere usar energía eléctrica, deberá hacerlo asumiendo por su cuenta los riesgos que ocasiona su instalación y empleo.
- f) El contratista de instalaciones eléctricas ejecutará la alimentación eléctrica desde la subestación cen-

tral N°821 hasta los nuevos tableros principales de distribución eléctrica; así como alimentará los tableros de protección y control inclusive.

- g) El contratista deberá entregar al propietario los planos del replanteo de obra correspondiente.
- h) Los alimentadores principales de cada planta deberá ser debidamente identificados con placas numeradas y siguiendo las claves indicadas en los planos.
- i) El contratista deberá presentar al propietario por escrito las indicaciones de identificación de cada sistema
- j) El contratista deberá entregar al propietario al momento de la recepción de obras las instrucciones de mantenimiento de equipos e instalaciones.

3.3.3 Materiales

- a) El propietario se reserva el derecho de pedir muestras de cualquier material.
- b) En el proyecto donde se especifique materiales, equipos, aparatos de determinados fabricantes, nombre comercial o número de catálogo, se entiende que dicha designación es para establecer una norma de calidad y estado.

La propuesta deberá indicar todas las características de los materiales y equipos como nombre de fabricante, tamaño, modelo, capacidad, etc.

Las especificaciones de los fabricantes referentes a la instalación de sus equipos deberán ser reguladas y pasarán a formar parte de las especificaciones del proyecto.

- c) Si los materiales son instalados antes de ser aprobados, el propietario puede hacer retirar dichos materiales sin costo alguno, cualquier gasto ocasionado por este motivo será por cuenta del contratista.
- d) Los materiales a usarse deben ser nuevos de reconocida calidad de primer uso y de utilización en el mercado nacional e internacional.
- e) Cualquier material que llegase defectuoso a la obra o se malogre durante su ejecución será reemplazado por otro igual en buen estado.
- f) Los materiales deben ser guardados en obra en forma adecuada sobre todo siguiendo indicaciones dadas por los fabricantes y manuales de instalaciones. Si por este motivo, se ocasionaran daños en los mismos, deberán ser reparados o sustituidos por el contratista sin costo alguno para el propietario.

3.3.4 Dirección e Inspección de Obras

a) Dirección

Durante la ejecución de obra el contratista deberá tener a tiempo completo un ingeniero Mecánico-Electricista residente, dirigiendo la obra, el que debe-

rá cumplir las siguientes funciones:

- 1) Estudio y presentación por escrito al propietario de todas las consultas inherentes a la interpretación de los planos antes de iniciarse la obra.
- 2) Dirección personal de los trabajos eléctricos coor
dinados con todos los aspectos del proyecto y siguiendo las consideraciones generales.
- 3) Actualización constante de los planos con todas las indicaciones necesarias de variaciones, ubicadas y aclaraciones para permitir al propietario contar al final de la ejecución con datos suficientes para el correspondiente mantenimiento.

b) Inspección

Durante la ejecución de obra el propietario tendrá un ingeniero que supervisará el trabajo del contratista.

El ingeniero supervisor de las instalaciones eléc
tricas deberá conocer la totalidad del proyecto al iniciarse la obra.

Durante todo el tiempo que dure la ejecución de obra, el ingeniero supervisor deberá vigilar que el contra
tista cumpla con todas las exigencias del proyecto tanto en material como en mano de obra.

Debiendo constatar personalmente las ubicaciones, ca
libres y pruebas de los sistemas.

El ingeniero supervisor recepcionará la obra en su totalidad y presentará al propietario la obra funcionando y con los planos actualizados por el contratista para que el personal de mantenimiento se haga cargo de la obra.

c) Terminación por Negligencia

Si el contratista no llevara la obra o cualquier parte de ella con la debida diligencia para asegurar su buena ejecución o su terminación en el tiempo especificado en el contrato o cualquier extensión acordada previamente, el propietario previo aviso por escrito al contratista podrá dar por terminado el contrato o parte del trabajo que este demorando.

En dichos casos el propietario podrá llevar a cabo el trabajo hasta su terminación, por contrato o por administración directa y el contratista será responsable por cualquier exceso de costo que estos ocasionen al propietario por daños y perjuicios.

Si el propietario diera por terminado el contrato, - tomará posesión y utilizará para completar la obra, todos los materiales, herramientas, etc. que el contratista tenga en ella.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSION

4.1 Criterio y Especificaciones de Diseño

A. Generalidades

Los siguientes criterios y especificaciones establecerán los parámetros de diseño para la remodelación de las instalaciones eléctricas de la Cervecería - Modelo, que tendrá una capacidad de producción de 3'840,000 HL/año; estará ubicada en el distrito de Carmen de la Legua-Callao á 110 mts s.n.m., donde la temperatura ambiente varía entre 10°C y 36°C y la humedad relativa varía entre 82% y 96%.

B. Niveles de Tensión

Los niveles de tensión a usarse en la ampliación estarán de acuerdo con las normas de distribución primaria y secundaria N°009-TD-1 del Ministerio de Energía y Minas. Se establecerá un acuerdo entre la Cía. Nacional de Cerveza y Electrolima para fijar un cronograma de implementación de cargas y niveles de tensión del proyecto de ampliación.

Distribución Primaria

10 kV

3 ϕ , tres hilos, 60 Hz.

Distribución Secundaria

a) Fuerza
.....

En 2.3 kV

3 ϕ , tres hilos, 60 Hz

En 440V

3 ϕ , tres hilos, 60 Hz

b) Alumbrado
.....

En 220V (oficinas y locales industriales)

3 ϕ , tres hilos, 60 Hz

En 440V (externo)

3 ϕ , tres hilos, 60 Hz

c) Control, Señalización y Medición
.....

En 110 V

1 ϕ , 60 Hz

C. Red de Distribución Primaria

Debido a que por ampliación se instalará mayor número de líneas de producción y generación de servicios es recomendable por cuestión técnica y económica dar mayor flexibilidad y seguridad de operación a la planta, esto se logra repartiendo el incremento de la nueva demanda en varios circuitos o redes independientes

Por consiguiente, la nueva red de distribución eléctrica empleará 4 ternas independientes en 10 kV, las

que serán proyectadas desde la nueva subestación en 60 kV/10 kV de Electrolima, ubicada cerca de la subestación N°821 de Electrolima, hasta los locales de las nuevas subestaciones según se muestra en el plano RCM-005.

Esta nueva red de distribución eléctrica se instalará en forma subterránea, por dar mayor garantía de servicio, y estará ubicada la fábrica en un sector de radio urbano; se usará para la proyección de esta nueva red el mismo recorrido de los ductos y buzones actuales, las que se ampliarán de ser necesario para así llegar hasta las ubicaciones de las nuevas subestaciones.

Para la determinación de los cables alimentadores en 10 kV se tendrá en cuenta el tipo de uso, forma de instalación, grado de protección contra efectos térmicos y mecánicos, costo y mantenimiento, usaremos entonces cables alimentadores en 10 kV del tipo NKY con conductor de cobre electrolítico.

En las cruzadas subterráneas se usará ductos de concreto vibrado de 4 vías y de 9 cm de diámetro interior.

Para seleccionar la sección del cable alimentador en 10 kV se tomaron valores aconsejados en las Tablas de los fabricantes; estos están basados en datos que corresponden a casos de uso normal en la práctica.

Estos consideran una profundidad de instalación de 70 cm, temperatura máxima del conductor 70°C, temperatura del terreno 20°C, resistividad térmica del terreno 100°C x cm/Watt, si las condiciones son diferentes debe considerarse factores de corrección para así determinar que el cable trabaje en mejores condiciones con rendimiento óptimo y máxima duración.

En nuestro caso tenemos que la profundidad de tendido es 0.80 mts, la resistividad del terreno es 120°C x cm/Watt, la temperatura del terreno: 20°C, entonces consideraremos los siguientes factores de corrección tomados de los catálogos de fabricantes de cable de producción nacional. (Ver Apéndice)

TABLA D

Factores de Corrección

1) Profundidad del tendido 0.80 mts.	$f_{cp} = 0.98$
2) Resistividad del terreno 120°C x cm/W	$f_{cr} = 0.95$
3) Agrupamiento de 2 cables multifilares en 1 ducto de 4 vías	$f_{ca} = 0.86$
4) Agrupamiento de 4 cables multifilares en 1 ducto de 4 vías	$f_{ca} = 0.71$
5) Temperatura del terreno 20°C	$f_{ct} = 1.00$

La cabeza terminal de los cables alimentadores en 10 kV será de fundición hermética, rellenas con masa compound para alta tensión, previa protección de los conductores, los aisladores será para 10 kV de tensión cuando sea requerido empalmes y derivaciones,

éstos serán hechos con juego de empalmes de fábrica, conteniendo los materiales aislantes y conectores de acuerdo al calibre y el tipo de aislamiento del cable.

D. Sub-estaciones

Las nuevas subestaciones serán para instalación interior y de superficie; las dimensiones y las variantes que definen el diseño están involucrados en dos aspectos.

- a) Obras civiles
- b) Obras eléctricas

a) Obras Civiles

Constituido por todo lo referente a la construcción y reacondicionamiento de edificaciones, canales, chimeneas, etc., necesarios para la implementación de las subestaciones.

b) Obras Eléctricas

Constituido por 2 sectores, el de alta tensión, en la que comprende los interruptores de potencia, barras de alta, celdas de transformación, etc., y el de baja tensión que comprende el tablero de distribución, barras de baja tensión y equipamiento eléctrico.

La ubicación de las nuevas subestaciones debe jugar el aspecto de cercanía de la subestación -

principal del concesionario y el aspecto del centro teórico o de gravedad de cargas, escogeremos por razones de orden técnico, económico y facilidad de acceso, áreas libres de la sección actual de casa de fuerza ya que estas cumplen con los aspectos antes mencionados; además de que estos emplazamientos brinda buen aspecto estético y facilidad de operación.

Los detalles de la ubicación se muestran en el plano RGM-006.

La cantidad de las nuevas subestaciones debe estar definida de acuerdo a las características de la nueva red de distribución eléctrica y de acuerdo a los diferentes niveles de tensión por lo cual tendremos:

La 1ra nueva subestación en 10 kV/2.3 kV que consiste:

- celdas de llegada a 10 kV
- celdas de transformación en 10 kV/2.3 kV
- tablero de distribución principal en 2.3 kV

La 2da nueva subestación en 10 kV/440V que consiste

- celdas de llegada a 10 kV
- celdas de transformación en 10 kV/440V
- tablero de distribución principal en 440 V

Las celdas de llegada a 10 kV contarán con interruptores principales en 10 kV, de desconexión au

tomática y operación manual; del tipo extraíble, en volumen reducido de aceite, por ser estos de fácil maniobra, bajo costo y alta seguridad de operación, poseerán además elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Las celdas estarán montadas sobre canaletas para facilitar la acometida y la ventilación, estarán acopladas mediante barras a los interruptores principales.

Los criterios para seleccionar las barras de alimentación en media y baja tensión deberán tener en cuenta la capacidad de corriente, la frecuencia de oscilación y los esfuerzos y efectos térmicos de la corriente de cortocircuito.

Las barras de alimentación para las tensiones de 10kV serán de sección circular y de cobre debido a su igual resistencia mecánica en cualquier dirección y porque disminuyen el efecto corona.

Las barras de alimentación para la tensión 2.3 kV y 440V será de sección rectangular y de cobre debido a que pueden disipar mejor el calor.

Para la elección de los transformadores de potencia los factores que tomarán en cuenta serán el precio, las pérdidas en vacío, temperatura de operación, capacidad de soportar sobrecargas y cortocircuitos, variación de tensión y porcentaje de impedancia de cortocircuito.

El diseño de las celdas de transformación deben cumplir con el requisito de una buena ventilación natural o forzada en los casos que se necesite, así como sus dimensiones deberán cumplir con los requisitos de seguridad para la operación y mantenimiento.

Usaremos transformadores del tipo convencional con tanque en baño de aceite y con refrigeración natural al aire; serán conectados en triángulo en el primario y en estrella en el secundario con neutro accesible.

Estos transformadores contarán con dispositivos de protección, vigilancia y desconexión.

Por regla general, los tableros de distribución principales en tensiones de 2.3 kV se prefieren blindados, debido a que brindan protección tanto al personal como al equipamiento, contra la humedad y el polvo; estos serán por consiguiente del tipo autosoportado, construido con estructuras de ángulo y con tapas de plancha de Fe de 2 mm de espesor y estarán especificados de acuerdo con las normas del NEMA 12.

Los tableros de distribución principales contarán con seccionadores uno para cada transformador, siendo estos de accionamiento manual.

Los circuitos derivados de cada uno de los tableros de distribución principal tendrán en cuenta la intensidad nominal, clase de protección y accesibilidad,

usaremos entonces interruptores trifásicos de disparo termomagnético de accionamiento manual y para operación a 440 V o 2.3 kV según sea el caso.

E) Red de Distribución Secundaria

Se ha elegido el sistema radial simple es decir que los diversos subtableros de distribución son alimentados del tablero de distribución principal en forma independiente, esto brinda mayor flexibilidad de operación y economía por el uso de cables y dispositivos de protección de menor magnitud.

La nueva red de distribución se instalará en ductos metálicos adosados al techo o pared por razones estéticas y de seguridad; siendo el tamaño mínimo de la tubería de 3/4" ϕ .

El cable alimentador de cada uno de los circuitos de 2.3 kV serán del tipo unipolar N2YSY a 5 kV con conductor de cobre debido a que proporciona inmejorables características dieléctricas y es de fácil instalación.

El cable alimentador de cada uno de los circuitos en 440 V serán del tipo unipolar TWH a 600 V con conductor de cobre a su alta resistencia dieléctrica y fácil manipulación.

Para el cálculo de los cables alimentadores de cada uno de los circuitos en 2.3 kV o 440V se deberá tener en cuenta la corriente nominal, así como factores

J) Potencia de Cortocircuito

Esta es de 500 MVA según, dato de Electrolima, y para efecto de cálculo de la corriente de choque consideraremos el caso más desfavorable ($\tau = 1.8$).

K) Puesta a Tierra

Comprende dos sistemas una para alta tensión y otro para baja tensión, uno para los transformadores y parte metálica del equipo de baja tensión, y otro para la puesta a tierra del equipo de alta tensión.

Para la conexión del neutro de los transformadores se usará conductores de Cu, así como para el tablero principal de distribución y para las celdas de alta tensión se usará conductores de Cu, la resistencia de tierra será $< = a 25 \Omega$ según recomendaciones del C.E.P. Capítulo VIII.

L) Aplicaciones de Códigos y Reglamentos

Son válidos para todo lo no especificado en el presente proyecto las prescripciones del Código Eléctrico del Perú, el Reglamento de Construcciones, así como las normas internacionales NEMA, V.D.E y C.E.I.

de corrección dados por los fabricantes, entonces tendremos: (Ver Apéndice)

temperatura ambiente $t_o = 25^{\circ}\text{C}$ $f_t = 1.07$

agrupamiento de 2 cables
en un ducto $f_a = 0.90$

F) Alumbrado

El cálculo del alumbrado y nivel de iluminación estará de acuerdo con las recomendaciones del Código Eléctrico del Perú, Capítulo II y Capítulo VII.

G) Máxima Demanda Futura

Se considera que el comportamiento energético futuro tendrá la misma tendencia que la actual, por lo que escogeremos factor de demanda y simultaneidad calculado anteriormente (Tabla C).

H) Caída de Tensión y Pérdida de Potencia

La sección del alimentador deberá ser tal que no exceda la caída de tensión en 5% de la tensión de alimentación y la pérdida de potencia no exceda en 3% de la potencia a transmitir estando de acuerdo con el Código Eléctrico del Perú.

I) Factor de Potencia

El factor de potencia promedio de todos los motores a instalar será asumido como $\cos \phi = 0.80$ considerando que estadísticamente en fábrica similares el $\cos \phi$ tiene este valor.

4.1.1 Cálculo de la Capacidad Real de la Acometida Actual

Se tiene que la acometida actual en 10 kV (ver referencia plano RGM-002) es realizada por 2 ternas independientes de cable multipolar de $3 \times 70 \text{ mm}^2$ del tipo NKY.

La corriente nominal (I_n) que este cable puede suministrar cuando es instalado en ductos enterrados es 210A.

La corriente real (I_{rc}) que puede soportar este cable será afectado por los factores de corrección de la siguiente manera.

$$I_{rc} = I_n \times f_{cp} \times f_{ct} \times f_{cr} \times f_{ca} \quad (1)$$

$$I_{rc} = 210 \times 0.98 \times 1.00 \times 0.95 \times 0.86$$

Reemplazando datos de la tabla (C) en (1)

$$I_{rc} = 168.13 \text{ Amp}$$

A) Cálculo de la Capacidad Actual de Suministro (P_{sr})

Como actualmente la acometida es de 2 ternas independientes de cable multipolar de $3 \times 70 \text{ mm}^2$ en 10 kV y del tipo NKY tendremos que:

$$P_{sr} = 2 \times I_{rc} \times \sqrt{3} \times V \times \cos \phi \quad (2)$$

De acuerdo a la Tabla (B) tenemos que actualmente el $\cos \phi$ promedio de la planta es $\cos \phi = 0.990$ reemplazando datos en (2)

$$P_{sr} = 5,765.90 \text{ KW}$$

P_{sr} = capacidad actual de suministro

M_{da} = máxima demanda actual

Actualmente se sabe que la planta cuenta con 2 transformadores en 10 kV/440 V con capacidad de 2,500 KVA cada uno.

4.1.2 Cálculo de la Potencia Instalada y Máxima Demanda Futura

A) Cálculo de la potencia total instalada futura (P_{IF})

$$P_{IF} = P_{if} + P_{iA} \quad (1)$$

P_{if} = potencia total motriz futura

P_{iA} = potencia total de alumbrado futuro

B) Cálculo de la potencia total motriz futura (P_{if})

La carga total motriz futura es igual a la suma de las cargas motrices que se requiere incrementar en cada una de las secciones, entonces de la tabla de características, Tabla (I)

Sección Casa de Fuerza y Servicios

Potencia total motriz en 440V	1,780 kW
Potencia total motriz en 2.3 kV	4,220 kW

Sección Elaboración

Potencia total motriz en 440V 1,810 kW

Sección Embotellado

Potencia total motriz en 440V 1,300 kW

Total = 9,110 kW

$$P_{if} = 9,110 \text{ kW}$$

C) Cálculo de la Carga de Alumbrado Futuro (P_{iA})

Para este cálculo tendremos en cuenta los factores que influyen en la percepción visual de los objetos como son la iluminación, contraste, sombra, deslumbramiento y condiciones ambientales.

Consideraremos que el alumbrado se realizará en 2 áreas típicas:

- a) Area no techada
- b) Area techada

a) Determinación de Requerimiento de Alumbrado en Areas Techadas

Para el alumbrado en áreas con techo, pared y piso consideraremos el uso de iluminación semidirecta con lámparas fluorescentes protegidas contra polvo y humedad cuyo rendimiento promedio es de 70 lúmenes/Watt; estimaremos que el porcentaje de reflexión de techo es 50% y el porcentaje de reflexión de pared 30%.

Fórmulas a usar

$$\text{Índice de local} = \frac{\text{Ancho} \times \text{largo}}{\text{altura de montaje (Ancho+largo)}} \quad (\text{a})$$

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{Nivel de Iluminación} \times \text{Area}}{\text{Coeficiente de utilización} \times \text{Coeficiente de conserv.}} \quad (\text{b})$$

$$\text{KWatts requerido} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Rendimiento promedio} \times 1,000} \quad (\text{c})$$

Coeficiente de Utilización

Es un factor que toma en cuenta el índice de local, el sistema de iluminación, el tipo de luminaria y la reflexión de las paredes, el techo y suelo.

Coeficiente de Conservación

Es un factor que toma en cuenta las condiciones ambientales y la frecuencia de mantenimiento y re_uposición de la luminaria.

b) Determinación de Requerimiento de Alumbrado en Áreas no Techadas

Para el alumbrado en áreas expuestas a la interpe_rrie consideraremos el uso de proyectores cerrados con lámpara de vapor de sodio de rendimiento promedio de 60 lúmen/Watt

Estimaremos que el coeficiente del uso del haz:

0.70 y que el coeficiente de conservación: 0.65

(recomendación del Manual del Alumbrado Westinghouse)

Fórmulas a usar

$$\text{Lúmen} = \frac{\text{Nivel de iluminación} \times \text{Area}}{\text{Coef. de uso del haz} \times \text{Coef. de conservación}} \quad (\text{d})$$

$$\text{Kwatt requerido} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Rendimiento} \times 1,000} \quad (\text{e})$$

En nuestro presente proyecto se necesitará iluminar las siguientes áreas según se muestra en (Tabla II); y usando las fórmulas (a), (b), (c), (d) y (e), obtendremos la Tabla III.

TABLA II

SECCION CASA DE FUERZA Y SERVICIOS

REQUERIMIENTOS	TIPO DE LOCAL	AREA m ² L x A	NIVEL DE ILUMINACION (Lux)	
Sistema de circulación y Tratamiento de Agua	no techado	1,804.2	200	
Condensadores evaporativos	no techado	297.8	200	
Sistema de Circulación y Tratamiento de Amoniaco	no techado	140.1	200	
<u>SECCION ELABORACION</u>				
REQUERIMIENTOS	TIPO DE LOCAL	AREA m ² L x A	ALTURA DE MONTAJE (h) mts	NIVEL DE ILUMINACION (Lux)
Sistema de Silos	techado	12.5x 14.5	6	100
Sistema de Molienda	techado (3 pisos)	30.5x 32.5	6	200
Sistema de Cocimiento	techado (2 pisos)	30.5x 32.5	11	300
Tanques de Fermentación y Maduración, Tanques de Almacena - miento, Tanques de Agua Des - aireada	no techado	3,420.5	-	200
Sistema CIP, Sala de Control, Sala de Levadura	techado	69x6	3.3	300
Sistema de Refinación y Fil - tración	techado	43x11	3.3	300

SECCION EMBOTELLADO

REQUERIMIENTOS	TIPO DE LOCAL	AREA m ² L x A	ALTURA DE MONTAJE (h)mts	NIVEL DE ILUMINA CION (Lux)
Sistema de Servicios Auxiliar	techado (1 piso)	210x74	4.8	200
Almacén de Cerveza	techado (3 pisos)	210x74	4.8	100

TABLA III

REQUERIMIENTO DE ALUMBRADO SECCION CASA DE FUERZA Y SERVICIOS (P_{ac})

REQUERIMIENTOS	COEFICIENTE DE USO	COEFICIENTE DE CONSERVACION	KW REQUERIDO
Sistema de Circulación y Tratamiento de Agua	0.7	0.65	13.21
Condensadores Evaporativos	0.7	0.65	2.18
Sistema de Circulación y Tratamiento de Amoniaco	0.7	0.65	1.02
		TOTAL	16.41

REQUERIMIENTO DE ALUMBRADO SECCION ELABORACION (P_{aE})

REQUERIMIENTOS	INDICE DE LOCAL	COEFICIENTE DE USO	COEFICIENTE DE CONSERVAC.	KW REQUERI DO
Sistema Silos	H	0.37	0.60	1.16
Sistema Molienda	C	0.59	0.60	24.10
Sistema Cocimiento	F	0.47	0.60	30.13
Tanques de Fermentación y duración, Tanques de Al- macenamiento, Tanque de Desaireada	-	0.7	0.65	25.10
Sistema CIP, Sala de Con - trol, Sala de Levadura	F	0.47	0.60	6.29
Sistema de Refinación	Fil D	0.56	0.60	6.03
			TOTAL	92.84

REQUERIMIENTO DE ALUMBRADO SECCION EMBOTELLADO (P_a)

REQUERIMIENTO	INDICE DE LOCAL	COEFICIENTE DE USO	COEFICIENTE DE CONSERVACION	KW REQUERIDO
Sistema de Servicios Auxiliares	A	0.65	0.60	76.92
Almacén de Cerveza	A	0.65	0.60	115.38
			TOTAL	192.23

Carga Total de Alumbrado Futuro (P_{iA})

$$P_{iA} = P_{ac} + P_{aE} + P_{ae} \quad (2)$$

$$P_{iA} = 16.41 + 92.48 + 192.23 = 301.12 \text{ KW}$$

$$P_{iA} = 301.12 \text{ KW}$$

Potencia Total Instalada Futura (P_{IF})

$$P_{IF} = P_{if} + P_{iA} \quad (3)$$

$$P_{IF} \text{ 2.3 kV} = 4,220 \text{ KW}$$

$$P_{IF} \text{ 440V} = 4,890 \text{ KW}$$

$$P_{iA} \text{ 440V} = 301.12 \text{ KW}$$

$$P_{IF} = 4,220 + 4,890 + 301.12 = 9,411.12 \text{ KW}$$

$$P_{IF} = 9,412 \text{ KW}$$

D) Cálculo de la Máxima Demanda Futura (M_{DF})

$$M_{DF} = \text{Máxima Demanda Futura}_{2.3 \text{ kV}} + \text{Máx. Demanda Fut.}_{440 \text{ V}} \quad (4)$$

a) Máxima Demanda Futura 2.3 kV ($M_{Df2.3 \text{ kV}}$)

$$M_{Df2.3kV} = P_{if \text{ 2.3 kV}} \text{ fd x fs} \quad (a)$$

b) Máxima Demanda Futura 440 V ($M_{Df 440V}$)

$$M_{Df440V} = P_{if \text{ 440V}} \text{ fd x fs} \quad (b)$$

a) $M_{Df 2.3 \text{ kV}}$

$$P_{if \text{ aire}} \text{ x fd x fs} = 920 \text{ x } 0.9 \text{ x } 0.8 = 662.40 \text{ KW}$$

$$P_{if \text{ frío}} \text{ x fd x fs} = 5 \text{ x } 660 \text{ x } 0.8 \text{ x } 0.7 = \underline{1,848.00 \text{ KW}}$$

$$\text{TOTAL} \quad 2,510.40 \text{ KW}$$

$$M_{Df2.3 \text{ kV}} = 2,510.4 \text{ KW}$$

b) Máxima Demanda Motriz Futura en 440 V ($M_{Df 440V}$)

- Casa de Fuerza y Servicios

$$P_{if \text{ CO}_2} \text{ fd x fs} = 515 \text{ x } 0.7 \text{ x } 0.8 = 288.40 \text{ KW}$$

$$P_{if \text{ vapor}} \text{ fd x fs} = 360 \text{ x } 0.8 \text{ x } 0.7 = 201.60 \text{ KW}$$

$$P_{if \text{ frío}} \text{ fd x fs} = 185 \text{ x } 0.8 \text{ x } 0.7 = 103.60 \text{ KW}$$

$$P_{if \text{ agua}} \text{ fd x fs} = 270 \text{ x } 0.8 \text{ x } 0.7 = 151.20 \text{ KW}$$

$$P_{if \text{ varios}} \text{ fd x fs} = 420 \text{ x } 0.7 \text{ x } 0.8 = 235.20 \text{ KW}$$

$$P_{if \text{ lab.}} \text{ fd x fs} = 40 \text{ x } 1 \text{ x } 1 = \underline{40.00 \text{ KW}}$$

$$\text{TOTAL} = 1,020.00 \text{ KW}$$

- Elaboración

$$\begin{aligned} P_{if \text{ silos y molienda}} \times f_d \times f_s &= 300 \times 0.7 \times 0.8 = 168 \text{ KW} \\ P_{if \text{ cocimiento}} \times f_d \times f_s &= 650 \times 0.9 \times 0.6 = 351 \text{ KW} \\ P_{if \text{ fermentación y madurac.}} \times f_d \times f_s &= 560 \times 0.7 \times 0.8 = 313.60 \text{ KW} \\ P_{if \text{ refinación y filtrac.}} \times f_d \times f_s &= 300 \times 0.9 \times 0.6 = \underline{162.00 \text{ KW}} \\ \text{TOTAL} &= 994.6 \text{ KW} \end{aligned}$$

- Embotellado

$$P_{if \text{ embotellado}} \times f_d \times f_s = 1,300 \times 0.8 \times 0.7 = 729 \text{ KW}$$

$$M_{D_{MF}} = 2,742.6 \text{ KW}$$

c) Máxima Demanda Futura de Alumbrado en 440V ($M_{D_{Af 440V}}$)

$$M_{D_{Af 440 V}} = P_{iA} \times f_d \times f_s \quad (c)$$

Para carga de alumbrado se tiene que considerar el $f_d = 1$ y $f_s = 1$ de acuerdo a recomendaciones del C.E.P.

$$M_{D_{Af 440V}} = 16.41 + 92.84 + 192.3 = 301.12 \text{ KW}$$

$$M_{D_{Af 440V}} = 301.12 \text{ KW}$$

$$\therefore M_{Df} = M_{Df 2.3 \text{ kV}} + M_{D_{MF 440 V}} + M_{D_{Af 440V}}$$

$$M_{Df} = 5,554.5 \text{ KW}$$

Considerando un 25% para reserva según recomendaciones del C.E.P.

$$M'_{Df} = 1.25 \times 5,554.6 = 6,943 \text{ KW}$$

$$M'_{Df} = 6,943 \text{ KW}$$

El incremento de demanda que se requiere en el futuro es

$$\Delta_F = M'_{Df} + M_{da} \quad (5)$$

M'_{Df} = máxima demanda futura

M_{da} = máxima demanda actual

$$\Delta_F = 6,943 \text{ KW} + 3,840 \text{ KW} = 10,783 \text{ KW}$$

$$\Delta_F = 10,783 \text{ KW}$$

Este incremento de demanda futura supera a la capacidad actual de suministro (P_{SR}) que se puede soportar de terminándose por consiguiente la necesidad de remodelar la red de distribución eléctrica actual de la Cervecería Modelo.

4.2 Cálculo y Diseño del Sistema de Distribución Eléctrica en 10 kV

Alcances

Comprende el cálculo y diseño de los nuevos cables alimentadores en 10 kV que van hasta la acometida de las nuevas subestaciones, la N°3 en 10 kV/2.3 kV y la N°2 en 10 kV/440V, así como el cálculo y diseño de los requerimientos de obras civiles y equipamiento eléctrico de estas nuevas subestaciones.

4.2.1 Selección del Cable Alimentador para la Subestación N°3 (10 kV/2.3 kV)

De cálculos anteriores tenemos que la máxima demanda en 2.3 kV es 2,510.4 kW y si consideramos un $\cos\phi$ promedio = 0.80, una reserva del 25% y un reparto de carga en 2 ternas independientes obtendremos:

A) Corriente Nominal

$$I_n = \frac{2,510.4 \text{ kW}/2}{\sqrt{3} \times 10 \text{ kV} \times 0.8} = 98.58 \text{ Amp} \quad (1)$$

B) Corriente del Cable

$$I_c = 1.25 \times I_n = 113.23 \text{ Amp} \quad (2)$$

Como la corriente a transportar por el cable (I_c) se verá afectado por los factores de corrección de la Tabla (D').

C) Corriente real del Cable (I)

$$I_{cr} = \frac{113.26 \text{ Amp}}{(1) \times (0.98) \times (0.95) \times (0.71)} = 168.92 \text{ Amp} \quad (3)$$

Aplicando los criterios de diseño, así como los valores de catálogo de los fabricantes, tendremos que un cable del tipo NKY en 10 kV de 3x50 mm² tiene capacidad de suministro de 170 Amp. (Ver Apéndice)

D) Caída de Tensión (ΔV)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{cr} (R \cos \phi + X \sin \phi) L \quad (4)$$

$$L = 160 \text{ mts}$$

$$R = 0.464 \Omega / \text{Km}$$

$$X = 0.114 \Omega / \text{km}$$

$$\cos \phi = 0.80$$

$$\Delta V = 20.53 \text{ Volts}$$

$$\sin \phi = 0.60$$

$$\Delta V < 5\% V_n$$

E) Pérdida de Potencia (ΔP)

$$\Delta P = 3 (I_{cr})^2 \times R \times L \quad (5)$$

$$\Delta P = 5.96 \text{ KW}$$

$$\Delta P < 3\% P_n$$

4.2.2 Selección del Cable Alimentador para la Sub-
Estación N°2 10 kV/440V

De cálculos anteriores tenemos que la máxima demanda en 440V es 3,044.10 kW, y si consideramos un $\cos\phi$ promedio de 0.80, una reserva del 25% y un reparto de carga en 2 ternas independientes obtendremos:

A) Corriente nominal

$$I_n = \frac{3,044.10/2}{\sqrt{3} \times 10 \times 0.8} = 109.84 \text{ Amp} \quad (1)$$

B) Corriente del Cable (I_c)

$$I_c = 1.25 I_n = 137.30 \text{ Amp} \quad (2)$$

Como la corriente a transportar por el cable (I_c) se verá afectado por los factores de corrección de la tabla (C).

C) Corriente real del cable (I_{cr})

$$I_{cr} = \frac{137.30}{(1) \times (0.98) \times (0.95) \times (0.71)} = 204.83 \text{ Amp} \quad (3)$$

Aplicando los criterios de diseño, así como los valores de catálogo de los fabricantes, tendremos que un cable del tipo NKY en 10 kV de 3 x 70 mm² tiene capacidad de suministro de 210 Amp. (Ver Apéndice)

D) Caída de Tensión (ΔV)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{cr} (R \cos \phi + X \sin \phi) L \quad (4) \quad L = 110 \text{ mts}$$

$$R = 0.325 \Omega / \text{km}$$

$$X = 0.109 \Omega / \text{km}$$

$$\cos \phi = 0.80$$

$$\Delta V = 12.71 \text{ Volts}$$

$$\sin \phi = 0.80$$

$$\Delta V < 5\% V_n$$

E) Pérdida de Potencia (ΔP)

$$\Delta P = 3 \times I_{cr}^2 \times R \times L \quad (5)$$

$$\Delta P = 4.335 \text{ KW}$$

$$\Delta P < 3\% P_n$$

4.2.3 Determinación de la Potencia de los Transformadores de las Subestaciones

A) Subestación N°3

Tenemos que la máxima demanda en 2.3 kV es 2,510.4KW, y de acuerdo a C.E.P. estimaremos una reserva del 25% obteniendo que la potencia total requerida es 3,138KW.

Elegiremos entonces 2 transformadores de 2,000 KVA en 10 kV/2.3 kV ya que pueden brindar 4,000 KW cuando el factor de potencia es uno.

a) Características

Potencia nominal : 2,000 KVA

Frecuencia	60 Hz
Número de fases	3 ϕ
Devanado de AT	10 kV
Devanado de BT	2.3 kV
Conexión lado de AT	triángulo
Conexión lado de BT	estrella con neutro
% de regulación de tensión	$\pm 2 \times 2.5\%$
Grupo	DY5
Temperatura máxima de operación	40°C
Fabricación	según norma CEI

B) Subestación N°2

Tenemos que la máxima demanda en 440V es 3,044.10 KW y de acuerdo al C.E.P. estimaremos una reserva del 25%, obteniendo que la potencia total requerida es 3,805.50 KW.

Elegiremos entonces 2 transformadores de 2,000 KVA en 10 kV/440V, ya pueden brindar un total de 4,000 KW, cuando el factor de potencia es uno.

a) Características del Transformador

Potencia nominal	2,000 KVA
Frecuencia	60 Hz
Número de fases	3 ϕ
Devanado de AT	10 kV
Devanado de BT	440 kV
Conexión en AT	triángulo
Conexión en BT	estrella con neutro

% de regulación de tensión	$\pm 2 \times 2.5\%$
Grupo	DY5
Temperatura de operación	40°C
Fabricación	según norma CEI

C) Determinación de los Interruptores Principales

Para determinar su tamaño es necesario conocer la corriente nominal, potencia de ruptura, la corriente de cortocircuito y de choque que tiene que soportar, por lo que debemos calcular la corriente nominal que circulará en el primario del transformador.

Cálculo de I_n

$$I_n = \frac{\text{Pot (KVA)}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{2,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 10 \text{ kV}} = 115.47 \text{ Amp} \quad (1)$$

Cálculo de I_{cc}

$$I_{cc} = \frac{\text{Pot. cc}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{500,000 \text{ (KVA)}}{\sqrt{3} \times 10 \text{ kV}} = 28.86 \text{ KAm} \quad (2)$$

Cálculo de I_{cc} choque

$$I_{ch} = \sqrt{2} \times \tau \times I_{cc} \quad (3)$$

$$I_{ch} = \sqrt{2} \times 1.8 \times 28.86 = 73.46 \text{ KAm}$$

Entonces el interruptor a elegir tendrá las siguientes características:

Tensión nominal = 10 kV

Corriente nominal	= 115.47 Amp
Corriente de operación	= 28.86 KAmP
Corriente de choque	= 73.46 KAmP
Potencia de ruptura	= 500 MVA

D) Selección del Seccionador fusible del trafo de 2,000 KVA

Usando seccionador fusible del tipo H-T y de sus gráficos tenemos que para $Z = 5\%$ del trafo y una corriente nominal de 116 Amp., debemos usar un seccionador fusible de 150 Amp, 12 kV.

E) Selección de los Relés de Protección

Para proteger el sistema contra sobrecargas y cortocircuitos el interruptor estará equipado con dispositivos de protección o relés en 2 o 3 fases, cuyo $0.8 I_n < I_{\text{relé}} < 1.25 I_n$; debemos usar un relé con regulación de 90 Amp a 150 Amp. con retardo que es función del tiempo y ajustado a la corriente nominal del trafo.

4.2.4 Selección de las barras de 10 kV

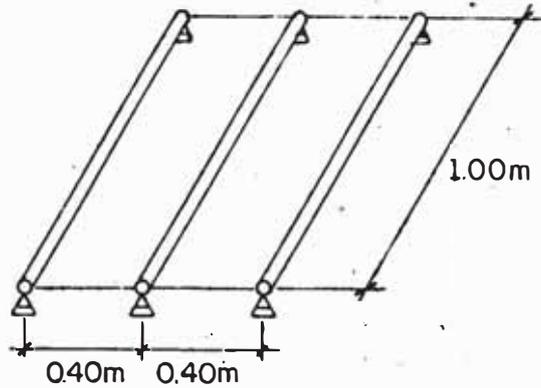
Las barras en 10 kV serán de sección circular de cobre y tendrán que observar las distancias mínimas siguientes:

Distancia mínima entre conductores = $10 + 1 \text{ cm/kV}$

Distancia mínima entre conductor y tierra = $8 + 1 \text{ cm/kV}$

Distancia mínima entre apoyos = 1.20 mts

La disposición de las barras será entonces:



Esfuerzo de flexión máxima del cobre $G_{cu} = 1,200 \text{ kg/cm}^2$
calcularemos las relaciones derivadas.

A) Fuerza actuante sobre el conductor (p)

En caso de corto circuito la barra sufrirá un esfuerzo que está dado por:

$$p = 2.04 \frac{I^2 ch}{d} \text{ kg/mt} \quad (1)$$

$$p = \frac{2.04 \times (73.46)^2}{40} = 275.2 \text{ kg/m}$$

El valor de la carga (p) actúa sobre la barra considerando una viga simplemente apoyada, entonces:

$$\text{Máximo Momento Actuante (M)} = \frac{PxL^2}{8} \text{ kg x mt} \quad (2)$$

$$M = \frac{275.2 \times (1)^2}{8}$$

$$M = 34.4 \text{ kg-mt}$$

Módulo resistente de una sección circular (W)

$$W = \pi \times \frac{D^3}{32} \text{ cm}^3 \quad (3)$$

El esfuerzo de flexión de trabajo (G_t) = $\frac{M}{W}$ (4)

$$G_t = \frac{3,440}{D^3/32} \qquad G_t = \frac{11,080}{D^3} \leq G_{cu}$$

$$G_t \leq G_{cu} = 1,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{110,080}{D^3} \leq 1,200 \qquad D \geq 3.08 \text{ cms}$$

El diámetro normalizado que cumple esta desigualdad es: 3.175 cm ($\phi = 1 \frac{1}{4}$ ")

B) Efectos Térmicos de la Corriente de Cortocircuito Permanente

La corriente de cortocircuito (I_{cc}) circulará durante t(seg) durante el cual ocasionará un incremento de temperatura (Δ_θ) que viene dado:

$$\Delta_\theta = \frac{K}{A^2} I_{cc}^2 (t + \Delta t) \qquad (5)$$

K : constante del cobre K = 0.0058

A : área en mm^2 ($\phi = 3.175 \text{ mm}$) = 791.73 mm^2

ΔT : $T \frac{I_{ch}^2}{I_{cc}^2}$ T (tiempo de amortiguamiento) caso crítico T = 0.6

I_{ch} : corriente de choque

I_{cc} : corriente de cortocircuito

t : tiempo de relé más del interruptor principal

(t = 0.5 seg)

$$\Delta_\theta = \frac{0.0058}{(791.73)^2} \times (28,860)^2 (0.5 + 0.6 \left(\frac{73.46}{28.86}\right)^2)$$

$$\Delta_\theta = 33.8^\circ\text{C}$$

La temperatura ambiente es de 30°C y el incremento en la barra por la corriente nominal no debe ser mayor de 30°C, entonces:

$$\theta_f = 30^\circ + 30^\circ + \Delta_\theta = 93.80^\circ\text{C} \quad (6)$$

Según normas (VDE 0103/1.61) la máxima temperatura admisible de cortocircuito para barras de Cu es 200°C

Entonces nuestro diseño es correcto.

C) Frecuencia Natural de Oscilación de la Barra

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{E \times I}{G \times L^4}} \quad (7)$$

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

I : momento de inercia para una sección circular

$$\frac{\pi \times D^4}{64} = \frac{\pi \times (3.175)^4}{64} = 4.98 \text{ cm}^4 \quad (8)$$

G : peso específico de la barra ($\phi = 3.175 \text{ cm}$)

$$= 0.0705 \text{ kg/cm}$$

l : longitud de barra (100 cm).

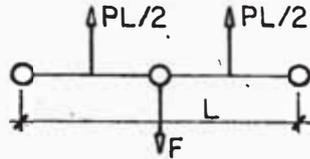
$$f_n = 112 \times \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 4.98 \text{ cm}^4}{0.0705 \text{ kg/cm} \times (100)^4 \text{ cm}^4}}$$

$$f_n = 105.2 \text{ c /seg}$$

Se considera que existe peligro de resonancia cuando la frecuencia oscila entre 54 y 66 Hz y entre 108 y 132 Hz.

D) Esfuerzo en los Aisladores Portabarras (F)

Los aisladores sufrirán un esfuerzo según el siguiente esquema:



El aislador soporta en la punta un esfuerzo en kg $F = PL$ (9)

Entonces $F = 275.2 \times 1.00 = 275.2$ kg

Considerando un factor de seguridad de 0.5, tenemos que el esfuerzo final será:

$$F' = \frac{275.2}{0.5} = 550.5 \text{ kg}$$

Usaremos aisladores clase B que soporta un esfuerzo de 750 Kg.

4.2.5 Cálculo y Diseño de la Ventilación de las Subestaciones

En los edificios donde se hallan instalados los transformadores debe renovarse el aire contenido en su interior, porque por convección las capas de aquellos transmiten a éste el calor producido y como la cesión del mismo es función de la diferencia de temperatura existente, cuanto mayor sea la del aire menor calor cederá el transformador, es preciso pues renovar el aire en tales locales.

El volumen de aire necesario para la evacua -

ción del calor debido al funcionamiento del transformador depende de las calorías producidas en éste y la temperatura de entrada y salida del aire.

El aire que circula cambia de dirección y pasa por conductos de distinta sección. Los cambios de dirección, así como los frotamientos de la masa gaseosa a su paso por los conductores, originan una pérdida de velocidad en el aire; otro tanto ocurre cuando el aire se expande al pasar de mayor a menor sección o cuando sufre una contracción. Por otra parte, la velocidad que el aire debe adquirir para su circulación exige también una cierta presión que equivale a otra resistencia pasiva.

Se comprende, por lo expuesto, que para que circule por la cabina y por los conductos una determinada cantidad de aire será preciso que la fuerza ascensional por éste adquirida sea suficiente para imprimir al aire la velocidad necesaria y para vencer las resistencias pasivas anteriormente mencionadas.

Determinaremos por consiguiente:

- A) La cantidad necesaria de aire
- B) La fuerza ascensional
- C) Pérdidas por variación de sección y dirección.

A) Cálculo de la Ventilación Subestación N°2

Sabemos que cada uno de los transformadores tiene:

Pérdidas en el cobre 13.5 KW

Pérdidas en el hierro 3.7 KW

Pérdidas totales 17.2 KW

Pérdida total entonces para 2 transformadores es 34.4 KW

Supondremos que el aire entra en la cabina a 35°C y sale a 50°C, y si tenemos que el volumen de aire seco para evacuar el calor de 1 KW-hora es

$$\dot{Q}_e = \frac{866}{0.238(t_2 - t_1)} \frac{T}{342 p} \frac{m^3}{KW - h} \quad (1)$$

T : temperatura absoluta = 273 + t_c^o

P : presión de la mezcla de aire = 1 at

t₂: temperatura de salida

t₁: temperatura de entrada,

$$\dot{Q}_e = \frac{866 \times (273 + 35)}{0.238 (50 - 35) \times 342 \times 1} = 218.46 \text{ m}^3/\text{KW-h}$$

Como tenemos 34.4 KW el caudal de aire será:

$$Q_e = 218.46 \times \frac{34.4}{3,600} = 2.08 \text{ m}^3/\text{seg}$$

a) Fuerza Ascensional del Aire

El valor de la fuerza ascensional p_o para una altura parcial h se expresa por:

$$P_o = \frac{h}{1 + \alpha t} - \frac{h}{1 + \alpha t_1} \quad (2) \quad \begin{array}{l} h : \text{altura parcial de} \\ \text{la columna de aire} \\ t : \text{temperatura del aire} \\ \text{exterior} \\ t_1 : \text{temperatura del aire} \\ \text{interior} \\ \alpha = 0.00366 \end{array}$$

La fuerza ascensional para una cierta altura de aire, se obtiene sumando las fuerzas ascensionales de las alturas parciales y asumiendo que la temperatura interior es la temperatura promedio de

$$\frac{35^\circ + 50^\circ}{2} = 42.5^\circ \text{C}$$

$$P_{01} = \frac{1.70}{1 + 0.00366 \times 55^\circ \text{C}} - \frac{1.70}{1 + 0.00366 \times 42.5^\circ \text{C}}$$

$$P_{01} = 1.7 (0.020) = 0.034 \text{ mts.c.aire}$$

$$P_{02} = \frac{4.3}{1 + 0.00366 \times 35^\circ \text{C}} - \frac{4.3}{1 + 0.00366 \times 50^\circ \text{C}}$$

$$P_{02} = 4.3 (0.041) = 0.176 \text{ mts.c.aire}$$

$$P_o = 0.034 + 0.176 = 0.210 \text{ mts.c.aire}$$

b) Pérdidas por Cambio de Dirección y Variación de Sección

Deben preverse de tal manera que sean menores la fuerza ascensional del aire, dichas pérdidas se expresan: (Ver gráfico N°1).

COEFICIENTE PERDIDAS POR CAMBIO DE DIRECCION (ϕ)

Cambio de dirección en ángulo recto	$\phi = 1.50$
Cambio de dirección en forma de cuarto de círculo	$\phi = 1.00$
Cambio de dirección por malla	$\phi = 0.50$
Cambio de dirección progresiva	$\phi = 0$

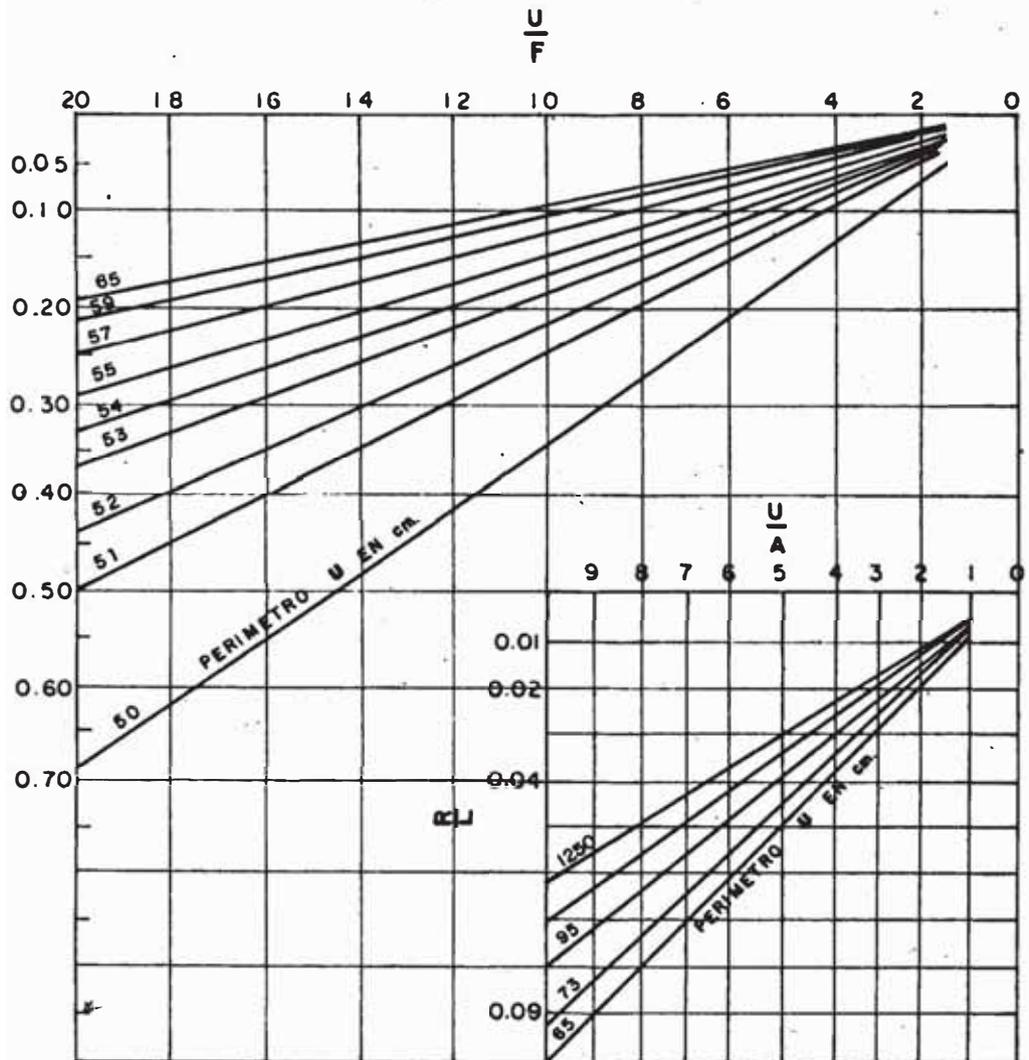


GRAFICO N° 1 .- GRAFICO PARA DETERMINAR LAS RESISTENCIAS POR FROTACION (R/L) EN LOS CONDUCTOS DE CIRCULACION DE AIRE PARA LA VENTILACION.

$$hw = \frac{V^2}{2g(1+\alpha t)} (1+R+\phi) \quad (3)$$

V : Velocidad del aire (m/seg)
R : Coef. resistencia frotamiento
 ϕ : Coef. resistencia cambio dirección
g : aceleración gravedad (9.81 m/seg²)
t : temperatura del aire (35°C)
 α : 0.0366
hw : pérdidas de presión (mts.c.aire)

1) Pérdidas en la entrada (h_a)

Area en la entrada del aire $A = 1.6 \times 1.5 = 2.40 \text{ m}^2$

de cálculo anteriores tenemos que $Q_e = 2.08 \text{ m}^3/\text{seg}$

$$v = \frac{Q_e}{A} = \frac{2.08}{2.4} = 0.866 \text{ m/seg}$$

El canal de entrada está cerrado por una tela metálica de hierro con anchura de malla de 15 mm y con hilos de diámetro 1.2 mm:

$$h_a = \frac{(0.866)^2}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35^\circ\text{C})} (1+1) = 0.0677 \text{ mts.c.aire}$$

2) Pérdida por cambio de dirección en la entrada (h_b)

Area de entrada en el cambio $F = 1.6 \times 1.5 = 2.40 \text{ m}^2$

Caudal de entrada $Q_e = 2.08 \text{ m}^3/\text{seg}$

$$v = \frac{Q_e}{A} = \frac{2.08}{2.40} = 0.866$$

Longitud del canal $L = 10 \text{ mts}$

Perímetro del canal $U = 1.6 \times 2 + 1.5 \times 2 = 6.2 \text{ mts}$

$$\frac{U}{F} = \frac{6.2}{2.40} = 2.583 \text{ del gráfico N}^\circ 1$$

$$U \text{ y } \frac{U}{F}$$

$$\frac{R}{L} = 0.018 \quad R = 0.18$$

$$h_b = \frac{(0.866)^2 (1 + 0.18)}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35^\circ)} = 0.040$$

3) Pérdida por Cambio de Dirección en Transformadores (h_c)

Area libre debajo de los transformadores:

$$A = 2(3.3 \times 1.6 - 2.3 \times 1.2) = 5.04 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{2.08}{5.04} = 0.412 \text{ m/seg}$$

$$h_c = \frac{(0.412)^2 (1)}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35)} = 0.00766 \text{ mts.c.aire}$$

4) Pérdidas en las Celdas de Transformación (h_d)

La superficie libre al paso del aire en la cabina es amplia, por lo mismo la velocidad es muy pequeña siendo la causa de las pérdidas en esta zona despreciable.

$$\text{Area libre (A)} = 9.5 \times 5 = 47.5 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2.08}{47.5} = 0.0437 \text{ m/seg}$$

$$h_d = \frac{(0.0437)^2 (1)}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35)} = 0$$

5) Pérdidas en la Salida (h_e)

Supondremos que la abertura de salida esté cerrada por una persiana como la fig. N°1 y una

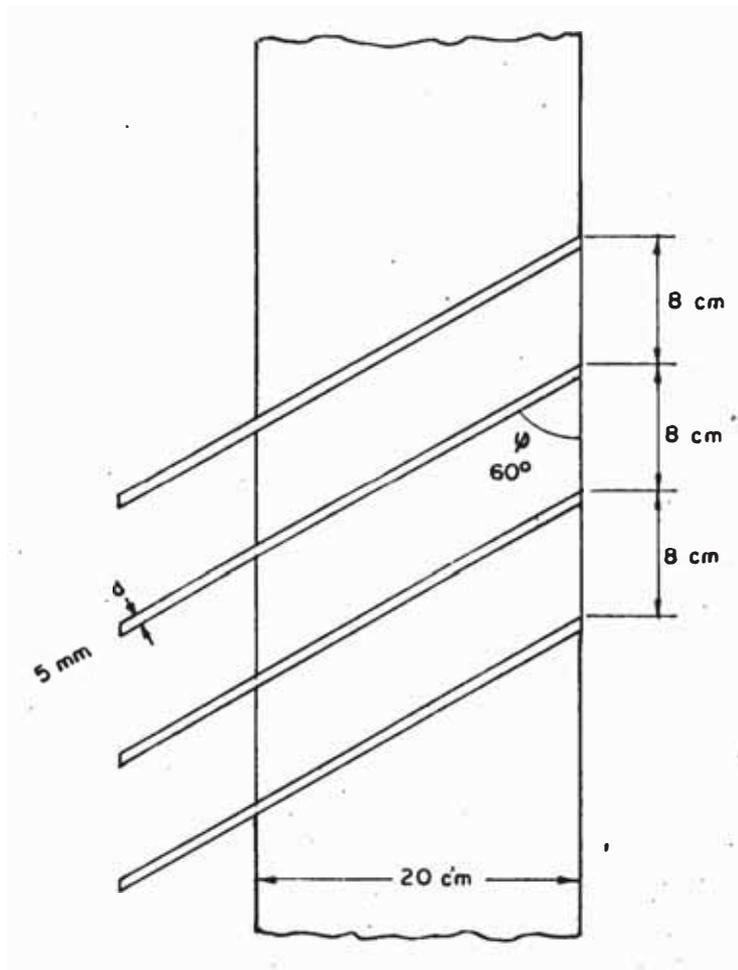


FIG. N° 1 PERSIANA DE CELOSIA PARA LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE AIRE EN LAS SUB-ESTACIONES

tela metálica de hilo de hierro con malla de
15 mm x 1.2 mm ϕ

La superficie libre es 0.60 de la sección total es decir:

$$A = 0.60 \times 4 \times 1.2 = 2.88 \text{ m}^2$$

Caudal de salida

$$\dot{Q}_s = \frac{866}{0.238 (50^\circ - 35^\circ)} \frac{(273 + 50^\circ\text{C})}{342 \times (1)} = 229.10 \frac{\text{m}^3}{\text{KW-h}}$$

$$\therefore Q_s = 229.10 \frac{34.4}{3,600} = 2.18 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$v_s = \frac{Q_s}{A} = \frac{2.18}{2.88} = 0.756 \text{ m/seg}$$

$$h_e = \frac{(0.756)^2}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 50^\circ\text{C})} (1 + 1 + 0.5)$$

$$h_e = 0.0615 \text{ mts. c. aire}$$

Pérdidas Totales (Σhw)

$$\Sigma hw = h_a + h_b + h_c + h_d + h_e \quad (4)$$

$$\Sigma hw = 0.0677 + 0.04 + 0.00766 + 0 + 0.0615$$

$$\Sigma hw = 0.1768 \text{ mts. c. aire}$$

$$\text{Pot} = 0.210 \text{ mts.c.aire}$$

Se comprueba que $\text{Pot} > \Sigma hw$

B) Cálculo de la Ventilación Subestación N°3

Tenemos que cada uno de los transformadores tiene:

Pérdidas en el cobre	13.5 KW
Pérdidas en el hierro	<u>3.7 KW</u>
	17.2 KW

Pérdida total para cada uno de los transformadores es 17.2 KW.

Supondremos que el aire entre en la cabina a 35°C y sale a 50°C, entonces el volumen de aire seco para evacuar el calor de 1 KW-hr es

$$\dot{Q}_e = \frac{866}{0.238 (t_2 - t_1)} \times \frac{T}{342 P} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_e = \frac{866 \times (273 + 35)}{0.238 (50 - 35) \times 342 \times 1} = 218.46 \frac{\text{m}^3}{\text{KW-h}}$$

Como tenemos 17.2 KW el caudal de aire será

$$Q_e = 218.46 \times \frac{17.2}{3,600} = 1.04 \text{ m}^3/\text{seg}$$

a) Fuerza Ascensional del aire

$$P_o = h \left(\frac{1}{1 + \alpha t} - \frac{1}{1 + \alpha t_1} \right) \quad (2)$$

La fuerza ascensional para una cierta altura de aire se obtiene sumando las fuerzas ascensionales de las alturas parciales, la temperatura promedio es 42.5°C

$$P_{01} = 1.70 \left(\frac{1}{1 + 0.00366 \times 35} - \frac{1}{1 + 0.00366 \times 42.5} \right)$$

$$P_{01} = 0.034 \text{ mts.c.aire}$$

$$P_{02} = 4.3 \left(\frac{1}{1 + 0.00366 \times 35} - \frac{1}{1 + 0.00366 \times 50} \right)$$

$$P_{02} = 0.176 \text{ mts.c.aire}$$

$$P_{OT} = P_{01} + P_{02} = 0.210 \text{ mts.c.aire}$$

b) Pérdidas por Cambio de Dirección y Variación de Sección

Deben preverse de tal manera que sean menores que la fuerza ascensional del aire, dichas pérdidas se expresan (Ver Gráfico N°1)

$$h_w = \frac{v^2}{2g(1+\alpha t)} (1 + R + \phi) \quad (3)$$

1) Pérdidas en la entrada (h_a)

$$\text{Area de entrada del aire } A = 1.6 \times 1 = 1.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Del cálculo anterior tenemos } Q_e = 1.04 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\text{Velocidad de entrada } v = \frac{Q_e}{A} = \frac{1.04}{1.6} = 0.65 \text{ m/seg}$$

El canal de entrada está cerrado por una tela metálica de hierro con anchura de malla de 15 mm y cuyos hilos tienen un diámetro de 1.2 mm, entonces la pérdida de presión en la entrada será:

$$h_a = \frac{(0.65)^2}{2 \times 9.81 \times (1+0.00366 \times 35)} (1 + 1) = 0.0381 \text{ mts.c.aire}$$

2) Pérdidas por Cambio de Dirección en la Entrada

(h_b)

$$\begin{aligned} \text{Area de entrada en el cambio} \quad F &= 1.6 \times 1.5 \\ &= 2.40 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Caudal de entrada} \quad V = \frac{Q}{F} = \frac{1.04}{2.40} = 0.51 \text{ mts/seg}$$

$$\begin{aligned} \text{Longitud del canal} \quad L &= 5.2 \text{ m, perímetro del} \\ &\text{canal} = 6.2 \text{ mts} = U \end{aligned}$$

$$\frac{U}{F} = \frac{6.20}{2.40} = 2.583 \text{ del gráfico N}^\circ 1 \quad U \text{ y } \frac{U}{F}$$

$$\frac{R}{L} = 0.018 \quad R = 0.094$$

$$h_b = \frac{(0.51)^2 (1 + 0.094)}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35)} = 0.0128 \text{ mts.c.aire}$$

3) Pérdida por Cambio de Dirección en el Trans -

formador (h_c)

$$\begin{aligned} \text{Area libre debajo del trafo} \quad A &= (3.3 \times 1.6 - 2.3 \times 1.2) \\ A &= 2.52 \text{ mt}^2 \end{aligned}$$

$$V = \frac{1.04}{2.52} = 0.412 \text{ m/seg}$$

$$h_c = \frac{(0.412)^2 (1)}{(2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35))} = 0.00766 \text{ mts.c.air}$$

4) Pérdidas en la Celda de Transformación (h_d)

La superficie libre al paso del aire es la cabina es amplia y por lo mismo la velocidad es muy pequeña, siendo la causa de las pérdidas - en esta zona despreciable ($h_d = 0$)

5) Pérdidas en la Salida (h_e)

Supondremos que la abertura de salida está cerrada por una persiana como la fig. N°1 y una tela metálica de hierro con malla de 15 mm x 1.2 mm ϕ :

La superficie libre es 0.6 veces de la sección total es decir

$$A = 0.60 \times 1.6 \times 1.2 = 1.15 \text{ mt}^2$$

Caudal de salida:

$$Q_s = \frac{866 (273 + 50)}{0.238 (50-35) 342 \times (1)} = 229.1 \frac{\text{m}^3}{\text{kW-h}}$$

$$\therefore Q_s = 229.1 \times \frac{17.4}{3,600} = 1.09 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V_s = \frac{Q_s}{A} = \frac{1.09}{1.15} = 0.947 \text{ m/seg}$$

$$h_e = \frac{(0.947)^2 (1 + 1 + 0.5)}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 50)} = 0.0966 \text{ mts.c.aire}$$

Pérdidas Totales (Σh_w)

$$\Sigma h_w = h_a + h_b + h_c + h_d + h_e \quad (4)$$

$$\Sigma h_w = 0.0381 + 0.0128 + 0.00766 + 0 + 0.0966$$

$$\Sigma h_w = 0.155 \text{ mts.c.aire}$$

Debido a que se cuenta con 2 entradas y 2 salidas

Tenemos que la fuerza ascensional \therefore

$$Pot = 0.420 \text{ mts.c.aire}$$

$$\Sigma h_w = 0.310 \text{ mts.c.aire}$$

Se comprueba que $Pot > \Sigma h_w$

4.3 Cálculo y Diseño del Sistema de Distribución en 2.3kV

Alcances

Comprenderá el cálculo y diseño de los nuevos cables alimentadores en 2.3 kV que dan tensión al tablero principal de distribución en 2.3 kV, así como el cálculo y diseño para la construcción y equipamiento eléctrico de este tablero.

4.3.1 Selección del Cable Alimentador en 2.3 kV

Tenemos que la capacidad de cada uno de los transformadores en 10 kV/2.3 kV es 2,000 KVA, entonces la corriente en el secundario

$$I_s = \frac{2,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 2.3 \text{ kV}} = 502.04 \text{ Amp} \quad (1)$$

Considerando un 25% por recomendaciones del C.E.P.

$$I'_s = 1.25 \times 502.04 = 627.55 \text{ Amp} \quad (2)$$

Como la corriente a transportar será afectado por factores de corrección ya que irán 2 cables por tubería a temperatura ambiente de 25°C, con temperatura del conductor a 60°C (Ver Apéndice)

$$I_{cr} = 627.55/0.90 \times 1.07 = 651.6 \text{ Amp.} \quad (3)$$

Elegiremos por criterio y según catálogo de fabricante, un sistema de dos cables por fase del tipo N2YSY para 5 kV de 370 Amp. de capacidad y 120 mm^2 de sección. (Ver Apéndice)

Caída de Tensión (ΔV)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{cr} (R \cos \phi + X \sin \phi) L \quad (5)$$

$$L = 62 \text{ mts}$$

$$\cos \phi = 0.8.$$

$$\sin \phi = 0.6$$

$$R = 0.179 \Omega / \text{Km}$$

$$\Delta V = 21.8 \text{ V}$$

$$X = 0.247 \Omega / \text{Km}$$

$$\Delta V < 5\% V_n$$

Pérdida de Potencia (ΔP)

$$\Delta P = 3 \times I_{cr}^2 \times R \times L \quad (6)$$

$$\Delta P = 16.2 \text{ KW} < 3\% (P_n)$$

3.3.2 Cálculo de las Corrientes en Barras de 2.3 kV

A) Impedancia de la línea en 10 kV (Z_1)

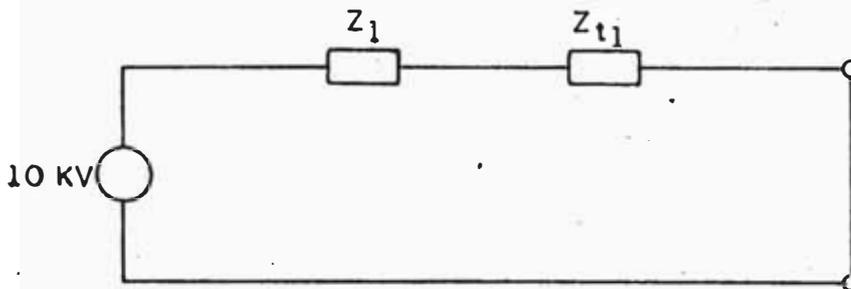
$$Z_1 = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times I_{cc}} \quad (1)$$

De cálculos anteriores $I_{cc} = 28.86 \text{ KA}$

$$Z_1 = \frac{10 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 28.86 \text{ KA}} = 0.2 \Omega$$

B) Corriente de Cortocircuito en las barras de 2.3 kV

El diagrama de reactancia del circuito hasta la salida del transformador de 2,000 KVA es .



$$Z_{t1} = \frac{Z \times (E_1)^2}{100 \times N} \quad (2)$$

Z: Impedancia de cortocircuito del trafo

E₁: Tensión nominal: 10kV

N: Potencia nominal del trafo: 2,000 KVA

$$Z_{t1} = \frac{5}{100} \times \frac{(10 \times 10^3)^2}{2,000 \times 10^3} = 2.5 \Omega$$

La impedancia total del circuito equivalente (Z_T)

$$Z_T = Z_1 + Z_{t1} \quad (3)$$

$$Z_T = 2.7 \Omega$$

La corriente de cortocircuito en barras de 2.3 kV referida al lado de alta tensión

$$I_1 = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_T} \quad (4) \quad V_n = \text{tensión nominal } 10 \text{ kV}$$

$$Z_T = 2.7 \Omega$$

$$I_1 = \frac{10,000}{\sqrt{3} \times 2.7} = 2,138 \text{ Amp}$$

La corriente de cortocircuito en el lado de 2.3 kV es:

$$I_{cc2} = \frac{I_1 \times V_1}{V_2} \quad (5)$$

$$I_{cc2} = \frac{2,138 \times 10,000}{2,300} = 9,296 \text{ Amp}$$

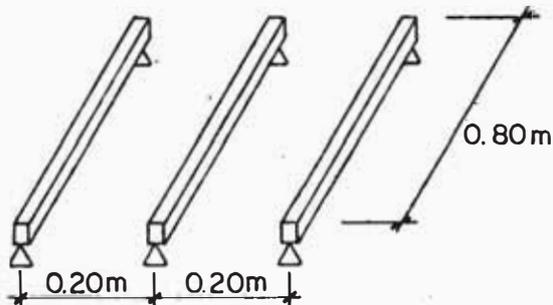
La corriente de choque en las barras de 2.3 kV es

$$I_{ch2} = 2 \times 1.8 \times I_{cc2} \quad (6)$$

$$I_{ch2} = 23.66 \text{ KA}$$

4.3.3 Selección de las barras en 2.3 kV

La disposición de las barras en 2.3 kV será como se muestra a continuación: (posición vertical)



En caso de cortocircuito las barras sufrirán un esfuerzo (p) que está dado por:

$$p = \frac{2.04 (I_{ch})^2}{d} \quad (1)$$

A) Fuerza Actuante sobre el Conductor (p)

$$p = \frac{2.04 \times (23.66)^2}{20} = 57.09 \text{ kg/mt}$$

El valor de esta carga actúa sobre las barras considerando una viga simplemente apoyada:

$$M = \frac{p \times L^2}{8} \quad (2)$$

$$M = \frac{57.09 \times (0.8)^2}{8} = 4.56 \text{ kg-mt}$$

El esfuerzo de flexión de trabajo (G_t)

$$G_t = \frac{M}{W} \quad (3)$$

W : módulo resistente de una sección rectangular

$$G_t = \frac{456}{W} \leq G_{cu} \leq 1,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = \frac{456}{1200} = 0.38 \text{ cm}^3 \quad 5 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$$

$$W_A = 0.41666 \text{ cm}^3 \quad A = 500 \text{ mm}^2$$

B) Efectos Térmicos de la Corriente de Cortocircuito

Permanente (I_{cc})

$$\Delta_{\theta} = \frac{K}{A^2} I_{cc}^2 \left(t + T \left(\frac{I_{ch}}{I_{cc}} \right)^2 \right) \quad (4)$$

$$\Delta_{\theta} = \frac{0.0058 \times (9,296)^2}{(500)^2} \left(0.5 + 0.6 \left(\frac{23.66}{9.296} \right)^2 \right)$$

$$\Delta_{\theta} = 8.79^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_f = 30^\circ + 30^\circ + \Delta\theta = 68.79 < 200^\circ \text{C} \quad (5)$$

C) Frecuencia Natural de Oscilación de la barra

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{E \times I}{G \times L^4}} \quad (6) \quad G = 0.0445 \text{ kg/cm}$$
$$I_A = \frac{10 \times (0.5)^3}{12} = 0.104 \text{ cm}^4$$

$$f_n = 112 \times \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 0.104}{0.0445 (80)^4}} \quad f_n = 29.9 \text{ c/seg}$$

D) Esfuerzo en los Aisladores Portabarras (F)

El aislador soporta en la punta un esfuerzo en kg (F)

$$F = p \times L \quad (7)$$

Entonces: $F = 57.09 \times 0.8 = 45.67 \text{ kg}$

Considerando un factor de seguridad de 0.5 tendremos:

$$F' = \frac{45.65}{0.5} = 91.3 \text{ kg}$$

Usaremos aisladores clase "A" que soportan un esfuerzo de 375 kg.

CORRIENTE DE LOS CIRCUITOS EN 2.3 kV

SISTEMA	DESCRIPCION DE LINEAS	TABLERO DE OPERACION	CIRCUITO	POTENCIA TOTAL FUTURA KW	MAXIMA DEMANDA KW	CORRIENTE NOMINAL I_n Amp	CORRIENTE DE DISEÑO $1.25 \times I_n$ Amp
Aire	Compresión futura aire	TPD-F3	7	920	662.40	207.84	260
Frío	Unidad Futura de Frío 1A	TPD-F3	2	660	369.60	115.97	145
	Unidad Futura de Frío 2A	TPD-F3	3	660	369.60	115.97	145
	Unidad Futura de Frío 3A	TPD-F3	4	660	369.60	115.97	145
	Unidad Futura de Frío 4A	TPD-F3	5	660	369.60	115.97	145
	Unidad Futura de Frío 5A	TPD-F3	6	660	369.60	115.97	145

4.4 Cálculo y Diseño del Sistema de Distribución en 440V

Alcances

Comprenderá el cálculo y diseño del sistema de alimentación en 440V, así como el cálculo y diseño de la construcción y equipamiento eléctrico del tablero principal de distribución en 440V.

4.4.1 Selección del Sistema Alimentador en 440V

Tenemos que la capacidad de cada uno de los nuevos transformadores en 10 kV/440V es 2,000 KVA, entonces la corriente en el secundario será:

$$I_s = \frac{2,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 0.440 \text{ kV}} = 2.62 \text{ KAm} \quad (1)$$

Considerando un 25% por recomendaciones del C.E.P.

$$I'_s = 1.25 \times I_s = 3,284 \text{ Am} \quad (2)$$

La alimentación hacia el tablero principal en 440 V se hará mediante barras de Cu, colocados en ductos.

4.4.2 Cálculo de las Corrientes en Barras de 440V

De cálculos anteriores se tiene $Z_T = 2.7 \Omega$ y la corriente de cortocircuito en barras de 440V referido al lado primario (10 kV) es $I_1 = 2,138 \text{ Am}$, entonces:

$$I_{cc_3} = I_1 \times \frac{V_1}{V_2} = 2,138 \times \frac{10,000 \text{ V}}{440 \text{ V}} \quad (3)$$

$$= 48.59 \text{ KAm}$$

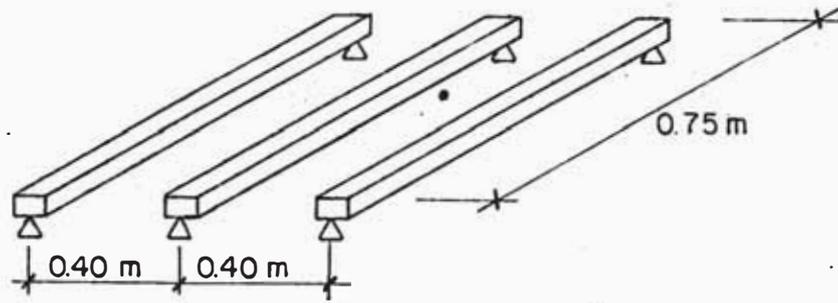
La corriente de choque en las barras de 440V.

$$I_{ch_3} = \sqrt{2} \times 1.8 \times I_{cc_3} = 123.69 \text{ KAmper} \quad (4)$$

4.4.3 Selección de las barras en 440V

La disposición será la siguiente:

(disposición horizontal)



A) Fuerza Actuante sobre el Conductor (p)

En caso de cortocircuito las barras sufrirán un esfuerzo (p) que está dado por:

$$p = \frac{2.04 \times (I_{ch_3})^2}{d} \quad (1)$$

$$p = \frac{2.04 \times (123.69)^2}{40} = 780.26 \text{ Kg/mt}$$

Este valor actúa sobre las barras considerando simplemente apoyo.

$$M = \frac{p \times L^2}{8} \quad (2) \quad M = \frac{780.26 \times (0.75)^2}{8} = 54.86 \text{ Kg-mt}$$

Entonces el esfuerzo de flexión de trabajo:

$$G_t = \frac{M}{W} \quad (3) \quad G_t = \frac{5,486}{W} \leq G_{cu} \quad 1,200 \text{ kg/cm}^2$$

W: módulo resistente de una sección rectangular

$$W > \frac{5,486}{1,200} \quad W > 4.58 \text{ cm}^3$$

$$A = 10 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} , \quad W_L = 16.66 \text{ cm}^3$$

$$A = 1,000 \text{ mm}^2$$

B) Efectos térmicos de la Corriente de Cortocircuito

Permanente (I_{cc3})

$$\Delta_{\theta} = \frac{K}{A^2} I_{cc3}^2 \left(t + T \left(\frac{I_{ch3}}{I_{cc3}} \right)^2 \right) \quad (4)$$

$$\Delta_{\theta} = \frac{0.0058}{(1000)^2} \times (48,590)^2 \left(0.5 + 0.6 \left(\frac{123.69}{48.59} \right)^2 \right)$$

$$\Delta_{\theta} = 60.1 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_f = 30^{\circ} + 30^{\circ} + \Delta_{\theta} = 120.10^{\circ}\text{C} < 200^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

C) Frecuencia Natural de Oscilación de la Barra

$$f_n = 112 \times \sqrt{\frac{E \times I}{G \times L^4}} \quad (6); \quad G = 0.089 \text{ kg/cm}$$

$$I = - \frac{1 \times 10^3}{12} = 83.33 \text{ cm}^4$$

$$f_n = 112 \times \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 83.33}{0.089 \times (75)^4}} \quad f_n = 681.1 \text{ c/seg}$$

D) Esfuerzo del Aislador Portabarras

$$F = p \times L \quad (7)$$

$$F = 780.26 \times 0.75 = 385.19 \text{ kg}$$

Considerando un factor de seguridad de 0.5 tendremos:

$$F' = \frac{385.19}{0.5} = 1,170.30 \text{ kg}$$

Usaremos aisladores clase "C" que soporta hasta 1,250 kg

CORRIENTE DE LOS CIRCUITOS EN 440V

A) CASA DE FUERZA Y SERVICIOS

SISTEMA	DESCRIPCION DE LINEAS	TABLERO DE OPERACION	CIRCUITO	POTENCIA TOTAL FUTURA KW	MAXIMA DEMANDA KW	CORRIENTE NOMINAL Amp	CORRIENTE DE DISEÑO DE DISEÑO 1.25 x I _n Amp
CO ₂	Recuperación Futura CO ₂	TPD-F2	11	515	288.40	473.03	591
Vapor	Caldero Futuro N°1	TPD-F2	2	180	100.80	165.33	207
	Caldero Futuro N°2	TPD-F2	12	180	100.80	165.33	207
Frío	Red de Circulación y Tratamiento de Amoniaco Futuro	TPD-F2	4	76.08	43.02	70.56	88
	Condensadores Evaporativos Futuros	TPD-F2	19	112.18	63.78	104.59	131
Agua	Red de Circulación y Tratamiento de Agua Futuro	TPD-F2	5	283.21	164.41	269.63	337
Vapor	Sistema Auxiliar Futuro	TPD-F2	6	420	235.20	385.72	482
Laborales	Modificaciones Futuras	TPD-F2	15	40	40	65.6	82

B) ELABORACION

SISTEMA	DESCRIPCION DE LINEAS	TABLERO DE OPERACION	CIRCUITO	POTENCIA TOTAL FUTURA KW	MAXIMA DEMANDA KW	CORRIENTE NOMINAL I _n Amp	CORRIENTE DE DISEÑO 1.25 x I _n Amp
Silos Y Molienda	Silos y Molienda Futuro	TPD-F2	8	325.26	193.26	316.94	396
Cocimiento	Cocimiento Futuro	TPD-F2	13	560.13	316.33	518.78	648
	Tratamiento de Mosto Futuro	TPD-F2	14	120	64.80	106.27	133
Fermentación y Maduración	Sistema Tanques Unitank, Tanques para Almacenar Cerveza, y Tanques de Agua Desaireada Futuros	TPD-F2	9	275.10	165.10	270.76	338
	Sistema CIP, Sala de Control y Sala de Levadura	TPD-F2	7	316.29	179.89	295.01	369
Refinación y Filtración	Refinación y Filtración Futura	TPD-F2	16	306.03	168.03	275.56	345

4.5 Sistemas de Puesta a Tierra'

A) Finalidad

Están destinados a conducir y dispersar diversos tipos de corriente eléctrica cumpliendo los siguientes objetivos:

- Evitar gradientes peligrosos de tensión entre la infraestructura de superficie y el suelo, para así dar protección a las personas y equipos.
- Propiciar un circuito conductor y/o dispersor de baja impedancia a un menor coste para la correcta operación de la protección; la dispersión de corrientes altas y evitar el retorno de corriente de operación normal.

B) Resistividad Típica de Suelos

El comportamiento eléctrico de los suelos, está determinado por el contenido de materiales resistivos y el nivel de humedad del terreno. (Ver Apéndice)

En nuestra planta tenemos que el terreno es homogéneo en todo su área, siendo su contenido de arcilla, arena y piedra de poca compactación, el nivel de humedad mayormente proviene de la precipitación por lluvias

Al efectuar mediciones del terreno se tiene un valor de resistividad de 200 Ω -mts.

c) Criterio de Cálculo para la Puesta a Tierra

El sistema de tierra se diseñará para alcanzar valores recomendados por el Código Eléctrico Peruano.

La línea colectora de puesta a tierra la dimensionaremos de forma que soporte un cortocircuito bipolar con contacto a tierra.

Para una distancia reducida entre los puntos en que se produce dicha falla; la corriente bipolar a tierra es igual a la corriente de cortocircuito bipolar (I_{ccb}) sin contacto a tierra y se calcula de la siguiente manera.

$$I_{ccb} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cc} \quad (1)$$

a) Lado de 10 kV

De cálculo tenemos que I_{cc} en 10 kV es = 28.86 KAmper

∴ Aplicando (1) I_{ccb} en 10 kV es = 26.81KAmper

b) Lado de 2.3 kV

De cálculo anteriores I_{cc} en 2.3 kV = 9.296 KAmper

∴ I_{ccb} en 2.3 kV = 7.98 KAmper

c) Lado de 440V

De cálculo anteriores I_{cc} en 440V = 48.59 KAmper

∴ I_{ccb} en 440V = 41.78 KAmper

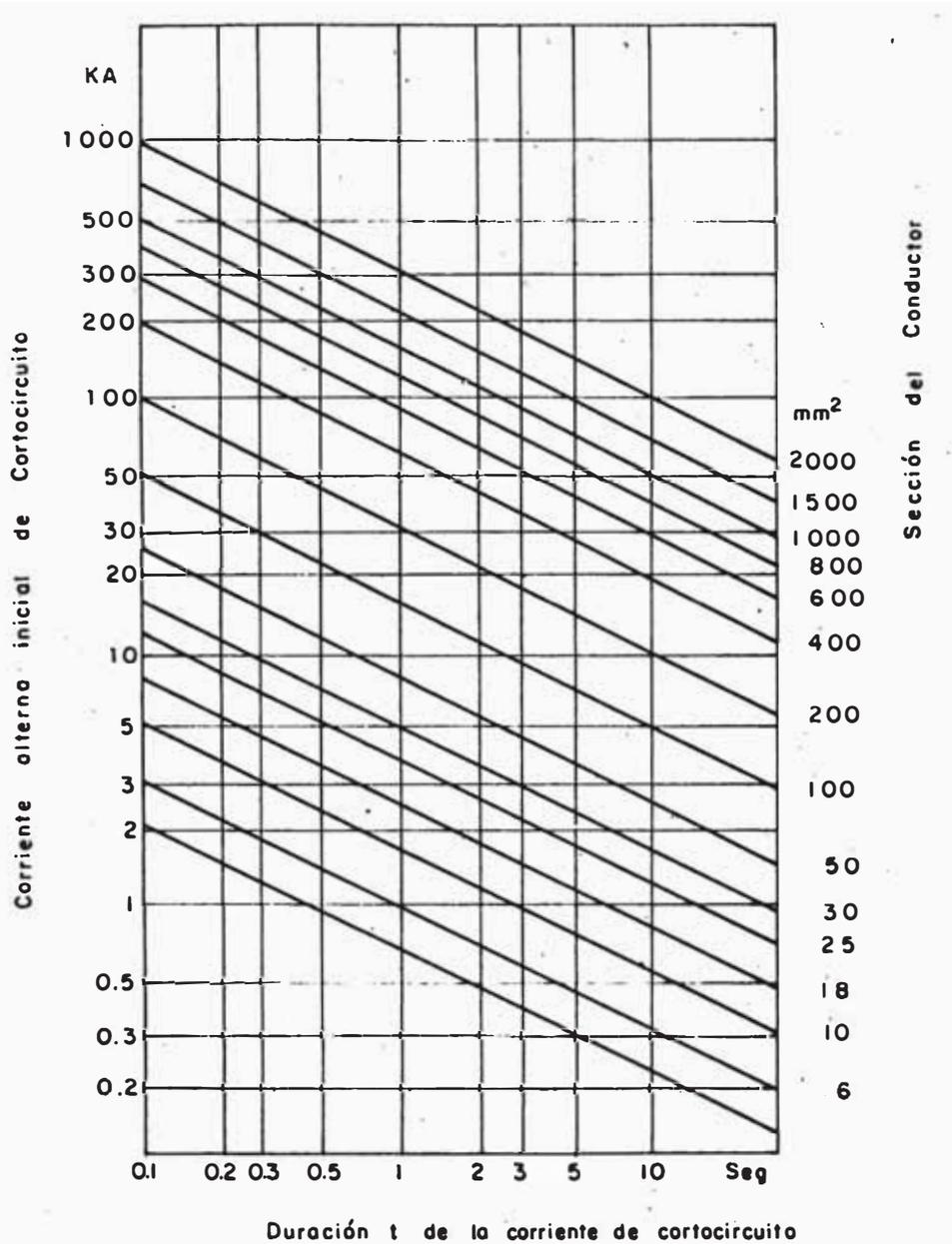


GRAFICO N° 2 .- GRAFICO PARA RELACIONAR CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO Y TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE Cu.

D) Tamaño del Conductor

De gráfico N°2 que relaciona la corriente de cortocircuito bipolar con tamaño del conductor para diferentes duraciones de la corriente de falla.

a) Lado de 10 kV

Para una corriente de falla de 27 KAmper durante 0.1 segundo necesitaremos un conductor no menor de 30 mm^2

b) Lado de 2.3 kV

Para una corriente de falla de 8 KAmper durante 0.1 seg. necesitaremos un conductor no menor de 10 mm^2

c) Lado de 440V

Para una corriente de falla de 42 KAmper durante 0.1 seg. necesitaremos un conductor no menor de 60 mm^2

E) Cálculo de la Resistencia del Electrodo

Consideraremos que el equipo de puesta a tierra será efectuado con electrodo tipo cooperweld de $3/4" \phi$ x 6' de longitud enterrado verticalmente a una profundidad de 400 mm. (Ref. Plano RGM-009).

Esta forma de equipamiento e instalación de puesta a tierra será igual en cualquiera de los nuevos sistemas de distribución eléctrica a remodelar.

Para calcular la resistencia de un electrodo de tierra considerando todas las características antes men

cionadas usaremos la siguiente fórmula

$$R = 0.366 \frac{\rho}{L} \text{ Log } \frac{2L}{d} \sqrt{\frac{4h + 3L}{4h + L}} \quad (2)$$

ρ : resistividad del terreno: 200 Ω - mts

L : longitud de la varilla = 6'

d : diámetro de la varilla = 3/4" ϕ

h : profundidad = 400 mm

R : resistencia del electrodo

Reemplazando datos en (2) tendremos

$$R = 17.55 \Omega < 25 \Omega$$

CAPITULO 5

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES

5.1 Alcances

Estas especificaciones cubren las descripciones de las características técnicas, el diseño, montaje y pruebas de los equipos, materiales y accesorios usados en el proyecto de remodelación de las instalaciones eléctricas de la Cervecería Modelo; planta de propiedad de la Cía. Nacional de Cerveza S.A. que está ubicada en el distrito de Carmen de la Legua - Callao a 100 m.s.n.m. con una temperatura que varía de 10°C á 36°C y una humedad relativa que varía entre 80% á 96%.

Para una mejor presentación y de acuerdo al desarrollo de nuestro proyecto describiremos los sistemas de distribución eléctrica que se ha determinado remodelar.

- Sistema de distribución eléctrica en 10 kV
- Sistema de distribución eléctrica en 2.3 kV
- Sistema de distribución eléctrica en 440 V

5.2 Sistema de Distribución Eléctrica en 10 kV

Este comprenderá las descripciones técnicas generales desde los nuevos cables alimentadores en 10 kV proyectados desde la nueva sub-estación en 60 kV/10 kV que esta

rá ubicada cerca de la subestación N° 821 de Electrolima - hasta la acometida de las nuevas sub-estaciones (Ref. plano RGM-005), debiéndose incluir las obras civiles y requerimientos de equipamiento eléctrico de estas nuevas sub-estaciones

5.2.1 Cables Alimentadores

Serán tripolares para tensión de 10 kV del tipo NKY con conductores de cobre electrolítico recocido, temple blando, forrado con cinta de papel impregnado en aceite no migrante, con sección de 50 mm^2 y 70 mm^2 respectivamente con capa protectora de aleación de plomo y cubierta final de PVC de color rojo.

Los materiales, manufactura y prueba de los cables a suministrarse deberán cumplir los requerimientos de la última versión de las normas ASTM B-3, ASTM B-8 para los conductores, y la norma CEI-20-1/65 para el aislamiento.

La instalación de los cables será subterránea y usará para su proyección el mismo recorrido de los ductos y buzones actuales; se empleará un ducto de concreto de 4 vías de 4" ϕ c/u de 1 mt de longitud, el que será colocado en una zanja de 0.80 mts de profundidad y 0.60 mts de ancho, el fondo de la zanja se recubrirá con un solado de concreto de 0.05 mts de espesor, sobre ella irá el ducto de concreto, luego será cubierto hasta terminarse drellenar la zanja con tierra compacta.

Los ductos deben ser hechos a máquina, con agua potable, arena limpia y cemento Portland de acuerdo a las normas de Electrolima ON-ET-63.

5.2.2 Acometida

Se empleará 4 ternas independientes en 10 kV del cable tipo NKY las que se proyectan en forma subterránea desde la sub-estación en 60 kV/10 kV que esta ubicada cerca de la sub-estación N°821 de Electrolima, hasta los locales de las nuevas sub-estaciones, siendo su acceso a estas por la parte anterior e izquierda debiendo tener un radio no menor de 15 veces del diámetro del cable.

Estos cables alimentarán a las celdas de llegada de alta tensión de c/u de las nuevas sub-estaciones, para lo cual cuenta con una botella terminal tripolar apropiada para el nivel de tensión, capacidad y características del cable, debiendo ser para instalación interior con aisladores y con su masa aislante para protección.

5.2.3 Interruptores de Potencia

Se instalará 4 interruptores automáticos de la marca B.B.C tipo rm 17.5 p/50 ó similar, estos son aparatos en volumen reducido de aceite, tripolares con capacidad de 630 amp. y tensión nominal de 13.8 kV, para desconexión automática bajo carga, mando manual accionado con palanca, siendo su cierre manual y de fabricación en -

ejecuciones fijas y extraíbles con carro rodante y contactos enchufables.

Su construcción estará compuesto de mecanismos simples y ampliamente dimensionados en su diseño teniendo especial cuidado en simplificar las operaciones de mantenimiento.

Estará previsto para las siguientes condiciones de servicio:

- Tensión nominal : 13.8 kV.
- Corriente nominal : 630 Amp.
- Corriente de Corto Circuito : 29 kAmp.
- Tiempo de apertura : 0.05 seg.
- Potencia de Corto Circuito : 500 mVA.
- Frecuencia nominal : 60 Hz.

5.2.4 Relés de Protección

Para proteger el sistema contra sobrecarga y corto circuito los interruptores de potencia estarán equipados con dispositivos de protección en 2 ó 3 veces la corriente nominal de alta, con disparo automático de 3 á 6 veces la corriente nominal, con retardo que es función del tiempo y ajustado a la corriente nominal, está previsto para las siguientes condiciones de servicio.

- Corriente nominal : 116 Amp.
- Rango de calibración : 90 - 150 Amp.
- Tiempo de disparo : 0.2 - 5 seg.

5.2.5 Barras de Alta Tensión

Las barras serán de Cobre Electrolítico de alta conductividad de 1 1/4"Ø para tensión de 10 kV y que pueda soportar una corriente nominal de 150 Amp.

5.2.6 Aisladores Portabarras

Estos serán para 10 kV y para servicio, interior, llevarán en sus extremos piezas metálicas en forma de casquillo, fabricados y probados según normas din 48101 de clase B, que soportan esfuerzos de 750 Kgs.

5.2.7 Seccionadores Fusibles

Se usará seccionador tripolar de potencia para instalación interior de la marca B.B.C tipo FNAG o similar, equipado con fusibles de mando manual y a distancia.

Estará previsto para las siguientes condiciones de servicio.

- Tensión nominal : 12 kV.
- Corriente nominal : 630 Amp.
- Corriente Corto Circuito : 75 KAmper.
- Potencia de Corto Circuito : 1,000 MVA.
- Capacidad de corriente del fusible : 150 Amp, tipo H-T.

5.2.8 Transformadores

Serán 4 transformadores trifásicos de distribución, 2 para la Sub-estación N°2 y 2 para la Sub-estación N°3, serán para montaje interior, tipo convencional, con tanque y en baño de aceite, de enfriamiento natural, diseñado para las siguientes características.

Sub-Estación N°2

Potencia nominal	:	2,000 kVA.
Frecuencia	:	60 Hz.
Lado de alta tensión	:	10 kV.
Lado de baja tensión	:	440 V.
Conexión de alta tensión	:	Triángulo
Conexión en baja tensión	:	Estrella con neutro.
Impedancia de Corto Circuito	:	5 %
Grupo	:	DY5.
% de regulación de tensión en A.T	:	2 x 2.5 %.
Temperatura de operación	:	40 °C.

Sub-Estación N°3

Potencia nominal	:	2,000 kVA.
Frecuencia	:	60 Hz.
Lado de alta tensión	:	10 kV.
Lado de baja tensión	:	2.3 kV.
Conexión de alta tensión	:	Triángulo
Conexión en baja tensión	:	Estrella con neutro.

Impedancia de Corto Circuito : 5%
Grupo : DY5
% de regulación de tensión en A.T : 2 x 2.5%.
Temperatura de operación : 40 °C.

5.2.9 Accesorios

Los 4 transformadores deberán tener tanque conservador con nivel indicador de aceite, bornes de puesta a tierra, tapón de llenado, válvula de vaciado, toma de muestra de aceite, ruedas orientables, deshumecedor de silicagel termómetro de dial, válvula de seguridad, y ganchos de suspensión.

Los transformadores irán c/u en su celda sobre la boca de salida de los canales de ventilación hechos para tal efecto.

5.2.10 Celdas de Alta Tensión

Se instalará para c/u de las nuevas Subestaciones N°2 y N°3, 4 celdas de alta tensión, siendo 2 de éstas las celdas de llegada y las otras 2 celdas de transformación.

Las celdas de llegada tendrán perfiles como parte de su estructura, sus paredes laterales y posteriores serán de ladrillo, en su interior se colocará el interruptor de potencia.

Las celdas de transformación tendrán perfiles como parte de su estructura, sus paredes laterales y posteriores serán de ladrillo, tendrán malla en su parte anterior, que a la vez será puerta, los perfiles y las mallas serán tratadas con pintura y base y acabado, llevando una señalización de peligro de muerte. Las dimensiones de las celdas serán:

Sub - Estación N° 2

<u>Celdas de llegada</u>	Celdas de Transformación
Largo : 1 mts.	Largo : 3.3 mts.
Ancho : 2.20 mts.	Ancho : 2.20 mts.
Alto : 3.30 mts.	Alto : 3.30 mts.

Sub - Estación N° 3

Celdas de llegada	Celdas de Transformación
Largo : 1 mts.	Largo : 3.3 mts.
Ancho : 1.80 mts.	Ancho : 1.80 mts.
Alto : 3.30 mts.	Alto : 3.30 mts.

5.2.11 Obras Civiles

Se acondicionará 2 locales en la sección actual de casa de fuerza ubicados según muestra en el plano RGM-004, en estos locales se instalarán las 2 nuevas Sub-estaciones que serán del tipo superficie, albergando en su interior a los equipos de transformación y recepción de tensión.

5.2.12 Sub-Estación N°2

Sus dimensiones generales son de 9.7 mts. de largo x 5.00 mts. de ancho x 6.80 mts. de altura; para su ventilación la boca del canal de ingreso será de 1.6 mts. x 1.5 mts. y su longitud será de 10 mts., este canal estará cerrado por una tela metálica de hierro con anchura de malla de 15 mm. cuyos hilos tienen un diámetro de 1.2 mm.

La ventana de la Sub-estación tendrá un largo de 4 mts. x 1.2 m de alt. será del tipo persiana, con platina de 5 mm. de espesor siendo la distancia entre platina de 0.08 mts. y el ángulo que forman con la vertical 60°, el marco de la ventana será de perfiles angulares de 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" y tendrá refuerzos verticales del mismo ángulo cada 0.90 mts. (Ref. Plano RGM-007).

5.2.13 Sub-Estación N°3

Sus dimensiones generales son de 6.5 mts. de largo x 5.00 mts. de ancho x 6.80 mts. de alto; para su ventilación posee 2 ductos de ingreso y 2 ventanas de salida la boca del canal de ingreso será de 1.6 mts. x 1 mt., en su interior al canal tendrá una sección de 1.6 mts. x 1.5 mts. y su longitud de 5.2 mts., este canal estará cerrado por una tela metálica de hierro con anchura de malla de 15 mm. cuyos hilos tienen un diámetro de 1.2 mm.

Las ventanas de salida tendrán un largo de 1.6 mts. x 1.2 mts. de altura c/u serán del tipo persiana con platina de 5 mm. de espesor, siendo la distancia entre -

estas de 0.08 mts., el ángulo que forman con la vertical 60°, el marco de la ventana será de perfiles angulares - de 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" y tendrá refuerzos verticales del mismo ángulo cada 0.90 mts. para darle seguridad y rigidez (Ref. Plano RGM-008).

5.3 Sistema de Distribución Eléctrica en 2.3 kV

Este comprenderá las descripciones técnicas generales desde los cables de salida en 2.3 kV proyectados desde la nueva Sub-estación N°3, hasta el tablero principal de distribución eléctrica en 2.3 kV, debiéndose incluir los accesorios, instalaciones y equipamiento eléctrico para la operación medición y protección.

5.3.1 Cables Alimentadores

Serán unipolares para tensión de servicio de 5 kV, del tipo N2YSY con conductores de Cobre electrolítico recocido, temple blando, cableado con centríco, con cinta semiconductora aplicada heliciodalmente, con aislamiento de polietileno, cinta simiconduc tora y cinta de cobre con pantalla electrostática, chaqueta exterior de PVC de color rojo de 120 mm² de sección.

Los materiales, manufactura y prueba de los cables a suministrarse deberán cumplir con las normas de la ASTM y la norma de la CEI.

5.3.2 Sistema de Alimentación en 2.3 kV

Se empleará 2 cables del tipo N2YSY en 5 kV por fase, e irán en un ducto de tubería de fierro galvanizado SAP de 4" Ø, los que irán adosados a la pared o techo fijadas mediante soportes colgantes; esta red de tuberías debe formar un sistema unido mecánicamente de caja a caja, siendo hermético y libre de contactos con otras tuberías.

Todas las tuberías, cajas y accesorios de fierro galvanizado deben estar pintados con una capa de anticorrosivo y otra capa de acabado de pintura azul eléctrico (fast L9).

5.3.3 Cajas

Las cajas mayores de 0.50 mts.x0.50mts. serán fabricadas con planchas galvanizadas lisas de 3.2mm. de espesor reforzado con ángulos de 1" x 1"x1/8" las tapas serán del mismo material y espesor e irán empernadas.

5.3.4 Tablero Principal de Distribución en - 2.3 kV.

Para la distribución eléctrica en 2.3kV se tendrá un tablero principal de 9.60' mts.x1.80mts.x1.00- mts, cuyas barras de alimentación se ha dispuesto partida en dos mitades, por que no se desea que los transformado - res trabajen en paralelo, sin embargo estará dotado de un seccionador provisto de los enclavamientos necesarios que

permitan unir las 2 mitades cuando se requiera.

La conexión de los transformadores con el tablero será mediante el uso de cable unipolar N2YSY - de 120 mm.² en 5 kV, e irán dentro de un conducto metálico de 4" Ø.

Para cubrir la eventualidad de proveer energía por corte de suministro se podrá disponer de una posición de la barra en 2.3 kV, para recibir energía de un grupo generador, el elemento de control debe tener en clavamientos para que no trabaje en paralelo con Electro-
lima.

5.3.5 Generalidades

El tablero será del tipo blindado, diseñado para 2.3 kV, este consistirá en un grupo de paneles con los aparatos mostrados en los planos del proyecto cada panel deberá contener todos los componentes necesarios, estén ellos especificados o no para el adecuado funcionamiento del elemento principal contenido en el panel.

A) Construcción

El tablero será para servicio interior, blindado, autosoportado, sin partes bajo tensión accesibles. El techo, las paredes laterales y frontales serán de plancha de acero de 3/32" de espesor empernándose a la

a la estructura de perfiles de 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16.

Cada celda o panel debe estar provisto de puertas abisagradas que permitan el acceso a los equipos instalados en el interior, en las puertas se montarán los instrumentos y elementos de control y señalización.

La construcción del tablero será tal - que permita en el futuro efectuar ampliaciones, así tam bien todos los elementos sujetos a fuerzas electrodinámicas y electromagnéticas se diseñarán para soportar daños de estos efectos. Cada panel contendrá todos los componentes necesarios, según se muestra en el diagrama unifilar, plano RGM-008.

5.3.6 Barras y Aisladores

Se instalarán barras de Cu electrolítico de 99.99% de conductividad de 5 mm x 100 mm, en forma vertical, con capacidad de 1,200 Amp para tensión de 2,3-kV, considerando un incremento de temperatura de 30°C.

A) Aisladores Portabarras

Serán para servicio interior y tensión de 2.3 kV, llevarán en sus extremos piezas metálicas en forma de casquillo fabricados y probados según normas DIN 48100 de clase A que soportan esfuerzos de 375 Kys.

5.3.7 Seccionadores

Serán tripolares, para servicio interior, operación sin carga, de las características que se indican en los planos.

En cada panel con seccionador se montará un dispositivo para el cierre y apertura manual con indicador mecánico de la posición abierto ó cerrado y operable desde fuera del tablero.

5.3.8 Interruptores

Serán automáticos, tripolares, del tipo termomagnético para operar a 2.3 kV, con protección térmica contra sobrecarga y magnética contra corto circuito y estarán dotados de relés de mínima tensión, la capacidad de ruptura mínima sera de 90 KAm, y de características según planos.

El mecanismo de disparo será del tipo común de manera que la sobrecorriente de uno de los polos haga abrir a todos los polos.

5.3.9 Seccionadores de Partición de Barra

Serán manuales, tripolares, para servicio interior, operación sin carga, de las características que se indican en los planos, provisto de enclavamientos necesarios que permitan unir las barras partidas.

5.3.10 Transformadores de Tensión y Corriente

Serán encapsulados, para la tensión y corriente de diseño; de precisión adecuada para el uso.

5.3.11 Instrumentos

Serán del tipo estándar, para tableros, con cajas de montaje semi-embutido en forma cuadrada de 144 mm. de lado, las escalas llevaran marca negra sobre fondo blanco, tendrá escala cubierta por vidrio claro.

La calibración de los instrumentos tendrá una precisión de error no mayor del 15% del valor a plena escala.

Los vatímetros y contadores de energía serán de dos elementos, trifásicos, sin neutro, con dos bobinas de corriente y dos de tensión. Las características y cantidad se indicarán en los planos.

5.3.12 Conmutadores de Control y Luces Indicadoras

Los conmutadores para control y para instrumentos serán del tipo rotativo con placa marcada, indicando la función de cada posición, serán del tipo estándar para tableros de 600V con contactos de amplia capacidad de corriente.

Las luces indicadoras tendrán lámparas de neón, y lentes de color rojo.

5.3.13 Alambrado y Accesorios

Los paneles serán alambrados completamente en fábrica. Las barras y toda otra conexión entre los distintos paneles serán instalados en canaletas espaciales. Los cables de interconexión entre paneles, terminarán en las regletas terminales correspondientes.

A) Regletas Terminales

Se proveerán regletas terminales para la conexión de todos los conductores de control, medición, etc. que salen al exterior, diseñados con un nivel adecuado de aislamiento y con suficiente espacio entre las partes vivas, poseerá medios de sujeción independientes de tal forma de poder conectar o desconectar una u otra sin perturbar al resto.

No se permitirá conectar más de dos conductores a un mismo punto terminal.

B) Conectores Terminales

Se proveerán conectores terminales del tipo a presión sin tornillos para los cables de control y del tipo a presión con pernos o tornillos para las conexiones externas de potencia en baja tensión y de puesta a tierra.

5.3.14 Puesta a Tierra

A todo lo largo del tablero correrá una barra principal de puesta a tierra, esta barra será de Cu, estará provisto de dos grapas una a cada extremo, adecuados para la conexión del conductor de puesta a tierra externo, que será cable de Cu N° 2/0 AWG

Las partes metálicas que no conduzcan corriente estarán conectadas a tierra.

5.3.15 Rotulos

Se suministrarán rótulos adecuados para cada circuito principal, irán mostrados en la cara frontal de cada panel, será de material plástico, laminado, grabados con letra blanca sobre fondo negro y tamaño según especificaciones.

5.3.16 Pintura

Los paneles y miembros de la estructura de los paneles o celdas, serán protegidos contra el óxido, mediante una capa de pintura de anticorrosiva y otra de acabado con pintura azul eléctrico (Fast L9).

5.4 Sistema de Distribución Eléctrica en 440V

Este comprenderá las descripciones técnicas generales desde la alimentación en 440V proyectados desde la nueva Sub-estación N°2, hasta el tablero principal de distri

bución eléctrica en 440V, debiéndose incluir los accesos, instalaciones y equipamiento eléctrico para la operación, medición y protección de este tablero.

5.4.1 Sistema de Alimentación en 440V

Se empleará ductos que serán totalmente cerrados, adecuados para servicio interior y tendrán la forma mostrada en los planos, en el interior del ducto irán las barras de Cu de 99.9% de conductividad de 10 mm. x 100 mm. con capacidad nominal de 4,000 Amp. para tensión de 440V y considerando un incremento de 30°C.

Estas barras en ductos se usarán para acoplar al tablero principal de distribución en 440V.

5.4.2 Tablero Principal de Distribución Eléctrica - en 440V.

Para la distribución eléctrica en 440V se tendrá un tablero principal de 7.20 mts x 2.40 mts x 1 mts, - cuyas barras de alimentación se ha dispuesto partida en dos mitades, ya que no se desea que los transformadores trabajen en paralelo, sin embargo estará dotado de un seccionador provisto de los enclavamientos necesarios para permitir unir las dos mitades cuando se requiera.

Para cubrir la eventualidad de proveer energía por corte de suministro se podrá disponer de una posición de la barra en 440V para recibir energía de un grupo generador; el elemento de control debe tener enclavamien-

tos para que no trabaje en paralelo con Electrolima.

5.4.3 Generalidades

Será del tipo blindado, para 440V, estará compuesto por celdas o paneles con los aparatos mostrados en los planos del proyecto. Cada panel contendrá todos los componentes necesarios, estén ellos especificados o no, para el adecuado funcionamiento del elemento principal contenido en el panel.

El techo, las paredes laterales y frontales serán de plancha de acero de 3/32" de espesor, se empernarán a la estructura de perfiles de 1 1/2"x1 1/2"x3/16", las puertas frontales serán abisagradas que permiten el acceso al interior, en las puertas se montarán los instrumentos, elementos de control y señalización.

La construcción será tal que permita en el futuro efectuar ampliaciones, así también todos los elementos sujetos a fuerzas electrodinámicas y electromagnéticas se diseñarán para soportar sin sufrir daños por estos efectos.

Cada panel contendrá todos los componentes necesarios según se muestra en el diagrama unifilar, Plano RGM-007.

5.4.4 Barras, Soportes y Accesorios

Se instalará barras de Cu electrolítico de 99.99% de conductividad de 10mm x 100mm, se instalará horizontalmente, con capacidad de 4000 Amps. para tensión de 440 V, considerando un incremento de temperatura de 30°C

Los aisladores portabarras serán para 1kV, especificados según normas DIN 48102 de clase C que soporten esfuerzos de 1250 Kgs.

Las barras de tierra serán de capacidad no menor del 50% de las barras principales, tendrá perforaciones para instalar borneras empernadas.

5.4.5 Seccionadores

Serán tripolares, para servicio interior, operación sin carga, de las características indicadas en planos. En cada panel con seccionador se montara un dispositivo para el cierre manual, con indicador mecánico de la posición abierto o cerrado y operable desde fuera.

5.4.6 Interruptores

Serán automáticos, tripolares, del tipo termomagnético para operar a 440V con protección térmica contra sobre carga y magnética contra corto circuito y estarán dotados de relés de mínima tensión, la capacidad de ruptura mínima será de 90 kAmp, y de características según planos.

El mecanismo de disparo será del tipo común.

5.4.7 Seccionadores de Participación de Barra

Serán manuales, tripolares, para servicio interior, operación sin carga, de las características que se indican en los planos, provistos de enclavamientos necesarios que permitan unir las barras partidas.

5.4.8 Transformadores de Tensión y Corriente

Serán encapsulados, para la tensión y corriente de diseño indicada en los planos, de precisión adecuada al uso.

5.4.9 Instrumentos

Serán del tipo estándar, para tableros, con caja de montaje semi-embutido en forma cuadrada de 144m. de lado, las escalas llevarán marca negra sobre fondo blanco, tendrán escala cubierta por vidrio claro.

La calibración tendrá una precisión de error no mayor del 15% del valor a plena escala.

Las vatímetros y contadores de energía serán dotados de dos elementos trifásicos, sin neutro, con 2 bobinas de corriente y dos de tensión.

Las características y cantidades a usar se indicará en los planos.

5.4.10 Conmutadores de Control y Luces Indicadoras

Serán del tipo rotativo, con placas marcas indicando la función de cada posición, tipo estándar, para tablero de 600V, con contactos de amplia capacidad de corriente.

Las luces indicadoras tendrán lámparas de - neón, y lentes de color rojo

5.4.11. Alambrado y Accesorios

El alambrado se hará en fábrica, las barras y otros accesorios serán instalados en canales especiales, los cables de interconexión terminarán en las regletas - terminales siendo estas moldeadas con un buen nivel de - aislamiento y suficiente espacio entre las partes vivas.

Los conectores terminales serán del tipo a - presión sin tornillos para los cables de control y del tipo a presión a tornillos para las conexiones externas.

Se suministrarán rótulos adecuados para cada circuito principal, serán de material plástico laminado, - grabados con letra blanca sobre fondo negro y de tamaño - según especificaciones.

5.4.12 Puesta a Tierra

Se correrá una barra de Cu a todo lo largo - del tablero provisto de grapas a los extremos para la conexión del conductor de puesta a tierra que será un cable N° 2/0 AWG

Las partes metálicas que no conduzcan corriente estarán conectados a tierra.

5.4.13 Pintura

Los paneles y miembros de la estructura de los paneles o celdas serán protegidos contra el óxido mediante una capa de pintura anticorrosiva y otra de acabado con pintura azul eléctrico (Fast L9).

5.5 Pozos de Tierra

Se construirá 6 pozos de tierra repartidos de la siguiente manera, 2 para la parte de alta tensión de la Sub estación N°2, 2 para la parte de alta tensión de la Sub estación N°3, 1 para el tablero principal en 2.3 kV, 1 para el tablero principal en 440V.

Estos pozos de tierra no deben llegar a una impedancia mayor de 25 ohm el electrodo será una varilla de cobre Cooperweld, de la longitud y diámetro necesario.

La preparación del pozo de tierra, se hará en capas de tierra cernida, carbón vegetal, sal según indicaciones del plano.

Las barras de puesta a tierra de los tableros principales de distribución se conectarán a sus pozos de tierra, así mismo, la carcasa de los transformadores, la cubierta de plomo del cable NKY, además de las estructuras de las celdas de alta tensión.

Los conductores de puesta a tierra de la zona de media y baja tensión serán cables del tipo Cu N°2/0 AWG.

5.6 Pruebas e Inspecciones

La instalación debe probarse en su totalidad antes de entrar en servicio, estas pruebas deben estar a cargo de un ingeniero designado por la empresa, debiéndose realizar las siguientes pruebas e inspecciones:

- Continuidad
- Aislamiento entre fases
- Aislamiento entre fases y tierra
- Resistencia de pozos de tierra
- Revisión de conexiones
- Funcionamiento bajo condiciones de servicio simulado.

5.7 Buzones

Serán construidos con paredes de ladrillos, asentados con mortero 1:3, piso de concreto ^{con} mezcla 1:4:8 y tapa de concreto armado. Dicha tapa debe ser colocada a nivel de la calzada o vereda.

Las paredes deberán ser enlucidas con mezcla 1:5 con arena de grano fino.

Dispondrán de tapa de ingreso para personas, de espesor y resistencia adecuados, así como sumideros directos a tierra. Otras especificaciones se muestran en los planos RGM-009 y RGM-010.

Los conductores de puesta a tierra de la zona de media y baja tensión serán cables del tipo Cu N°2/0 AWG.

5.6 Pruebas e Inspecciones

La instalación debe probarse en su totalidad antes de entrar en servicio, estas pruebas deben estar a cargo de un ingeniero designado por la empresa, debiéndose realizar las siguientes pruebas e inspecciones.

- Continuidad
- Aislamiento entre fases
- Aislamiento entre fases y tierra
- Resistencia de pozos de tierra
- Revisión de conexiones
- Funcionamiento bajo condiciones de servicio simulado.

5.7 Buzones

Serán construidos con paredes de ladrillos, asentados con mortero 1:3 peso de concreto con mezcla 1:4:8 y tapa de concreto armado. Dicha tapa debe ser colocada a nivel de la calzada o vereda.

Las paredes deberán ser enlucidas con mezcla 1:5 con arena de grano fino.

Dispondrán de tapa de ingreso para personas, de espesor y resistencia adecuados, así como sumideros directos a tierra. Otras especificaciones se muestran en los planos RGM-009 y RGM-010.

CAPITULO 6

METRADO Y PRESUPUESTO

6.1 Generalidades

El presupuesto del proyecto de "Remodelación de las instalaciones eléctricas de la Cervecería Modelo" está considerado a Set. 85. (Ver Tabla N°IV y Tabla N°V).

En el presente proyecto se tendrá en cuenta los costos de materiales, mano de obra, gastos generales, transporte. Estos determinan el grado de inversión inicial, este valor irá decreciendo con el tiempo durante el cual los costos de operación y mantenimiento aumentarán, por lo que para justificar la inversión debe evaluarse la demanda de producción futura.

De los estudios de factibilidad de ampliación de la compañía se tiene que la vida económica del proyecto en mención es 25 años sin valor residual, debiéndose pagar la inversión inicial en 12 años.

Los impuestos están considerados en los precios de materiales considerándose con cierto margen de exceso, los gastos generales y utilidades se consideran en 20% y los gastos en transporte en 6%.

En la selección de los equipos y accesorios se debe tener prioridad en el uso de productos nacionales existentes en el mercado.

Para la actualización de los precios, se aplicará la fórmula polinómica de Reajuste.

En la fórmula polinómica los subíndices "0" de cada símbolo representan el índice de precio según (Crepc) a la fecha de elaboración del presupuesto (presupuesto base) y los subíndices "r" el índice al momento de reajuste o fecha de la valoración. (Ver Tabla N°VI).

6.2 Metrado y Presupuesto

TABLA IV

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO MAT. P. UNIT INTIS	COSTO M.OBRA P. UNIT INTIS	COSTO PARCIAL	SUB-TOTAL
1.0 <u>Sistema de Distribución Eléctrica 10 kV</u>						
1.1 Alimentación eléctrica en media tensión, incluyendo cables, zanjias, accesorios e instalación completa						
1.1.1 <u>Obras Civiles Acometida</u>						
Apertura y cierre de zanja de 0.80x0.60	mts	160	-	42	3,225	
Buzones según especificaciones	pza	4	700	254	3,816	
Ductos de Concreto de 4 vías 4"Ø x 1 mt.	mts	160	37	10	7,520	
			8,720	5,842		14,562
1.1.2 <u>Cables</u>						
Cable NKY, 10 kV, 3x50 mm ² , 3Ø+cab.term.	mts	320	410	20	137,600	
Cable NKY, 10 kV, 3x70 mm ² , 3Ø+cab.term.	mts	220	490	25	113,300	
			239,000	11,900		250,900
1.2 <u>Equipamiento Eléctrico en 10 kV</u>						
1.2.1 Subestación eléctrica, incluyendo celdas interruptores, accesorios e instalación completa						
1.2.2 <u>Obras Civiles Sub-Estación N° 3 10 kV/2.3kV</u>						
Construcción de celdas de alimentación según especificaciones	Pzas.	2	2,360	960	6,640	
Construcción de celdas de transformación según especificaciones	Pzas.	2	4,750	1,340	12,180	
Construcción de canales, ductos de entrada y salida, colocación de accesorios según especificaciones	Cjto.	1	5,230	670	5,900	
			19,450	5,270		24,720

DESCRIPCION	UNID.	CANT	COSTO MAT. P.UNIT. INTIS	COSTO M.OBRA P.UNIT. INTIS	COSTO PARCIAL	SUB - TOTAL
1.2.3 <u>Equipo Eléctrico Sub-Estación N°3</u>						
10 kV/2.3 kV						
Interrupctor de potencia para 13.8 kV, 6.30 Amp, 3ø	Pza	2	90,000	6,000		192,000
Relés sobrecorriente 90-150 Amp, 10 kV	Pza	6	3,660	1,580		31,440
Seccionador para 10 kV, 630 Amp, 1000 MVA, 3ø	Pza	2	22,000	3,970		51,940
Barras Cu 4.5 mts x 1 1/4" ø, 10 kV Aisladores y portabarras clase B, 10 kV	Jgo	1	3,460	1,660		5,120
Transformador 3 ø, 2,000 KVA, 60 Hz 10 kV/2.3 kV	Pza	18	165	25		3,420
Equipo de maniobra, accesorios y di- versos	Pza	2	300,000	20,000		640,000
Pozo de tierra según especificacio- nes	Cjto	1	7,560	-		7,560
	Pza	2	2,830	300		6,260
			865,610	72,130		937,740

DESCRIPCION	UNID.	CANT	COSTO MAT. P.UNIT. INTIS	COSTO M.OBRA P.UNIT. INTIS	COSTO PARCIAL	SUB-TOTAL
1.2.4 <u>Obras Civiles Sub-Estación N°2</u> <u>10 kV/440V</u> Construcción de celdas de alimenta- ción según especificaciones Construcción de celdas de transfor- mación según especificaciones Construcción de canales, ductos de entrada y salida, colocación de ac- cesorios según especificaciones	Pza	2	2,360	960	6,640	
	Pza	2	4,750	1,340	12,180	
	Cjto	1	2,950	760	3,710	22,530
1.2.5 <u>Equipo Eléctrico Sub-Estación N°2</u> <u>10 kV/440V</u> Interruptor de potencia para 13.8kv, 630 Amp, 3ø Relé sobre corriente 90-150 Amp, 10kv Seccionador para 12 kv, 630 Amp, 1,000 MVA, 3ø Barras Cu 9 mts x 1 1/4" ø, 10 kv Aisladores y portabarras clase B, 10 kv Transformador 2000 KVA, 10 kv/440V, 3ø	Pza	2	90,000	6,000	192,000	
	Pza	6	3,660	1,580	31,440	
	Pza	2	22,000	3,970	51,940	
	Jgo	1	5,130	2,200	7,330	
	Pza	15	135	25	2,400	
	Pza	2	300,000	20,000	640,000	

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO MAT. P.UNIT. INTIS	COSTO M.DE OBRA P.UNIT. INTIS	COSTO PARCIAL	SUB-TOTAL
Equipo de Maniobra, accesorios y diversos	Cjto	1	6,000	-		6,000
Pozo de tierra según especificaciones	Pza	2	2,830	300		6,260
			864,775	72,595		937,370
2.0 Sistema de Distribución Eléctrica 2.3kV						
2.1 Alimentación eléctrica a tablero principal incluyendo conductores, accesorios e instalación completa						
2.1.1 Alimentación en 2.3 kV						
Cables N2YSY 1 x 120 mm ² , 5 kV	mts	815	350	10	293,400	
Tuberías galv. 4" ø x 3 mts	Pza	136	185	15	27,200	
Cajas 0.75 mts x 0.75 mts x 0.30 mts	Pza	12	355	25	4,560	
Accesorios complementarios y diversos	Cjto	1	12,730	-	12,730	
			327,400	10,490		337,890
2.1.2 Tablero Principal en 2.3 kV						
Barras de 5 mm x 100 mm x 9.60 mts	Pza	3	1,275	35	3,930	
Aisladores y portabarras clase A, 2.3kV	Pza	30	123	10	3,990	
Seccionadores 630 Amp, 2.3 kV, 3ø		3	6,330	2,530	26,580	
Estructura del tablero 9.6 mts x 1.8 mts x 1 mt	Celda	12	3,750	120	46,440	
Voltímetro 0-2.3kV y transformador de tensión y conmutador voltímetro	Cjto	2	918	12	1,860	
Amperímetro 0-700A y transformador de corriente y conmutador amperímetro	Cjto	2	728	12	1,480	

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO MAT. P.UNIT. INTIS	COSTO M. DE OBRA P.UNIT. INTIS	COSTO PARCIAL	SUB-TOTAL
KW-h y KW y accesorios	Cjto.	2	3,788	12	7,600	
Amperímetro 0-250 Amp y transformador de corriente, conmutador amperímetro	Cjto.	6	625	15	3,840	
Interruptores termomagnéticos 0-260A	Pza	1	3,272	28	3,300	
Interruptores termomagnéticos 0-150A	Pza	5	2,360	28	11,940	
Alambrado y accesorios	Cjto	1	12,460	-	12,460	
Puesta a tierra según especificac.	Pza	2	2,830	300	6,260	
			119,315	10,365		129,680
3.0 Sistema de Distribución Fléctrica en 440V						
3.1 Alimentación eléctrica a tablero, incluyendo conductores, accesorios e instalación completa						
3.1.1 Alimentación en 440V						
Barras de 10mm x 100 mm, 5 mts. 1 kV,	Jgo	2	2,990	975	7,930	
Accesorios complementarios diversos	Cjto	1	690	-	690	
			6,670	1,950		8,620
3.1.2 Tablero Principal en 440V						
Barras de 5 mm x 100 mm x 7.20 mts x 1 kV	Pza	3	815	35	2,550	
Aisladores portabarras clase C, 1kV	Pza	24	190	10	4,800	

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO MAT. P. UNIT. INTIS	COSTO M. DE OBRA P. UNIT. INTIS	COSTO PARCIAL	SUB-TOTAL
Seccionadores 3,300 Amp, 600V, 3ø	Pza.	3	8,450	1,540	29,970	
Estructura del tablero 1.20 mts x 2.40 mts x 1 mt	Celda	24	2,720	120	68,160	
Voltímetro 0-400V, y transformador de tensión, conmutador voltímetro	Cjto.	2	918	12	1,860	
Amperímetro 0-4000A, y transformador de corriente, conmutador amperímetro	Cjto.	2	728	12	1,480	
KW-h y KW	Cjto	2	3,788	12	7,600	
Amperímetro 0-700 Amp y transforma - dor de corriente y conmutador Amp.	Cjto.	18	728	12	13,320	
Interruptores termomagnéticos 650- 330 Amp	Pza.	11	5,536	54	61,490	
Interruptores termomagnéticos 300- 75 Amp	Pza.	7	1,625	25	11,550	
Alambrado, accesorios y otros	Cjto.	1	18,950	-	18,950	
Puesta a tierra según especificac.	Pza.	2	2,830	300	6,260	
			218,526	9,464		227,990

COSTO TOTAL DOS MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTIDOS MIL INTIS

I/2' 892,000

TABLA V

RESUMEN GENERAL DE GASTOS

	<u>INTIS</u>
I. <u>SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA EN 10 kV</u>	
<u>CABLES</u>	
1.1.2 Cables	<u>239,000</u>
<u>MANO DE OBRA → ACOMETIDA</u>	
1.1.1 Obras civiles acometida	5,842
1.1.2 Cables	11,900
1.2.2 Obras Civiles Subestación N°3 10 kV/2.3 kV	5,270
1.2.3 Equipo eléctrico Subestación N°3	72,130
1.2.4 Obras Civiles Subestación N°2 10 kV/440V	5,360
1.2.5 Equipo eléctrico Subestación N°2	<u>72,595</u>
	173,097
<u>VARIOS</u>	
1.1.1 Accesorios y Materiales acometida	8,720
1.2.2 Accesorios y materiales Subestación N°3	19,450
1.2.4 Accesorios y materiales Subestación N°2	<u>17,170</u>
	45,340
<u>EQUIPO DE TRANSFORMACION</u>	
1.2.3 Equipamiento Eléctrico Subestación N°3	865,610
1.2.5 Equipamiento Eléctrico Subestación N°2	<u>864,775</u>
	1'730,385

II. SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA EN 2.3 kV

<u>CABLES</u>	
2.1.1 Cables	<u>285,250</u>
<u>MANO DE OBRA</u>	
2.1.1 Obras civiles alimentación	10,490
2.1.2 Equipamiento Eléctrico Tablero Principal	<u>10,365</u>
	20,855
<u>VARIOS</u>	
2.1.1 Accesorios y materiales - Alimentación Tablero	<u>42,150</u>

EQUIPO DE DISTRIBUCION

2.1.2 Equipamiento eléctrico Tablero Principal	<u>119,315</u>
--	----------------

III. SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICO EN 440V

<u>MANO DE OBRA</u>	
3.1.1 Alimentación del tablero principal	1,950
3.1.2 Equipamiento eléctrico tablero principal	<u>9,464</u>
	11,414
<u>VARIOS</u>	
3.1.1 Accesorios y materiales alimentación tablero	<u>6,670</u>
<u>EQUIPO DE DISTRIBUCION</u>	
3.1.2 Equipamiento eléctrico tablero principal	<u>218,526</u>

TABLA VI

6.3 Fórmula Polinómica de Reajuste

PROYECTO: REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA CERVECERIA MODELO		FECHA: SET/85		
PRESUPUESTO BASE: SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA EN 10 KV				
LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMFNTO	
	CARMEN DE LA LEGUA	CALLAO	LIMA	
MANO DE OBRA	EQUIPO DE TRANSFORMACION	CABLES	VARIOS	
	D	C	A	
	1'730,385	239,000	45,340	
			131,269	
			437,564	
TOTAL: 2'756,655 INTIS				
0.0627	0.6277	0.0866	0.0154	
SUMATORIA DE COEFICIENTE = 0.0632 + 0.6277 + 0.0866 + 0.0154 + 0.0476 + 0.1587 = 1				
$K = 0.0627 \frac{Jr}{Jo} + 0.6277 \frac{Dr}{Do} + 0.0866 \frac{Cr}{Co} + 0.0154 \frac{Ar}{Ao} + 0.0476 \frac{Tr}{To} + 0.1587 \frac{Gur}{Guo}$				
SIMBOLO	ELEMENTO REPRESENTATIVO		INDICE CREPCO	INCIDENCIA %
J	Mano de Obra (Incluido Leyes Sociales)		047	100
D	Equipo de Transformación		048	100
C	Cables		018	100
A	VARIOS (Material, accesorios y otros)		002	63.5
T	Transporte		032	36.5
Gu	Gastos y Utilidades		039	100

PROYECTO: REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA CERVECERIA MODELO				FECHA: SET./85		
PRESUPUESTO BASE: SISTEMA DE DISTRIBUCION EN 2.3 KV						
LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO			
	CARMEN DE LA LEGUA	CALLAO	LIMA			
MANO DE OBRA	EQUIPO DE DISTRIBUCION	CABLES	VARIOS	TRANSPORTE	GASTOS Y UTILIDADES	
J	D	C	A	T	Gu	
20,855	119,315	285,250	42,150	28,054	93,514	
TOTAL: 589,138 INTIS						
0.0354	0.2025	0.4842	0.0715	0.0477	0.1587	
SUMATORIA DE COEFICIENTE = 0.0354 + 0.2025 + 0.4842 + 0.0715 + 0.0477 + 0.1587 = 1						
$K = 0.0354 \frac{Jx}{Jo} + 0.2025 \frac{Dx}{Do} + 0.4842 \frac{Cx}{Co} + 0.0715 \frac{Ax}{Ao} + 0.0477 \frac{Tx}{To} + 0.1587 \frac{Gur}{Go}$						
SIMBOLO	ELEMENTO REPRESENTATIVO				INDICE CREPCO	INCIDENCIA %
J	Mano de Obra (Incluido Leyes Sociales)				047	100
D	Equipo de Distribución				048	100
C	Cables				018	100
A	Varios (Material, Accesorios y Otros)				002	63.5
T	Transporte				032	36.5
Gu	Gasto y Utilidades				039	100

PROYECTO: REMODELACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA CERVECERIA MODELO FECHA: SEI / 85					
PRESUPUESTO BASE: SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA EN 440V					
LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO		
	CARMEN DE LA LEGUA	CALLAO	LIMA		
MANO DE OBRA	EQUIPO DE DISTRIBUCION	VARIOS	TRANSPORTE	GASTOS Y UTILIDADES	
J	D	A	T	Gu	
11,414	218,526	6,670	14,197	47,322	
TOTAL: 298,129 INTIS					
0.0383	0.7330	0.0224	0.0476	0.1587	
SUMATORIA DE COEFICIENTES = 0.0383 + 0.7330 + 0.0224 + 0.0476 + 0.1587 = 1					
$K = 0.0383 \frac{Jr}{Jo} + 0.7330 \frac{Dr}{Do} + 0.0224 \frac{Ar}{Ao} + 0.0476 \frac{Tr}{To} + 0.1587 \frac{Gur}{Guo}$					
SIMBOLO	ELEMENTO REPRESENTATIVO			INDICE CREPCO	INCIDENCIA
J	Mano de Obra (Incluido Leyes Sociales)			047	100%
D	Equipo de Distribución			048	100%
A	Varios (Material, Accesorios y Otros)			002	63.5%
T	Transporte			032	36.5%
Gu	Gastos y Utilidades			039	100%

CONCLUSIONES

El presente trabajo responde a la necesidad de contar con una referencia de las instalaciones eléctricas que son necesarios para el incremento de la producción de la Cervecería Modelo.

En su elaboración se acudió a la revisión y recopilación de información técnica apropiada, recogida de los archivos de la empresa y suministrada por los proveedores de la nueva maquinaria.

Debido a que por incremento de la producción se instalará mayor número de líneas de producción y generación de servicio, es recomendable por cuestión técnica, económica y de seguridad dar mayor flexibilidad y disponibilidad de operación a la planta, esto se logra repartiendo el incremento de la nueva demanda en varios circuitos o redes independientes.

La ubicación de las nuevas subestaciones debe conjugar los aspectos de cercanía de la subestación del concesionario y al centro teórico de gravedad con los aspectos de facilidad de operación y disponibilidad de áreas libres, es por esto que hemos escogido áreas libres dentro

de la sección actual, casa de fuerza, ya que cumplen con todos los aspectos antes mencionados.

La finalidad de este proyecto ha sido para optar el título de Ing. Mecánico-Electricista, pero además servirá para determinar una alternativa que cumpla todos los requisitos técnicos y económicos, y poder así satisfacer óptimamente las necesidades futuras de energía eléctrica de la Cervecería Modelo.

BIBLIOGRAFIA

1. Asociación Electrotécnica Peruana. Código Eléctrico del Perú
2. Brown Boveri. Equipos Eléctricos para Subestaciones
3. GREPCO. Indices Unificados de Precios
4. H. Pender y W. Del Mar. Manual del Ingeniero Electricista. Editorial Wiley - U.S.A.
5. J.M. Mc Porland. Electrical Systems Design. Editorial W. T. Stuart. U.S.A.
6. Ministerio de Energía y Minas. Normas de Tensión para Distribución Eléctrica Primaria y Secundaria N° 009-TD-1
7. Ministerio de Vivienda. Reglamento Nacional de Construcción
8. Pirelli-Ceper. Conductores Eléctricos para instalaciones Generales
9. Westinghouse Electric Corp. Manual del Alumbrado. Editores Electrónica Iberia.
10. Westinghouse Electric Corp. Catálogo de Productos Eléctricos.
11. Zoppetti, Gaudencio. Estaciones Transformadoras. Editorial Gustavo Gil - Barcelona.
12. Zoppetti, Gaudencio. Redes Eléctricas. Editorial Gustavo Gil - Barcelona.