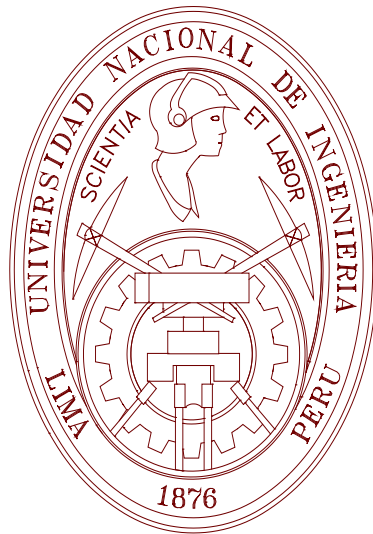


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“AMPLIACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA  
EN EL MUELLE DE REPARACIONES DEL SERVICIO  
INDUSTRIAL DE LA MARINA S.A”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

***HENRRY PAUL RIVERA MUÑOZ***

***PROMOCIÓN 2002 - II***

**LIMA – PERU**

**2006**

*Dedico este trabajo a mi padre Moisés, a mis hermanos y al amor de mi vida Paola por todo su apoyo y comprensión, para la culminación de esta obra que será el inicio de mi carrera profesional como ingeniero.*

# AMPLIACION DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL MUELLE DE REPARACIONES DEL SERVICIO INDUSTRIAL DE LA MARINA S.A

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1 Generalidades	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Ubicación geográfica	6
1.4 Alcances del proyecto	6
1.4.1 Importancia	7
1.4.2 Justificación	7
<b>CAPITULO 2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO</b>	<b>9</b>
2.1 Diagnostico situacional	9
2.2 Instalaciones de energía eléctrica en media y baja tensión	10
2.3 Capacidad instalada del SIMA – CALLAO en energía eléctrica	10
<b>CAPITULO 3. DESCRIPCION DEL PROYECTO</b>	
<b>13</b>	
3.1 Máxima demanda	13
3.2 Instalación de celda de salida en la Sub-Estación 60/10 KV	19
3.3 Red primaria de 10 KV	19
3.4 Sub-Estación de media tensión	19
3.4.1 Recorrido del cable de suministro N2XSY: 3 – 1 x 70 mm <sup>2</sup> de 8.7/15 kV	20
3.4.2 Celda de llegada de 10 kV	20
3.4.3 Celda de transformación	20
3.4.4 Tablero de control, medición y señalización	20
3.4.5 Sistema de puesta a tierra	21
3.5 Sub-Estación de baja tensión	21

3.5.1	Tablero general para carga en 440 VAC	21
3.5.2	Tablero general para carga en 220 VAC	21
3.5.3	Puesta a tierra	22
3.5.4	Ventilación	22
3.5.5	Ductos y canaletas	22
3.6	Suministro de energía al muelle, tomas 220 VAC	22
3.7	Suministro de energía al muelle, tomas 440 VAC	23

## **CAPITULO 4. ESPECIFICACIONES TECNICAS: EQUIPOS, MATERIALES Y MONTAJE ELECTROMECHANICO** **24**

4.1	Generalidades	24
4.2	Equipamiento para la celda de salida en Sub-Estación 60/10 kV	24
4.2.1	Equipos y accesorios para la celda de salida	24
4.2.2	Metrado del equipamiento para la celda de salida en Sub-Estación 60/10 kV	30
4.3	Red de alimentación de 10 kV	31
4.3.1	Materiales para el tendido de los cables de media tensión	31
4.3.1.1	Conductor	31
4.3.1.2	Zanja y recorrido del cable	32
4.3.1.3	Cinta señalizadora de polietileno de alta calidad y resistencia a los ácidos	32
4.3.1.4	Ductos existentes	33
4.3.1.5	Zanja a construirse	33
4.3.1.6	Terminales tipo: HVT clase de 5 - 35 kV	33
4.3.2	Instalación y tendido del cable de media tensión	33
4.3.3	Metrado de materiales y accesorios para el tendido del cable en 10 kV	34
4.4	Sub-Estación de media tensión	35
4.4.1	Celda de media tensión de 10 kV: Características generales	35
4.4.2	Equipamiento para la celda de llegada en 10 kV	37
4.4.3	Equipamiento para la celda de transformación	39
4.4.4	Tablero de control, medición y señalización	44
4.4.5	Metrado del equipamiento en Sub-Estación: Lado de media tensión	46
4.5	Sub-Estación de baja tensión	48
4.5.1	Tablero general: Características generales	48
4.5.2	Equipamiento de los tableros de distribución en 220 VAC, 440 VAC, 60 Hz	50
4.5.3	Metrado equipamiento en Sub-Estación: Lado de baja tensión	56
4.6	Puesta a tierra	60
4.6.1	Pozo de tierra	60
4.6.2	Conductor	61
4.6.3	Electrodo y conductor	61

4.6.4	Ejecución de una puesta a tierra	61
4.6.4.1	Preparación de la obra	61
4.6.4.2	Excavaciones y recarga de sales solubles	62
4.6.4.3	Rellenado, tratamiento y colocación del electrodo	62
4.6.4.4	Medida de la resistencia de dispersión	63
4.7	Equipos auxiliares de protección y maniobra	63
4.7.1	Pértiga	63
4.7.2	Banco de maniobras	64
4.7.3	Guantes	64
4.7.4	Zapatos	64
4.8	Sistema de ventilación	64
4.9	Obra civil de la Sub-Estación	65
4.10	Tendido de los cables de baja tensión al muelle para tomas 220 VAC y 440 VAC	65
4.10.1	Instalación de ductos para el pase de cables hacia las tomas en el muelle	67
4.10.2	Diseño e instalación de caja de paso y toma de energía	68
4.10.3	Diseño e instalación de soportes para sujetar los cables debajo del muelle	69
4.10.4	Metrado para instalación de tomas en el muelle	69
4.11	Pruebas y puesta en servicio	72
<b>CAPITULO 5. CALCULOS JUSTIFICATIVOS</b>		<b>78</b>
5.1	Datos generales	78
5.2	Cálculo y selección del cable alimentador	79
5.2.1	Selección por capacidad de corriente	79
5.2.2	Selección por corriente de cortocircuito	80
5.2.3	Cálculo de la caída de tensión	83
5.3	Diseño de la Sub-Estación en media tensión	84
5.3.1	Cálculo de la corriente nominal	84
5.3.2	Efecto térmico producido por la corriente nominal	88
5.3.3	Efecto térmico producido por la corriente de cortocircuito	88
5.3.4	Cálculo de resonancia	89
5.3.5	Cálculo de la flecha	90
5.4	Selección de los transformadores	91
5.4.1	Cálculo de la potencia del transformador para cargas en 440 VAC	91
5.4.2	Cálculo de la potencia del transformador para cargas en 220 VAC	93
5.5	Diseño de los tableros de baja tensión	95
5.5.1	Diseño del tablero 440 VAC	95
5.5.1.1	Cálculo de la corriente nominal de transporte	96
5.5.1.2	Efectos térmicos producidos por la corriente nominal	100

5.5.1.3 Efectos térmicos producidos por la corriente de cortocircuito	101
5.5.1.4 Cálculo por resonancia	102
5.5.1.5 Cálculo de la flecha	103
5.5.1.6 Selección del equipamiento del tablero 440 VAC	104
5.5.2 Diseño del tablero de 220 VAC	104
5.5.2.1 Cálculo de la corriente nominal de transporte	104
5.5.2.2 Efectos térmicos producidos por la corriente nominal	109
5.5.2.3 Efectos térmicos producidos por la corriente de cortocircuito	109
5.5.2.4 Cálculo por resonancia	110
5.5.2.5 Cálculo de la flecha	111
5.5.2.6 Selección del equipamiento del tablero 220 VAC	112
5.6 Resistencia de puesta a tierra	112
5.7 Ventilación con renovación de aire	115
5.8 Cálculo para la iluminación de la Sub-Estación	117
5.9 Cálculo y selección de los cables de baja tensión	118
5.9.1 Selección por capacidad de corriente	118
5.9.2 Selección por corriente de cortocircuito	119
5.9.3 Cálculo de la caída de tensión	121

## **CAPITULO 6. METRADO Y PRESUPUESTO**

### **125**

6.1 Cronograma de las actividades a desarrollarse	125
6.2.1 Diagrama de Gantt	125
6.2.2 Diagrama de flujo	125
6.2 Presupuesto total de proyecto global	126
6.2.1 Presupuesto del proyecto (Alimentación Energía Eléctrica)	127

## **CAPITULO 7. ANALISIS DE COSTO 131**

7.1 Generalidades	131
7.2 Importancia de la producción en Reparación de Naves en el SIMA – CALLAO	132
7.3 Análisis de Máxima Demanda en los Diques Flotantes	134
7.4 Proyección en el tiempo del número de Naves Ingresadas en los Diques Flotantes	139
7.5 Análisis sobre la inversión del proyecto global	142
7.5.1 Valor presente y evaluación del costo capitalizado (VAN)	142
7.5.2 Tasa interna de retorno (TIR)	143
7.5.3 Relación beneficio costo (B/C)	145

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>146</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>149</b>

Anexo 1.- "Planos"

- Plano SPC.56.03.00.00 - Red de Energía Eléctrica Media Tensión 10KV
- Plano SPC.56.03.00.01 - Esquema de Principio 60/10 KV
- Plano SPC.56.03.00.02 - Esquema Unifilar Sub - Estación N° 22
- Plano SPC.56.03.00.03 - Esquema Arquitectónico Sub - Estación N° 22
- Plano SPC.56.03.00.04 - Esquema de Estructura Sub - Estación N° 22
- Plano SPC.56.03.00.05 - Esquema de Cimentación Sub - Estación N° 22
- Plano SPC.56.03.00.06 - Esquema de Electricidad Sub - Estación N° 22
- Plano SPC.56.03.00.07 - Dimensión Celda de Media Tensión (Auto soportada)
- Plano SPC.56.03.00.08 - Dimensión de los tableros de Control de Baja Tensión
- Plano SPC.56.03.00.09 - Recorrido de la Red de Baja tensión - Muelle de Reparaciones
- Plano SPC.56.03.00.10 - Cables de Baja Tensión Debajo del muelle, Soporte Tipo U
- Plano SPC.56.03.00.11 - Detalle de Caja de Paso, Detalle de Caja de Toma de Energía

Anexo 2.- "Gráficos"

- Grafico 1 : Potencia Contratada en Horas Punta
- Grafico 2 : Potencia Contratada en Horas Fuera de Punta
- Grafico 3 : Zanja y Tendido del Cable ( 1er Tramo)
- Grafico 4 : Zanja y Tendido del Cable ( 2do Tramo)
- Grafico 5 : Disposición de los equipos y materiales a utilizar durante el tendido del Cable
- Grafico 6 : Diagrama de Gantt
- Grafico 7 : Diagrama de Flujo
- Grafico 8 : Producción por línea de Negocios en el SIMA – CALLAO
- Grafico 9 : Dique Flotante ADF – 104
- Grafico 10 : Dique Flotante ADF – 106
- Grafico 11 : Dique Flotante ADF – 107
- Grafico 12 : Comparación entre Naves ingresadas con o sin proyecto
- Grafico 13 : Comparación entre Ventas facturadas con o sin proyecto

Anexo 3.- "Fotos"

- Ubicación de los Diques Flotantes en el Muelle de Reparaciones
- Toma de Energía Eléctrica 220 VAC y 440 VAC, Agua y Aire
- Soporte de toma de Energía Eléctrica, Agua y Aire

Anexo 4.- "Catálogos"

- Catalogo de Interruptor de potencia en vacío VD4, 17.5KV
- Capacidad de corriente de barras de Derivación de cobre (DIN 43671)
- Seccionadores Tripolares Tipo NALF
- Interruptor de Potencia Tripolar 12KV
- Fusibles limitadores de corriente tipo CEF
- Transformadores trifásicos de distribución en aceite
- Relés de Protección " SPAJ 131C "
- Transformadores de Corriente " KOFD INDOOR TYPE "
- Transformadores de Tensión " KRED INDOOR TYPE "
- Catalogo Terminales tipo HVT, clase 5 - 35KV
- Conductor N2XSY : 3 – 1 x 70 mm<sup>2</sup> de 8.7 / 15 KV, Unipolares
- Sistema de puestas a tierra
- Celda de Baja tensión PC 3.0
- Analizador de redes Marca Merlin Gerin / Sq – D, Modelo PM 820
- Conductor NYY : 3 – 1 x 70 mm<sup>2</sup> de 8.7 / 15 KV, Unipolares



## PROLOGO

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado por encargo de la Dirección Ejecutiva de los Servicios Industriales de la Marina S.A. con la finalidad de **Ampliar el Suministro de Energía Eléctrica en el Muelle de Reparaciones**, del Centro de Operación N° 1 SIMA - CALLAO, dentro del cual se encuentran ubicados los tres Diques Flotantes. (ADF - 104, ADF - 106, ADF - 107)

La presente tesis enfocará la construcción de una Sub-Estación con una potencia instalada de 2.0 MVA, así también se analizará el cálculo de los conductores, la selección de equipos y accesorios para la puesta en servicio del suministro de energía eléctrica en baja tensión (220 VAC, 440 VAC) para el Muelle de Reparaciones (Ex – Muelle de Montaje), de acuerdo a la Máxima Demanda requerida por los Diques Flotantes; estos puntos se desarrollarán en los siguientes capítulos:

**Capítulo I:** Se plantea el propósito de la tesis, el método de trabajo, los alcances y limitaciones, así como los objetivos generales y específicos.

**Capítulo II:** Se muestra los antecedentes del problema, diagnóstico situacional, las instalaciones de media y baja tensión, capacidad instalada del SIMA-CALLAO en energía eléctrica.

**Capítulo III:** Se detalla la descripción del proyecto, mencionando la máxima demanda de energía eléctrica requerida para los trabajos realizados en los diques flotantes, así como las ampliaciones requeridas para la ejecución del presente proyecto.

**Capítulo IV:** Se muestra las especificaciones técnicas de los materiales y equipos a utilizar en el montaje, los accesorios de maniobra para la instalación, la obra civil para la puesta de la Sub-Estación, la selección e instalación del transformador, el diseño e instalación de las cajas de paso y las cajas de toma de energía, el montaje del sistema de puesta a tierra y las pruebas de operación.

**Capítulo V:** Se detallan los cálculos para la selección de los materiales a utilizar considerando lo establecido por el Código Nacional de Electricidad (CNE), asimismo se describe la selección de los elementos de protección, de control y mando.

**Capítulo VI:** Se muestra el cronograma de las actividades a desarrollar en el presente proyecto, diagramas de Gantt, el presupuesto total del proyecto y el diagrama de flujo de las actividades a desarrollar.

**Capítulo VII:** Se detalla el análisis de costo / beneficio del proyecto.

El presente trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo brindado por los siguientes directivos: Capitán de Navío Jaime Norvani Noguero **Jefe del Servicio Industrial de la Marina - Callao**, Capitán de Fragata José Moreno González **Jefe de Producción del Servicio Industrial de la Marina - Callao**, Ing. Jesús Alfaro Leiva **Jefe de la División de Mantenimiento y Servicios del Servicio Industrial de la Marina – Callao** a quienes agradezco profundamente.

Agradezco también al personal técnico de Producción, por las facilidades y el apoyo brindado en todo momento para la elaboración y ejecución del presente trabajo.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

El adecuado suministro de energía eléctrica en cualquier actividad industrial es un factor preponderante en la obtención de productos o servicios de calidad, dicho suministro influye en la vida útil de los equipos, maquinarias e inclusive en el comportamiento del personal que labora en estas industrias.

Se ha observado que el suministro de energía eléctrica en el Muelle de Reparaciones del SIMA - CALLAO es deficiente debido a las constantes caídas de voltaje, esto se debe a que los conductores de alimentación no han sido diseñados para soportar la máxima demanda generada por los tres diques flotantes, además de no contar con una adecuada distribución y cantidad de tomas en el muelle, lo que perjudica el Proceso de Mantenimiento y Reparaciones Navales manifestándose en continuos retrasos del mismo; esto implica un aumento en los costos de producción y una disminución de las utilidades de los trabajos que frecuentemente se realizan dentro del Proceso de mención, los cuales son: cambio de planchas de las naves mediante el proceso de soldadura, instalación de ánodos de Zinc para la protección catódica de las naves, arenado con escoria de cobre de la superficie de las naves, pintado de obra viva y obra muerta de las naves y en las maniobras de ingreso y salida de las naves (funcionamiento de bombas de lastre y achique de los diques flotantes), además de la operación de refrigeración de la nave en diqueo que se genera por electrobombas las cuales son alimentadas con energía eléctrica desde las tomas del muelle. Es necesario mencionar que las actividades de arenado y pintado se realizan con aire comprimido, el cual es abastecido por los compresores desde la Casa de compresora #1 y #3, que son alimentadas con energía eléctrica por la Sub-Estación # 1.

El método de trabajo se ha elaborado sobre la base del equipamiento y personal que cuenta el SIMA - CALLAO, considerando los proyectos en ejecución por los talleres; es decir se ajustó la programación de trabajos teniendo en cuenta la capacidad instalada de la empresa.

Espero que el presente trabajo sirva como guía para investigaciones o replanteamientos en la optimización del Suministro de Energía Eléctrica, asimismo quisiera recalcar que con el avance de la tecnología es posible seguir mejorando la calidad de suministro de energía eléctrica pues cada día se fabrican elementos más eficientes que los que contamos ahora y la existencia de una empresa dependerá del uso oportuno de éstas tecnologías que les permitirá tener procesos eficientes para poder ser competitivos en un mundo cada vez más globalizado.

Finalmente, es necesario aclarar que el proyecto global consta de 7 sistemas para el funcionamiento ideal del Muelle, así como también del asfaltado de la superficie del mismo, pero que por motivo de puntualizar este trabajo sé esta dando a conocer solamente un sistema, el cual es de gran importancia para el funcionamiento de los trabajos a realizarse.

#### 1.1 Generalidades

El proyecto presentado está referido al diseño de una Sub-Estación de transformación en 10 / 0.46 - 0.23 kV, 60 Hz para la alimentación de los diques flotantes ADF - 106, ADF - 107 y tomas de energía en 220 VAC y 440 VAC en el lado babor y estribor del Muelle de Reparaciones. (Ex – Muelle de Montaje)

El punto de alimentación fijado será en la Sub-Estación de 60/10 kV, este corresponde a una tensión de 10 kV, con una potencia de corto circuito de 250 MVA y tiempo de apertura de 0.2 s, donde se instalará los equipos de la celda de salida para suministrar energía a la Sub-Estación proyectada.

La Sub-Estación eléctrica convencional a construirse será localizada al costado del edificio de construcciones navales. (actualmente es el pañol de seguridad X - 77), ver plano **SPC.56.03.00.03**, Esta contará con un área de 59.82 m<sup>2</sup> y una altura de 3.50 m desde el piso hasta el nivel inferior del techo.

Para sellar las canaletas por donde se emplazarán los conductores eléctricos se utilizará un aditivo (SIKA), el cual por sus propiedades impedirá la infiltración de agua.

Dicha Sub-Estación está diseñada, de tal forma que los equipos de media tensión, transformadores y tableros de baja tensión se encuentren montadas en diferentes áreas, de tal manera que los tableros de distribución no se expongan a ser dañados en caso de una falla o avería en el lado de media tensión, dándose además un área adecuada para que el operador pueda transitar por la Sub-Estación sin problemas de inducción de campo eléctrico y hacer maniobra para el traslado de los transformadores para su reparación o mantenimiento.

Cabe mencionar que la Sub-Estación no contará con banco de condensadores automáticos en baja tensión puesto que el sistema de alimentación principal cuenta con bancos de condensadores en barras de media tensión en la Sub-Estación 60/10 kV, los cuales se muestran en el plano **SPC.56.03.00.01 (ver anexo 1)**

Para mayor información véase apéndice 1.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Ampliación del suministro de energía eléctrica al Muelle de Reparaciones (Ex - Muelle de Montaje), mediante la construcción de una Sub-Estación, a fin de lograr mayor eficiencia en los trabajos de producción y una mayor utilidad para la empresa.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el análisis Costo / Beneficio del proyecto.
- Diseñar una Sub-Estación convencional para suministrar energía eléctrica al muelle.
- Seleccionar cables adecuados capaces de soportar la corriente de corto circuito y cuya caída de tensión máxima esté de acuerdo con los estándares del CNE.
- Instalación de tomas de energía eléctrica en 220 VAC y de 440 VAC en el lado Babor y estribor del muelle de acuerdo a los cálculos obtenidos de la máxima

demanda, de manera que los trabajos efectuados en los diques flotantes sean más eficientes.

### 1.3 Ubicación Geográfica

El **SIMA - CALLAO**, está ubicado en el interior de la **Base Naval del Callao** cuya dirección es Av. Contralmirante Mora 1102, dentro de la Provincia Constitucional del Callao, departamento de Lima – Perú.

### 1.4 Alcances del Proyecto

#### **Lado de Media Tensión:**

- Rehabilitación e instalación de la acometida de la red subterránea de 10 kV.
- Diseño del diagrama Unifilar en 10 kV.
- Diseño de la caseta para la Sub-Estación.
- Diseño de la celda de llegada de 10 kV
- Diseño de la celda de transformación #1: Transformador de 400 kVA, 10 / 0.23 kV.
- Diseño de la celda de transformación #2: Transformador de 800 kVA, 10 / 0.46 kV.
- Diseño de la celda de transformación #3: Transformador de 800 kVA, 10 / 0.46 kV.
- Diseño del tablero de control, medición y señalización.
- Selección de los transformadores de potencia.

#### **Lado de Baja Tensión:**

- Diseño y disposición de los tableros de fuerza de baja tensión, 440 VAC – 220 VAC.
- Diseño del diagrama unifilar de acuerdo a las cargas.
- Sistema de medición en el lado de baja tensión.
- Diseño de la caja de paso principal.
- Diseño de los soportes bajo el muelle para sujeción de los tubos tipo PVC – SAP, por donde pasarán los cables de baja tensión hacia las tomas.
- Diseño de las cajas de toma de energía en 220 VAC y 440 VAC en el lado de Babor y Estribor del muelle.

#### 1.4.1 Importancia

Uno de los trabajos de mayor demanda en el SIMA - CALLAO es la reparación de embarcaciones, las cuales dan una gran rentabilidad para la empresa. Estos trabajos se realizan en los diques.

El SIMA - CALLAO cuenta con tres diques flotantes y un dique seco, de los cuales los diques flotantes han sido reubicados al muelle de Reparaciones (Ex - Muelle de Montaje), generándose una gran demanda de trabajo acumulado en el muelle y por ende la mayor cantidad de procesos ejecutados por el mayor número de naves reparadas. Es por ello que la empresa se ve en la necesidad de ampliar el suministro de los servicios eléctricos y mecánicos de dicho muelle, siendo los de mayor importancia el servicio de energía eléctrica y aire comprimido. Este proyecto se puntualiza a la ampliación del suministro de energía eléctrica, para satisfacer la demanda en dicho muelle.

#### 1.4.2 Justificación

Dentro de las actividades generadas en el proceso de diqueo de embarcaciones en dique se realizan: Reparación del casco de naves, cambio de ánodo de Zinc, montaje y desmontaje de fundas guardacabos, entre otros. Las cuales se realizan con máquinas de soldar, estos procesos de trabajo tienen en promedio un consumo de 40 amperios por máquina llegando a utilizarse en los momentos de mayor carga de trabajo 5 máquinas por toma en 440 VAC.

La capacidad actual del muelle no está preparada para abastecer la demanda de energía de los tres diques flotantes, debido a que su potencia instalada no tiene previsto el emplazamiento de los diques flotantes ADF - 106 y ADF - 107, además los cables de suministro que salen de la Sub-Estación #2 hacia las tomas se encuentran recalentados por sus años de operación, esto provoca constantes caídas de tensión, las cuales se encuentran debajo de los límites permitidos por el CNE. Esto produce deficiencias en los procesos de soldadura

teniéndose que realizar constantemente pruebas de líquidos penetrantes y pruebas de ultrasonido, las cuales generan un retraso y un costo adicional en los proyectos. Lo descrito anteriormente ha motivado que se tome mayor atención a los trabajos realizados en los diques flotantes, por ello se ha planteado la necesidad de ampliar los servicios eléctricos mecánicos de dicho muelle, dándole mayor énfasis al servicio de energía eléctrica.



## **CAPITULO 2**

### **ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

#### **2.1 Diagnóstico Situacional**

El Servicio Industrial de la Marina S.A es una empresa estatal de derecho privado dentro del ámbito del Ministerio de Defensa, la cual se rige por su Ley y su Estatuto, por la Ley de la Actividad Empresarial del Estado y supletoriamente por la Ley General de Sociedades en lo que fuere aplicable. Esta dedicada a la construcción y reparación de embarcaciones en general y la construcción de estructuras metálicas.

El SIMA-CALLAO se encuentra ubicado dentro de la Base Naval del Callao, en cuyas instalaciones se cuenta con muelles en los cuales se acoderan los buques de la Armada Peruana; para la ejecución de las actividades de reparación de naves efectuadas por el SIMA-CALLAO, la Marina de Guerra del Perú dispuso se use dos muelles: el muelle de montaje para ubicar al Dique flotante ADF - 104 y el muelle de reparaciones para ubicar los diques flotantes ADF - 106 y ADF - 107, dentro de los cuales se realiza la reparación y mantenimiento de las embarcaciones.

Por decisión del Supremo Gobierno de ir renovando las Unidades de la Marina de Guerra del Perú, se adquirieron dos fragatas misileras "Lupo" al gobierno de Italia, motivo por el cual la Marina de Guerra del Perú se vio en la necesidad de reestructurar el parqueo para los buques de la armada donde se incluye las dos nuevas fragatas adquiridas. Con la llegada de las nuevas fragatas, la Marina de Guerra del Perú optó por reubicar los diques ADF - 106 y ADF - 107, siendo ubicados en el Muelle de Montaje el cual es denominado actualmente Muelle de Reparaciones.

En tales circunstancias, el Muelle de Montaje no tenía la capacidad suficiente para suministrar con la calidad adecuada la energía eléctrica que requerían los diques flotantes; las caídas de tensión fueron más frecuentes y las actividades tales como la soldadura presentaron

más fallas, motivo por el cual la empresa se ve en la necesidad de mejorar sus servicios en el muelle desarrollando un proyecto de mejora para sus instalaciones.

## 2.2 Instalaciones de energía eléctrica de media y baja tensión

El SIMA - CALLAO es suministrado de energía eléctrica por la Sub-Estación de Santa Marina de EDELNOR, hacia la Sub-Estación de 60/10 kV de la cual es distribuido a las diferentes Sub-Estaciones dentro de las instalaciones. La ubicación de las Sub-Estaciones la podemos observar en el plano **SPC.56.03.00.00 (ver anexo 1)**, las cuales forman dos anillos.

Anillo # 1: Sub-Estaciones 1, 2, 21 y Sub-Estación 60/10 kV.

Anillo # 2: Sub-Estaciones 10, 9, 8, 5, 4, 3 y Sub-Estación 60/10 kV.

Estas suministran energía de 220 VAC y 440 VAC a los diferentes talleres, pañoles, dique seco y oficinas. Además de la Sub-Estación 5 y 8 se suministran voltaje en 110 VAC, 220 VDC y 110 VDC para trabajos especiales en el Dique Seco.

## 2.3 Capacidad instalada del SIMA - CALLAO en energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica del Servicio Industrial de la Marina-Callao es a través de un transformador de 10MVA, que también suministra energía eléctrica a la Base Naval del Callao, dicho transformador se encuentra ubicado en la Sub-Estación de 60/10 kV, que a su vez es alimentada desde la Sub-Estación de EDELNOR en Santa Marina con un cable tipo NKY: 1 - 4 x 120mm<sup>2</sup> de 60 KV.

Dentro de las instalaciones del SIMA - CALLAO se tiene 9 Sub-Estaciones las cuales están representados en el plano **SPC.56.03.00.01, (ver anexo 1)** además se da a conocer su capacidad instalada por Sub-Estación.

La potencia contratada del SIMA es de 5000kW en horas punta y de 3100kW fuera de horas punta ver **Tabla 1**, de la cual su máxima potencia en horas punta y horas fuera de punta se muestra en las **grafica 1 y grafica 2. (ver anexo 2)**

**ABLA 1**

<b>CONTRATO DE ENERGIA ELECTRICA CON EDELNOR DE JUNIO DEL 2003 A MARZO DEL 2005</b>						
<b>MES</b>	<b>POTENCIA HORAS PUNTA kW 06.30 p.m. a 11.30 p.m.</b>			<b>POTENCIA HORAS FUERA PUNTA kW 11.31 p.m. a 06.29 p.m.</b>		
	<b>BASNACA</b>	<b>SIMA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>BASNACA</b>	<b>SIMA</b>	<b>TOTAL</b>
Junio-03	1884.00	876.03	2760.03	2904.00	2083.20	4987.20
Julio-03	1363.20	772.80	2136.00	2114.40	984.00	3098.40
Agosto-03	1569.60	936.00	2505.60	2421.60	1956.00	4377.60
Setiembre-03	2517.60	741.60	3259.20	2421.60	1956.00	4377.60
Octubre-03	1567.60	1123.20	2690.40	2858.40	1300.80	4159.20
Noviembre-03	1605.60	1279.20	2884.80	2892.00	1226.40	4118.40
Diciembre-03	1597.92	954.80	2552.72	2638.08	1584.40	4222.48
Enero-04	1790.40	1132.80	2923.20	3057.60	1773.60	4831.20
Febrero-04	1723.20	878.40	2601.60	3165.60	1195.20	4360.80
Marzo-04	1644.00	720.00	2364.00	2234.40	1956.00	4190.40
Abril-04	1495.20	1214.40	2709.60	2961.60	1572.00	4533.60
Mayo-04	1576.80	811.20	2388.00	2191.20	2008.80	4200.00
Junio-04	1668.00	972.00	2640.00	1824.00	2414.40	4238.40
Julio-04	1555.20	801.60	2356.80	1855.20	2152.80	4008.00
Agosto-04	1504.80	1200.00	2704.80	1982.40	2484.00	4466.40
Setiembre-04	1795.20	1245.60	3040.80	2580.00	2520.00	5100.00
Octubre-04	1848.00	1082.40	2930.40	1908.00	2474.40	4382.40
Noviembre-04	1658.40	1173.60	2832.00	2145.60	2138.40	4284.00
Diciembre-04	1569.60	1048.80	2618.40	2056.80	2280.00	4336.80
Enero-05	1819.20	852.00	2671.20	2767.20	2162.40	4929.60
Febrero-05	1936.80	861.00	2798.40	2503.20	2198.40	4701.60
Marzo-05	1915.20	840.00	2755.20	2424.00	2052.00	4476.00

De la tabla obtenemos la potencia de máxima demanda promedio obtenida para el SIMA - CALLAO y la BASE NAVAL DEL CALLAO.

**SIMA - CALLAO:**

Hora punta: 978 kW, horas fuera de punta: 1930 kW.

**BASE NAVAL DEL CALLAO:**

Hora punta: 1709 kW, horas fuera de punta: 2450 kW.

### CAPITULO 3

#### DESCRIPCION DEL PROYECTO

Del análisis de las diversas cargas utilizadas durante las maniobras realizadas en los diques flotantes (ADF - 106 y ADF - 107) y de los trabajos de diqueo realizado en los tres diques considerando un factor de simultaneidad de 0.7 se ha determinado que la Potencia Mínima a instalarse será de 1.88 MVA, la cual será distribuida en las diferentes tomas del muelle, y alimentación a los diques flotantes ADF - 106 y ADF - 107.

De la cual se ha seleccionado de acuerdo a los datos del fabricante dos transformadores de 800 kVA, en 440 VAC y un transformador de 400 kVA, en 220 VAC.

#### 3.1 Máxima demanda

La máxima demanda se ha calculado en función a los diferentes procesos y servicios ejecutados (sumando la potencia de máxima demanda de los diques flotantes ADF - 106 y ADF - 107 y la potencia de los equipos utilizados frecuentemente en los trabajos de diqueo.)

También podemos mencionar los trabajos de lastrado y refrigeración para las embarcaciones que están siendo reparadas en los diques, las cuales utilizan electrobombas o en su defecto motobomba, así como el consumo de energía que requiere el cliente en el tiempo de Diqueo.

Para efectos de diseño se ha obtenido la potencia instalada de los diques ADF - 106 y ADF - 107 (ver **Tabla 2 y tabla 3**), luego se seleccionó las máquinas que intervienen en una maniobra considerándose un factor de simultaneidad 0.7 constante. (ver **Tabla 4 y tabla 5**)

Finalmente a éste resultado se añadió a la potencia obtenida aplicándose de la misma manera un factor de simultaneidad 0.7 de las tomas de 220 VAC y 440 VAC

distribuidas en el muelle (ver **Tabla 6 y tabla 7**) Obteniéndose de esta manera la potencia mínima requerida por el muelle (ver **Tabla 8 y tabla 9**)

Para el dique ADF - 104, no se considera la potencia de máxima demanda debido a que tiene su propia alimentación de la Sub-Estación #3.

De esta manera se ha considerado una potencia de 1600 kVA para cargas de 10/0.46 kV, y de 400 kVA para servicios con tensión de 10/0.23 kV, con  $\cos \phi = 0.85$ .  
(factor de potencia)

**TABLA 2**

<b>POTENCIA INSTALADA DEL DIQUE FLOTANTE: ADF – 107</b>			
<b>EQUIPOS y MAQUINARIA</b>	<b>TENSION (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>
<b>ELECTROBOMBA DE ACHIQUE</b>			
<b>LADO ESTRIBOR</b>			
Electrobomba # 1	440	97.89	75.00
Electrobomba # 3	440	97.89	75.00
<b>LADO BABOR</b>			
Electrobomba # 2	440	97.89	75.00
Electrobomba # 4	440	97.89	75.00
<b>ELECTROVALVULAS</b>			
<b>LADO ESTRIBOR</b>			
19 Electro válvulas 1.1Kw / cu	440	37.20	28.50
<b>LADO BABOR</b>			
19 Electro válvulas 1.1Kw / cu	440	37.20	28.50
<b>COCINA ELECTRICA</b>			
12 Planchas 2.4kw / cu	440	44.45	38.60
2 Hornos 8kw / cu	440	24.65	21.40
<b>CABRESTANTES</b>			
<b>LADO ESTRIBOR</b>			
Cabrestante # 1	440	19.58	15.00
Cabrestante # 3	440	19.58	15.00
<b>LADO BABOR</b>			
Cabrestante # 2	440	19.58	15.00
Cabrestante # 4	440	19.58	15.00
1 Molinete	440	19.58	15.00
<b>LADO DE PROA</b>			
Cabrestante # 1	440	34.55	30.00
Cabrestante # 2	440	34.55	30.00
Cabrestante # 3	440	34.55	30.00
<b>TRANSFORMADORES</b>			
3 Transformadores 32kw / cu	440 / 220	148 / 296	128.60
<b>SISTEMA AGUA POTABLE Y CONTRAINCENDIO</b>			
Electrobomba # 1	440	65.26	50.00
Electrobomba # 2	440	39.16	30.00
<b>ALUMBRADO</b>			
Consumo aprox. 40 Kw.	220	123.00	53.60
<b>TALLER DE MECANIZADO</b>			
Torno grande	440	19.58	15.00
Torno chico	440	6.53	5.00
Cepilladura	440	13.05	10.00
Roladora	440	13.05	10.00
2 Taladros 2.5 HP / cu	440	6.53	5.00
Cepillo	440	6.53	5.00
2 Tecles 5 HP / cu	440	13.05	10.00
Cortadora	440	2.61	2.00
Prensa Hidráulica	---	---	---
<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA (KW)</b>	<b>676.03</b>		
<b>AMPERAJE TOTAL (A)</b>	<b>1192.93</b>		

**TABLA 3**

<b>POTENCIA INSTALADA DEL DIQUE FLOTANTE: ADF - 106</b>			
<b>EQUIPOS y MAQUINARIA</b>	<b>TENSION (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>
<b>ELECTROBOMBA DE ACHIQUE</b>			
<b>LADO ESTRIBOR</b>			
Electrobomba # 1	440	19.58	15.00
Electrobomba # 3	440	19.58	15.00
Electrobomba # 5	440	19.58	15.00
Electrobomba # 7	440	19.58	15.00
Electrobomba # 9	440	19.58	15.00
Electrobomba # 11	440	19.58	15.00
<b>LADO BABOR</b>			
Electrobomba # 2	440	19.58	15.00
Electrobomba # 4	440	19.58	15.00
Electrobomba # 6	440	19.58	15.00
Electrobomba # 8	440	19.58	15.00
Electrobomba # 10	440	19.58	15.00
Electrobomba # 12	440	19.58	15.00
<b>CABRESTANTES</b>			
<b>LADO ESTRIBOR</b>			
Cabrestante # 1	440	9.79	7.50
Cabrestante # 3	440	9.79	7.50
<b>LADO BABOR</b>			
Cabrestante # 2	440	9.79	7.50
Cabrestante # 4	440	9.79	7.50
<b>SISTEMA AGUA POTABLE Y CONTRAINCENDIO</b>			
Bomba de cebado	440	3.26	2.50
Bomba de vacío	440	6.53	5.00
Electrobomba # 1	440	65.26	50.00
Maquina de soldar	440	26.10	20.00
<b>ALUMBRADO</b>			
Consumo aprox. 30 Kw.	220	92.63	40.21
<b>TALLER DE MECANIZADO</b>			
Torno Mediano	440	13.05	10.00
Taladro	440	3.26	2.50
Cepillo	440	6.53	5.00
Tecla Mecánico (Manual)	---	---	---
Sierra	440	1.96	1.50
Prensa Hidráulica	---	---	---
<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA (KW)</b>	<b>258.65</b>		
<b>AMPERAJE TOTAL (A)</b>	<b>466.57</b>		

**NOTA:**

El dique ADF – 106 tiene válvulas mecánicas (Manuales)

3 Válvulas de Descarga, 3 Válvulas de Inundación, 2 Válvulas de llenado de tanque.

Factor de potencia para electrobombas y cabrestantes: 0.75

**POTENCIA DE MAXIMA DEMANDA OBTENIDA EN LAS MANIOBRAS REALIZADAS  
POR LOS DIQUES FLOTANTES ADF - 106 y ADF - 107**

**TABLA 4**

- Para el Dique ADF – 107:

<b>EQUIPOS y MAQUINARIA</b>	<b>TENSION (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>
Electrobomba # 1	440	97.89	75.00
Electrobomba # 2	440	97.89	75.00
Electrobomba # 3	440	97.89	75.00
Electrobomba # 4	440	97.89	75.00
19 Electrovalvulas 1.1Kw / cu BR	440	37.20	28.50
19 Electrovalvulas 1.1Kw / cu ER	440	37.20	28.50
12 Planchas 2.4kw / cu	440	44.45	38.60
2 Hornos 8kw / cu	440	24.65	21.40
Cabrestante # 1	440	19.58	15.00
Cabrestante # 2	440	19.58	15.00
Cabrestante # 3	440	19.58	15.00
Cabrestante # 4	440	19.58	15.00
Consumo aprox. 40 Kw.	220	123.00	53.60
<b>TOTAL</b>		<b>736.37</b>	<b>530.60</b>
APLICANDO UN FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.70			
<b>POTENCIA Y CORRIENTE DE MÁXIMA DEMANDA</b>		<b>515.46</b>	<b>371.42</b>

**TABLA 5**

- Para el Dique ADF – 106:

<b>EQUIPOS y MAQUINARIA</b>	<b>TENSION (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>
Electrobombas # 1	440	19.58	15.00
Electrobombas # 2	440	19.58	15.00
Electrobombas # 3	440	19.58	15.00
Electrobombas # 4	440	19.58	15.00
Electrobombas # 5	440	19.58	15.00
Electrobombas # 6	440	19.58	15.00
Electrobombas # 7	440	19.58	15.00
Electrobombas # 8	440	19.58	15.00
Electrobombas # 9	440	19.58	15.00
Electrobombas # 10	440	19.58	15.00
Electrobombas # 11	440	19.58	15.00
Electrobombas # 12	440	19.58	15.00
Cabrestante # 1	440	9.79	7.50
Cabrestante # 3	440	9.79	7.50
Cabrestante # 2	440	9.79	7.50
Cabrestante # 4	440	9.79	7.50
Consumo aprox. 30 Kw.	220	92.63	40.21
<b>TOTAL</b>		<b>366.72</b>	<b>250.21</b>
APLICANDO UN FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.70			
<b>POTENCIA Y CORRIENTE DE MÁXIMA DEMANDA</b>		<b>256.70</b>	<b>175.15</b>



**- TOMAS DE 220Voltios. MUELLE MONTAJE (LADO BR y ER)**

**TABLA 6**

EQUIPOS y MAQUINARIA	TENSION (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (HP)
TOMA #1 lado Br y Er.	220	200	86.73
TOMA #2 lado Br y Er.	220	200	86.73
TOMA #3	220	200	86.73
TOMA #4	220	200	86.73
<b>TOTAL</b>		<b>800.00</b>	<b>346.93</b>
APLICANDO UN FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.70			
<b>POTENCIA Y CORRIENTE DE MÁXIMA DEMANDA</b>		<b>560.00</b>	<b>242.85</b>

**- TOMAS DE 440Voltios. MUELLE MONTAJE (LADO BR y ER)**

**TABLA 7**

EQUIPOS y MAQUINARIA	TENSION (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (HP)
TOMA #1 lado Br y Er.	440	200	173.46
TOMA #2 lado Br y Er.	440	200	173.46
TOMA #3 lado Br y Er.	440	200	173.46
TOMA #4 lado Br y Er.	440	200	173.46
TOMA #5	440	200	173.46
TOMA #6	440	200	173.46
TOMA #7	440	200	173.46
TOMA #8	440	200	173.46
<b>TOTAL</b>		<b>1600.00</b>	<b>1387.71</b>
APLICANDO UN FACTOR DE SIMULTANEIDAD: 0.70			
<b>POTENCIA Y CORRIENTE DE MÁXIMA DEMANDA</b>		<b>1120.00</b>	<b>971.40</b>

**- POTENCIA TOTAL A INSTALARSE EN 220Voltios:**

**TABLA 8**

CARGA PROMEDIO DE TRABAJO EN 220Voltios	CORRIENTE (A)	POTENCIA (kVA)
PARA SUMINISTRO DIQUE ADF – 106	64.84	24.68
PARA SUMINISTRO DIQUE ADF – 107	86.10	32.77
PARA ALIMENTAR MUELLE DE MONTAJE EN Br y Er	560.00	213.14
<b>TOTAL</b>	<b>710.94</b>	<b>270.58</b>
<b>SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR: +10% PMD</b>	<b>782.03</b>	<b>297.64</b>

PMD: POTENCIA DE MÁXIMA DEMANDA

Para efecto de diseño se ha seleccionado un transformador de 400 kVA, 10/0.23 kV.

**- POTENCIA A INSTALARSE EN 440Volts:**

**TABLA 9**

<b>CARGA PROMEDIO DE TRABAJO EN 440Volts.</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA (kVA)</b>
PARA SUMINISTRO DIQUE ADF – 106	256.70	195.40
PARA SUMINISTRO DIQUE ADF – 107	515.46	392.37
PARA ALIMENTAR MUELLE DE MONTAJE EN BR y ER	1120.00	852.54
<b>TOTAL</b>	<b>1892.16</b>	<b>1440.31</b>
<b>SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR: +10% PMD</b>	<b>2081.38</b>	<b>1584.34</b>

PMD: POTENCIA DE MÁXIMA DEMANDA

Para efecto de diseño se ha seleccionado 2 transformadores de 800 kVA c/u, 10 / 0.46 kV.

Siendo en total la potencia a instalarse en la futura **Sub-estación # 22: 2000kVA.**

**3.2 Instalación de celda de salida en Sub-Estación 60/10 kV**

La celda de salida estará equipada con seccionadores unipolares para operación sin carga de 12 kV, 400A. Más un interruptor general de potencia, automático con apertura en vacío de 12 kV. Este cuenta con tres transformadores de corriente de 15VA para su rele de protección cuya función es la de proteger los transformadores de potencia contra sobre corriente, cortocircuito y fallas a tierra, además de dos transformadores de tensión de 100 VA de 11 / 0.11kV.

**3.3 Red primaria de 10 kV**

La red esta diseñada para un sistema trifásico a la tensión nominal de 10 kV a través de un canal subterráneo con alimentación de un cable tipo N2XSY de sección 3 - 1 x 70 mm<sup>2</sup>, desde el punto alimentador en la Sub-Estación de 60 / 10 kV, hasta la Sub-Estación proyectada.

**3.4 Sub-estación de media tensión**

Se describe el diseño e instalación del equipamiento para la Sub-Estación de media tensión, así como el control, medición y protección de los transformadores de potencia.

#### 3.4.1 Recorrido del cable de suministro N2XSY: 3 – 1 x 70 mm<sup>2</sup> de 8.7/15 kV

El cable seguirá la trayectoria mostrada en el plano de media tensión **SPC.56.03.00.00, (ver anexo 1)** mediante un canal existente por donde pasa el cable para el suministro de potencia hacia la Sub-Estación #3.

#### 3.4.2 Celda de llegada de 10kV

Equipada con un seccionador tripolar tipo NALF, para operación con carga, mando manual HE de 12 kV, 630A. Con fusible incorporado tipo CEF: 12KV, 80A.

#### 3.4.3 Celda de transformación

La Sub-Estación contará con 3 celdas de transformación y uno de reserva, los equipos que contiene cada una se describen a continuación:

Celda T1: Transformador de 400kVA, 10/0.23 kV, base porta fusible y fusible tipo CEF de In: 40 A.

Celda T2: Transformador de 800 kVA, 10/0.46 kV, base porta fusible y fusible tipo CEF de In: 63 A.

Celda T3: Transformador de 800 kVA, 10/0.46 kV, base porta fusible y fusible tipo CEF de In: 63A.

La función de los fusibles es la de proteger los transformadores de potencia contra sobre corriente, cortocircuito y fallas a tierra.

#### 3.4.4 Tablero de control, medición y señalización

El Tablero está localizado en la Sub-Estación 60/10 kV, la cual ha sido diseñado para el mando remoto de la celda de llegada, cuenta con contactores, conmutadores y un panel de alarmas para identificar las diversas fallas de los equipos como los relés de protección, transformadores de potencia. La medición general en el lado de media tensión se hará con un medidor multifunción programable, tipo digital para la lectura de los

parámetros eléctricos, este medidor de energía contara con puertos de comunicación (Convertor RS485 / RS232 para adquisición de datos vía PC), mediante un software libre PMsoft.

#### 3.4.5 Sistema de puesta a tierra

Se instalara un sistema de puesta a tierra para la línea de media tensión, compuesta por una toma y su línea correspondiente a aquellas partes metálicas que no conducen corriente eléctrica. La conexión será a través de platinas de cobre electrolítico, el cual se derivan en un pozo de puesta a tierra, debidamente tratada con doble dosis química electrolítica - Higroscópica. El valor de la resistencia de tierra no debe exceder  $25\Omega$ , Según normas técnicas del Código Nacional de Electricidad, tomo IV.

### 3.5 Sub-Estación de baja tensión

Se instalara tableros de distribución para cargas en 220 V y 440V.

#### 3.5.1 Tablero general para carga en 440 VAC

Diseñado con un interruptor Termomagnetico, regulable para la protección de transformadores en baja tensión y capacidad de corriente de acuerdo a carga, poder ruptura no menor de 35 kA.

Con mando Manual - Automático, equipada con protección termo magnético incorporada. Señalización de abierto, cerrado y disparo por relé, contara con suficientes contactos auxiliares para poder realizar todas las señalizaciones y enclavamientos necesarios.

#### 3.5.2 Tablero general para carga en 220 VAC

Diseñado con un interruptor termo magnético similar al anterior, para alimentación de servicios y equipos auxiliares, su capacidad de corriente según diagrama Unifilar.

### 3.5.3 Puesta a tierra

Se instalara un sistema de puesta a tierra para la línea de baja tensión compuesta por varias tomas conectadas a aquellas partes metálicas que no conducen corriente eléctrica, esta red será independiente del sistema de puesta a tierra del lado media tensión. El valor de la resistencia de tierra no debe exceder  $15\Omega$ .

Según normas técnicas del Código Nacional Eléctrico tomo IV.

### 3.5.4 Ventilación

Tendrá un sistema de ventilación natural que conduce un flujo de aire de acuerdo al numero de renovaciones de aire calculados que garanticen la temperatura apropiada de los conductores y equipos, evitando altas temperaturas que puedan afectar la vida útil de estos. Además se colocara un extractor, debido a las altas temperaturas de verano.

### 3.5.5 Ductos y canaletas

Las Canaletas se usaran para el tendido de los cables de llegada de media tensión y la salida de los cables de baja tensión a través de bandejas adecuadas para el transporte de los cables, así también se construirá considerando un mínimo espacio para el transito del personal de mantenimiento eléctrico.

## 3.6 Suministro de energía eléctrica al muelle, tomas 220 VAC

Una vez tendido el cable por la canaleta en el lado de baja tensión se procederá a instalarse tuberías PVC - SAP debajo del muelle, las cuales estarán soportados y amarrados por una estructura de ángulos tipo U, estos serán separados una distancia tal que puedan soportar el peso de los cables.

Las cajas de paso serán dimensionadas de tal manera que se pueda tener espacio para el trabajo de doblado y empalmado de los cables. Estas se colocaran a una

distancia de 30 metros aproximadamente para el empalme de los cables que seguirán la trayectoria hacia las tomas ubicadas en el muelle.

Para distribuir las tomas en el muelle se ha considerado la posición actual de los diques flotantes y las embarcaciones que pueden ser reparados simultáneamente en cada dique, estas tomas han sido colocadas en el lado Br y Er del muelle:

- Ocho tomas en 220 VAC, de las cuales dos estarán en paralelo, siendo las dos últimas independientes contando a partir del cabezo del muelle, de tal manera queda abastecido el suministro de energía para trabajos de equipos auxiliares e iluminación de las embarcaciones en diqueo, teniendo como máximo una corriente nominal de 200A.

### 3.7 Suministro de energía eléctrica al muelle, tomas 440 VAC

Al igual que para el tendido de los cables de baja tensión hacia las tomas de 220 VAC, se procederá con los cables de las tomas de 440 VAC.

Para la colocación de las tomas de 440 VAC se ha considerado los trabajos realizados frecuentemente en los diques y que interviene el proceso de soldadura, así como también el trabajo de lastrado y refrigeración dentro de las cuales se necesita un voltaje de 440 VAC para las electrobombas. Además de las tomas de alimentación para los diques ADF-107 y ADF -106, estas tendrán como corriente nominal 500 A y 275 A respectivamente, siendo colocadas en el lado babor y estribor del muelle de la siguiente manera:

- Doce tomas en 440 VAC de las cuales cuatro serán en paralelo, siendo las cuatro últimas independientes contando a partir del cabezo de muelle. Cada toma deberá tener una corriente nominal de 200A.
- Dos tomas de alimentación independiente para los diques ADF - 107 y una para el dique ADF - 106.

**CAPITULO 4**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS: EQUIPOS, MATERIALES Y MONTAJE**  
**ELECTROMECHANICO**

4.1 Generalidades

Las especificaciones técnicas, nos dan a conocer la característica de los equipos, materiales y lineamientos generales relativos a la ejecución del montaje de la Sub-Estación proyectada y la distribución de energía en el Muelle de Reparaciones.

4.2 Equipamiento para la celda de salida en Sub-Estación 60/10 Kv

4.2.1 Equipos y accesorios para la celda de salida

El equipamiento para la celda de salida comprende la rehabilitación, instalación y conexión de lo siguiente, esto debido a que se tiene una celda de media tensión en reserva en la sub estación 60/10 kV, dentro de la cual se encuentran colocadas en posición horizontal las barras colectoras distanciados 250mm, de acuerdo a Norma del CNE.

**a) Barras de derivación:**

Las barras de derivación en numero de tres serán de cobre electrolítico con una pureza de 99.9%, y en un solo tramo por fase, sin uniones.

Cada fase será pintada con dos capas de pintura de base a la piroxilina de acuerdo C.N.E. El espacio entre barra y barra será de acuerdo a norma, la sección será 5 x 30 mm. Con una capacidad de corriente de 450 A, las disposiciones de las barras serán en forma vertical. Las barras serán

estañadas en todas las puntas de contacto y derivaciones, de alta resistencia a la corrosión, gran maquinabilidad.

**b) Seccionadores tripolares:**

Tres seccionadores unipolares por terna para uso interior, maniobra para accionamiento manual en vacío (sin carga), comprende una base metálica de soporte con huecos para empernar y borne para tierra, aisladores de cerámica con terminales para barras y contactos.

El seccionador será de tipo basculante y estará montado en posición vertical.

**Características:**

Tensión Nominal : 12kV  
Corriente Nominal : 400A

**c) Interruptor de potencia tripolar 12 kV:**

Para el montaje interior en la Sub-Estación, estará previsto la instalación de un interruptor de potencia en vacío 12kV, estos interruptores están equipados por contactos principales fijos y móviles, con mando a distancia.

Su instalación esta dirigida a la protección del cable principal N2XSY: (3 - 1 x 70 mm<sup>2</sup>)

**Características del equipo:**

Norma de fabricación : **IEC 62271-100**  
Tensión nominal : 12 kV  
Corriente nominal : 630 A  
Capacidad de Ruptura : 31.5 kA  
Distancia entre polos : 210mm  
Distancia entre contactos : 205mm  
De los Polos:  
Mando motorizado : 110 VDC Monofásico



Bobinas de cierre, apertura : 110 VAC  
 Contactos auxiliares 5NA + 5NC, ejecución fija.  
 Bobina de mínima tensión : 110 VAC  
 Bloqueo magnético : 110 VAC

**d) Rele protección:**

Los reles fueron seleccionados de acuerdo a la función que desempeñan:

**1. Selección de los reles de sobre corriente: (Suministro Normal)**

Para los alimentadores del suministro normal en 10 kV; 60 Hz.

Contara con las siguientes funciones de protección:

Unidad de protección por sobrecorriente, trifásico, electrónico basado en microprocesador con las siguientes funciones de protección:

**Función (50);** Sobrecorriente instantánea Fase - Fase.

Rango de ajuste: 0.5.....20 x In, e (infinito)

Tiempo de ajuste: 0.04.....100 seg.

**Función (51);** Sobrecorriente Temporizada Fase - Fase.

Rango de ajuste: 0.5.....2.5 x In, e (infinito)

Tiempo de ajuste: 0.05.....100 seg.

Valores nominales 5A,

Tensión Auxiliar (80 - 265) VAC / VDC

**2. Selección de los reles de sobre corriente: (Suministro Emergencia)**

Para los alimentadores del suministro de emergencia en 10 kV; 60 Hz.

Contara con las siguientes funciones de protección:

Unidad de protección multifunción, trifásico, electrónico basado en microprocesador con las siguientes funciones de protección:

**Función (27);** Mínima tensión.

Rango de ajuste: 10 a 200 V, pasos de 1V

Tiempo de ajuste: 0 a 60seg, pasos de 1seg.

**Función (32);** Potencia inversa

Rango de ajuste: 3% a 50% de la potencia del grupo, pasos de 1%

Tiempo de ajuste: 0.1.....60 seg, pasos de 0.1 seg.

**Función (50);** Sobrecorriente instantánea Fase - Fase

Rango de ajuste: 50% a 2000% de la In del grupo, pasos de 10%.

Tiempo de ajuste: 0.00 a 99.9 seg, pasos de 0.01 seg.

**Función (51);** Sobrecorriente temporizado Fase - Fase

Rango de ajuste: 50% a 200% de la In del grupo, pasos de 10%

Tiempo de ajuste: 0.0.....60 seg, pasos de 0.1 seg.

**Función (50N);** Sobrecorriente instantánea Fase - Tierra

Rango de ajuste: 50% a 2000% de la In del grupo, pasos de 10%

Tiempo de ajuste: 0.00 a 99.9 seg, pasos de 0.01 seg.

**Función (51N);** Sobrecorriente Temporizada Fase - Fase

Rango de ajuste: 50% a 200% de la In del grupo, pasos de 10%

Tiempo de ajuste: 0 a 60 seg, pasos de 1 seg.

**Función (59);** Máxima tensión.

Rango de ajuste: 70 a 250 V, pasos de 1V

Tiempo de ajuste: 0 a 60seg, pasos de 1seg.

**Función (81U);** Mínima frecuencia.

Rango de ajuste: 56.00 a 64.00Hz, pasos de 0.01Hz

Tiempo de ajuste: 0.01 a 9.98 seg, pasos de 0.01seg.

**Función (81O);** Máxima frecuencia.

Rango de ajuste: 56.00 a 64.00Hz, pasos de 0.01Hz

Tiempo de ajuste: 0 a 999 seg, pasos de 1seg.

Valores nominales: 5A, 110 VAC, 60Hz, Tensión auxiliar: (70 - 250) VAC

La protección deberá contar con transformadores: 12kV, 300-600/5/5A,

15/15VA, clase 1,0 / 5p10, 60Hz, encapsulado en resina uso interior, Ith:

31.5kA.

**Características generales:**

El rele combinado de sobre corriente y falla a tierra es un rele secundario conectado a los transformadores de corriente del objeto protegido.

Cuando se detecta una falla, el rele arranca, dispara el interruptor, inicia el cierre automático, provee alarma, registra la información de la falla, etc. De acuerdo con las funciones de aplicación y configuración del rele.

**e) Transformadores de corriente para medición y protección:**

Son seleccionados con las siguientes características técnicas:

Relación de transformación	: 300 - 600 / 5 / 5A
Bobina 1	: 15VA, class 1.0
Bobina 2	: 15VA, class 5P10
I <sub>th</sub>	: 20kA
Nivel de aislamiento	: 12 / 28 / 75KV
Frecuencia	: 60Hz
Norma de Fabricación	: IEC - 185

Siendo los demás transformadores de la misma característica técnica, cambiándose solamente la relación de transformación de acuerdo a la carga de la celda en que están ubicadas.

**f) Transformadores de tensión para medición y protección:**

Son seleccionados con las siguientes características técnicas:

Relación de transformación	: 10000 / 100V
Bobina de medición	: 50VA, class 1.0
Bobina de protección	: 50VA, class 3P
Factor de sobrecarga	: 1.2Un Continuo, 1.9 x Un 8h
Nivel de aislamiento	: 12 / 28 / 75KV
Frecuencia	: 60Hz
Norma de Fabricación	: IEC - 186

**g) Terminales tipo HVT clase 5 - 35kV, para cable N2XSY - Unipolares:**

Son terminales para Cable Monopolar con Aislamiento Sólido y Pantalla de Cintas o Alambres de Cobre, Cubierta de Plomo o Cable Unishield.

Para el empalme de los cables o terminaciones se utiliza un juego de Kit.

Las cuales tiene los siguientes componentes:

- 1 Tubo rojo antitracking
- 1 Tubo negro de control de campo
- 2 Tiras de mastique rojo
- 1 Tira de mastique amarillo cortada en ángulo
- 1 Abrazadera de resorte
- 1 Zoguilla con bloqueo de humedad
- 1 Tira de cinta de cobre
- 2 Campanas termo contráctiles

La conexión del cable a los bornes de salida del interruptor de potencia en vacío, será a través de mangas terminales pre - ensanchadas para cable seco unipolar con cinta de cobre, uso interior 5 - 35kV. Del tipo HVT clase 5 - 35kV o similar.

La instalación de estos terminales deberá ser cuidadosamente realizada siguiendo los procedimientos indicados por el fabricante para garantizar la vida útil de las terminaciones de los cables.

## 4.2.2 Metrado del equipamiento para la celda de salida en Sub-Estación 60/10 kV

EQUIPO PARA LA CELDA DE SALIDA 10 kV, 60 HZ			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	CANTIDAD
1	Interruptor en vacío, fijo, mando motorizado 12kV, 630 A, poder de ruptura 31.5kA Motor MO: 110Vcc Bobina de cierre Y3: 110Vcc Bobina de apertura Y2: 110Vcc	VD4 M 12 12 - 31	Pz	1
2	Seccionador tripolar, fijo, mando manual 12 kV, 400 A, Maniobra sin tensión	RQ	Pz	1
3	Terminales para cable unipolar N2XSY : 3 – 1 x 70mm <sup>2</sup>	HVT, clase: 5 – 35kV	Pz	3
4	Aisladores portabarras de porcelana 12KV, Montaje interior, esfuerzo de rotura 750Kg, línea de fuga 233mm. Dimensiones (70-56) x 120mm.		Pz	6
5	Barra de cobre electrolíticos (secundarias) dimensiones 5mm x 30mm x 1800mm.		Pz	1
6	Micro interruptor termomagnetico 400V, 6A		Pz	1
7	Micro interruptor termo magnético 400V, 6A		Pz	1
8	Pulsador para apertura de emergencia		Pz	1
9	Relé electrónico de sobre corriente, función (50/51), 5 A Tensión auxiliar 110Vcc.		Pz	1
10	Bases portafusibles y fusibles 12 kA, 6.3 A		Pz	3
11	Transformadores de corriente 12 kV, 300 - 600 / 5 / 5 A, 15/15 VA, clase 1.0 y 5P10, 60Hz, encapsulado en resina uso interior Ith: 31.5 kA		Pz	3
12	Transformadores de tensión 12 kV, 10000 / 100 V. 50 VA Clase 1.0 y 3P, 60Hz, encapsulado en resina, uso Interior.		Pz	2
13	Portalámpara socket E14, 250V, 2W		Pz	1
14	Lámpara de filamento E14, 250V, 2W		Pz	1

### 4.3 Red de alimentación de 10 kV

#### 4.3.1 Materiales para el tendido de los cables de media tensión

##### 4.3.1.1 Conductor

Los Cables utilizados para la distribución primaria serán unipolares tipo: **N2XSY 3 – 1 x 70mm<sup>2</sup> de 8.7/15 kV**, instalado dentro de un canal ya existente, la longitud a requerirse es de 446 metros, la cual es necesaria para unir la Sub-Estación 60/10 kV y la celda de llegada en la futura Sub-Estación.

A continuación se muestra las características técnicas y de instalación:

#### **Características Técnicas:**

Norma de fabricación: **ITINTEC 370.050, IEC 502**

Tensión de servicio : 8.7 / 15kV

Sección / terna : 70 mm<sup>2</sup>

Ternas : 1

Numero de hilos : 19

Capacidad de corriente : 305 A (según fabricante)

Temperatura de operación : 90 °C

Temperatura de cortocircuito : 250 °C

$R_{20^{\circ}\text{C}} = 0.342 \Omega / \text{km}$

$X_1 = 0.268 \Omega / \text{km}$

#### **Características físicas:**

Conductor de cobre electrolítico recocido.

Cableado comprimido o compactado de sección circular.

Cinta semiconductora o compuesto semiconductor extruido sobre el conductor.

Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) con tensión de diseño 8.7 / 15 kV, electrolito de temple suave.



#### 4.3.1.4 Ductos existentes

A partir de la caja de paso mencionada anteriormente, se continuara con el recorrido de los cables por unos ductos existentes hasta llegar a la altura de la Sub-Estación N°3. plano **SPC.56.03.00.00, (ver anexo 1)**

#### 4.3.1.5 Zanja a construirse

En el tramo comprendido entre la Sub-Estación N° 3 y la futura Sub-Estación se construirá un canal de 1.0 m de profundidad y 0.6 m de ancho.

Por la cual pasara un cable tipo: N2XSY Unipolar 70 mm<sup>2</sup> de sección y será tendido de la siguiente manera. **( grafico 4), (ver anexo 2)**

#### 4.3.1.6 Terminales tipo HVT clase 5 – 35kV

Son terminales para Cable unipolares similares a los conectados en la celda de salida en la Sub-Estación 60/10 KV con Aislamiento Sólido y Pantalla de Cintas o Alambres de Cobre, Cubierta de Plomo. Para el empalme de los cables o terminaciones se utiliza un juego de Kit.

#### 4.3.2 Instalación y tendido del cable de media tensión

A continuación se detallara el método de trabajo:

##### a) **Excavación:**

Los trabajos preparatorios para la excavación se efectuarán simultáneamente con la preparación del cable para su tendido, la excavación de la zanja se empezara con equipo mecanizado para la rotura del piso de concreto, posteriormente se continuara la excavación con pala hasta llegar a la profundidad requerida, teniendo cuidado de no dañar el aislamiento del cable ya tendido sobre la zanja existente.



**b) Limpieza y compactación:**

Cuando se alcance la profundidad del cable existente, se limpiara muy bien el fondo, de tal manera que quede libre de piedras o cualquier otro objeto que pueda dañar el cable ya tendido. Seguidamente se esparcirá una capa de arena cernida de 0.2m de espesor, sobre la cual se tenderá el cable que alimentara a la nueva sub estación.

**c) Instalación de cables:**

Antes de efectuar la instalación se hará un recorrido de la trayectoria de la zanja, para visualizar el grado de dificultad y, además verificar que este en condiciones para instalar el cable, se selecciona la longitud del cable en los carretes, para luego determinar la altura en la cual quedara instalado. Después de haber sido instalado el cable y acomodado según arreglo seleccionado, se rellenara con tierra libre de piedras una capa de 0.2m y se colocara una cinta plástica de color rojo con la indicación "CABLES ELÉCTRICOS DE ALTA TENSION". Por ultimo se procede a llenar la zanja con tierra cernida y compactada. Finalizando con el resanado del piso.

## 4.3.3 Metrado de materiales y accesorios para el tendido del cable en 10KV

MATERIALES PARA EL TENDIDO DEL CABLE EN 10 KV			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	CANTIDAD
1	Cable Unipolar 12KV, 70mm <sup>2</sup>	N2XSY	m	1350
2	Cinta Señalizadora de alta tensión	polietileno	m	450
3	Juego de terminales de uso interior para cable tipo N2XSY, 10KV	HVT clase: 5 –35KV	kit	6
4	Ductos de concreto de 2 vías, 3"φ		Pz	1
5	Buzón de concreto para pase de cable área 1.2m x 2.00m de profundidad		U	2
5	Tapa de Fierro fundido, para buzones		Pz	1

#### 4.4 Sub-Estación de media tensión

##### 4.4.1 Celda de Media tensión 10KV - Características generales

Las celdas serán autosoportadas, de frente muerto, de ejecución modular para instalación al interior.

Estará constituida por:

- Estructura de ángulo 2" x 2" x 3/16", adecuadas para el montaje sobre piso, los perfiles y las bases serán electrosoldadas.
- La estructura de cada celda estará preparada para unirse a otras celdas futuras, mediante pernos, arandelas y tuercas de acero galvanizado.
- Puerta frontal superior e inferior con empaquetaduras y cerrojo con llave, plancha de 3mm.
- Parte superior con tapa desmontable
- Parte intermedia con tapa desmontable para la conexión de las barras.
- Parte posterior protecciones desmontables.
- Protecciones laterales e intermedias entre celdas.
- En su interior la celda llevará estructuras de perfiles angulares no menores de 1 ½" x 1 ½" x 3/16", que serán para el soporte de los equipos eléctricos.
- La celda estará diseñada y construida de forma tal que cumpla estrictamente con los grados de protección siguientes:
  - Contra defectos externos. IP 43
  - Contra accesos peligrosos a partes vivas y partes en movimiento. IPH6

##### 4.4.1.1 Pintura

Antes de ser pintadas, todas las superficies metálicas, excepto las cromadas, niqueladas o zincadas serán limpiadas completa y cuidadosamente de toda traza de oxido, grasa o suciedad mediante chorro a presión de granalla de acero e inmediatamente pintadas con dos capas de base anticorrosiva del tipo epoxico y dos capas de pintura de acabado color gris mate, secado al horno.

#### 4.4.1.2 Cableado interno

El cableado para las conexiones externas de los circuitos de mando y protección será llevado a regletas terminales por canaletas plásticas con tapa removible y será identificado en ambos extremos, con marcadores de cable tipo tubo o similar.

Los cables para corriente y control serán de cobre electrolítico de temple blando con un calibre no menor al 12 y 14 AWG respectivamente y con un aislamiento de polietileno, resistente al calor y humedad, antiinflamable, autoextinguible y con un nivel de aislamiento de 600V.

El cableado será dividido en varios circuitos independientes, cada uno de estos deberá estar protegido por microinterruptores de capacidad adecuada. Además, serán identificados, en ambos extremos por marcadores tipo tubo o similar.

Los circuitos de corriente para medición y protección no tendrán interruptores ni fusibles, pero tendrán los accesorios necesarios para poder cortocircuitar con facilidad la parte externa y dejar libres las partes internas.

Las regletas o borneras serán separadas en secciones que corresponden cada una a una función determinada.

#### 4.4.1.3 Placas de identificación

La celda esta provista de etiquetas y/o placas para la identificación de la misma así como de cada instrumento y aparato.

#### 4.4.1.4 Pruebas

Serán realizadas por el fabricante de acuerdo a las normas bajo las cuales esta especificada la celda a fin de comprobar las características de los materiales, equipos, calidad de diseño y fabricación.

- Pruebas de funcionamiento mecánico.
- Pruebas de funcionamiento eléctrico.
- Prueba de aislamiento de partes.
- Prueba de aislamiento de cableado

#### 4.4.1.5 Dimensiones:

Según el plano de disposición (**SPC.56.03.00.07**) (**ver anexo 1**)

#### 4.4.2 Equipamiento para la celda de llegada en 10 kV

Comprende el suministro, montaje y conexiones de lo siguiente:

##### **a) Conexión interior del cable N2XSY de media tensión:**

La conexión del cable de alimentación N2XSY unipolar con las siguientes características:

Norma de fabricación	: <b>ITINTEC 370.050, IEC 502</b>
Tensión de servicio	: 8.7/15 kV
Sección / terna	: 70 mm <sup>2</sup>
Capacidad de corriente	: 305 A (según fabricante)

La conexión del cable N2XSY: 1 (3 – 1 x 70mm<sup>2</sup>) a los bornes del seccionador de potencia tripolar tipo NALF de la celda de llegada, será a través de mangas terminales pre - ensanchadas para cable seco unipolar con cinta de cobre, uso interior 15 kV. Del tipo HVT de la Clase 5 - 35kV o similar.

##### **b) Seccionador de potencia:**

El seccionador de potencia tripolar tipo NALF, será para uso interior (bajo carga) por medio de una palanca montada sobre el frente de maniobra.

Provisto de una base porta fusible tripolar, con fusibles tipo CEF, con dispositivo de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles. Comprende una base metálica de soporte con huecos para empernar y borne para tierra, aisladores de cerámica con terminales para barras y contactos. El seccionador es de tipo basculante y estará montado en posición vertical, con orejas de accionamiento para operación manual por medio de una pértiga.

**Características:**

Tensión Nominal : 12 kV  
Corriente Nominal : 630 A

**c) Aisladores Porta barras 12 kV:**

Serán aisladores de porcelana de alta resistencia eléctrica, la cual tendrá piezas metálicas para su fijación a la estructura metálica y porta barras, fabricadas de fierro galvanizado para la sujeción de las barras de cobre. Su forma será de tronco de cono de las siguientes características:

Montaje : Interior  
Tensión Nominal : 12 kV  
Esfuerzo de Rotura : 750 Kg  
Línea de fuga : 233 mm  
Dimensiones : (70 – 56) x 120 mm.

**d) Barras y porta barras:**

Las barras colectoras, de derivación y de tierra serán de cobre electrolítico con una pureza de 99.9%, y serán soportados a la estructura por aisladores de porcelana de 12kV, de material denso y homogéneo, libres de imperfecciones que puedan afectar sus características eléctricas o mecánicas.

Las barras así como los aisladores portabarras son escogidos cuidadosamente para que puedan soportar con amplitud los esfuerzos electromecánicos y térmicos producidos por cortocircuito.

Las barras serán de las siguientes dimensiones:

- Barras colectoras                    5 mm x 40 mm
- Barras de derivación                3 mm x 25 mm
- Barras de tierra                      3 mm x 25 mm

Norma: VDE 0201 – DIN 43671

En las barras colectoras y de derivación cada fase será pintada con dos capas de pintura de base a la piroxilina de acuerdo C.N.E.

Las disposiciones de las barras colectoras serán en forma horizontal en un mismo plano. Mientras las barras de derivación en posición vertical estas barras serán estañadas en todas las puntas de contacto y derivaciones, de alta resistencia a la corrosión.

#### 4.4.3 Equipamiento para la celda de transformación

Comprende suministro, montaje y conexiones de lo siguiente:

##### **a) Barras y porta barras:**

Con características similares a las barras de la celda de llegada, montado en forma horizontalmente a lo largo de las demás celdas. Mientras las barras de derivación en posición vertical.

##### **b) Base portafusibles:**

Son unipolares para montaje vertical en las celdas para conectarse entre las barras y el transformador, además para alojar a los fusibles que protegen a

los transformadores, provisto de base metálica, aisladores y bornes de contacto metálico para presión con el fusible.

Las bases portafusibles tienen las siguientes características:

Tensión de servicio	: 10kV
Corriente Nominal	: 400A
Corriente de choque	: 10kA (Asimétrico)

**c) Fusibles:**

Los fusibles son del tipo CEF - ABB, los cuales son conocidos como limitadores de corriente y están diseñados bajo la norma IEC 282 - 1.

Las dimensiones responden a la norma DIN 43625.

Presentan las siguientes características:

- Corriente mínima de interrupción nominal.
- Bajas pérdidas por disipación de potencia.
- Tensión de arco muy baja.
- Alta capacidad de ruptura
- Eficaz limitación de corrientes de cortocircuito.

Según norma del Código Nacional de Electricidad, tomo IV, la capacidad de los elementos de protección cuando se usan fusibles deben ser no más del 150% de la corriente nominal del transformador.

Los fusibles deben tener las siguientes características:

Tensión nominal	: 12KV
Mínima corriente de ruptura	: $I_3 < 3 \times I_n$
Máxima corriente de ruptura	: 30kA

**d) Transformadores:**

Los transformadores de potencia seran de la marca ABB, trifásicos con dimensiones según datos del fabricante.

El tipo de transformador es de distribución en baño de aceite, con arrollamiento de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, con tanque ondulado, montaje interior, enfriamiento manual, previstas para las siguientes condiciones de servicio.

**1) Transformador Trifásico para producción 460 VAC**

Características:

- Normas de ejecución I.E.C
- Potencia nominal 800 kVA (2 unidades)
- Enfriamiento ONAN
- Frecuencia 60Hz.
- Relación de transformación en vacío  $10,000 \pm 2 \times 2.5\% / 460V$ .
- Esquema lado alta tensión: Triangulo con cuatro tomas suplementarias conmutables en vacío.
- Esquema lado baja tensión estrella.
- Grupo de Conexiones Dy11.
- Corriente Nominal en AT: 46.18 A
- Corriente Nominal en BT: 1004 A
- Tensión de prueba a frecuencia industrial con fuente independiente durante 1min. Lado de AT 28 kV, lado BT 3 kV.
- Nivel Básico de Aislamiento 75 kV
- Sobre temperatura con carga nominal.
  - Aceite : 50 °C
  - Arrollamiento : 55 °C
  - Ambiente Max : 40 °C



## 2) Transformador Trifásico para servicios 230 VAC

Características:

- Normas de ejecución I.E.C
- Potencia nominal 400KVA.
- Enfriamiento ONAN
- Frecuencia 60Hz.
- Relación de transformación en vacío  $10,000 \pm 1 \times 2.5\% / 230V$ .
- Esquema lado alta tensión: Triangulo con cuatro tomas suplementarias conmutables en vacío.
- Esquema lado baja tensión estrella.
- Grupo de Conexiones Dy11
- Corriente Nominal en AT: 23.09 A
- Corriente Nominal en BT: 1004 A
- Tensión de prueba a frecuencia industrial con fuente independiente durante 1min. Lado de AT 28 kV, lado BT 3 kV
- Nivel Básico de Aislamiento 75 kV
- Sobre temperatura con carga nominal:
  - Aceite : 50 °C
  - Arrollamiento : 55 °C
  - Ambiente Max : 40 °C

## 3) Accesorios:

Cuentan con lo siguiente:

- Tanque conservador con indicador visual de nivel de aceite con contacto de mínimo nivel.
- Conmutador de tomas suplementaria, en el devanado de alta tensión accionable en vacío.
- Pozo termométrico.

- Ruedas orientables en planos perpendiculares.
- Grifo de vaciado y toma de muestra de aceite.
- Placa de características.
- Ganchos de suspensión para levantar la parte activa o el transformador completo.
- Perno para la puesta a tierra del tanque.
- Desecador de aire.
- Cajuela para bornes desmontable AT y BT.
- Termómetro bimetalico con contactos de alarma y desconexión.
- Rele buchholz con contactos de alarma y desconexión.
- Caja de bornes para la conexión de accesorios.
- Dotación de fluido dieléctrico Rtemp.

#### **4) Instalación de los transformadores:**

La instalación de los transformadores será de tipo abierto, para uso interior, los bornes de media y alta tensión se encuentran protegidos con una cubierta metálica de 2mm de espesor.

Las dimensiones de esta cubierta deberán cumplir las distancias mínimas establecidas entre fase y tierra de los bornes de media y baja tensión.

Los cables de fuerza de Media tensión (Unipolar N2XSY) vienen de la celda de salida en la Sub-Estación 60/10 kV y llegan a la celda de llegada en la Sub-Estación proyectada, pasando por el seccionador de potencia tripolar llegan a las barras colectoras de 10 kV, para después bajar hacia el lado de alta tensión del transformador pasando por los fusibles tipo CEF, seguidamente del lado de baja tensión mediante cables tipo NYY bajan hacia una canaleta y a través de esta pasan a la zona del tablero de baja tensión, donde suben para conectarse con las barras de doble sección: 10 mm x 60 mm, dentro del tablero general en 440 VAC. De igual manera

se conecta con las barras de 10 mm x 50 mm en el tablero general de 220 VAC.

#### 4.4.4 Tablero de control, medición y señalización

Ubicado en la Sub Estación 60/10 kV, debe incluir los siguientes equipos:

##### 4.4.4.1 Equipo de control

- Conmutadores de mando, giro – empuje – giro, 110 VAC, monofásico con lámpara.
- Portalámpara de filamento E 14, 140V – 7W.
- Contactores relay, contactores auxiliares 2NA + 2NC.

##### 4.4.4.2 Equipo de medición

Instalación de un equipo multifunción - analizador de redes, para la medición de los parámetros eléctricos más importantes, cuenta con protocolo de comunicación RS 232 / RS485 y un software apropiado para la conexión a una computadora programable.

##### **Parámetros eléctricos a medir:**

- Tensión por Fase (V)
- Corriente por Fase (A)
- Frecuencia (Hz)
- Potencia Activa (kW)
- Potencia Reactiva (kvar)
- Factor de potencia ( $\cos\phi$ )
- Energía reactiva(kvar - hr)
- Max Demanda (kW)   doble tarifa
- Energía Activa (kW - hr)   doble tarifa
- %THD armónicas  $V_i$ ,  $A_i$

- Capacidad de memoria hasta 2MB de RAM
- Registros tabulados, gráficos
- Presentación en tiempo real
- Límites máximos y mínimos

#### 4.4.4.3 Equipo de alarma:

Cuadro anunciador de alarmas de 36 señales, 110 VAC canales tipo on / off, cuenta con un microprocesador multicanal, LEDs de alta intensidad para la indicación visual de la alarma, programación de cada parámetro, reset de alarma, registro secuencial de eventos, alta inmunidad a interferencias eléctricas y comunicación serial para PC.

Indicación de las siguientes alarmas:

- Sobre corriente So / S1, Celda de Salida
- Nivel de Aceite Máximo y Mínimo.
- Falta de tensión de Edelnor.
- Sobre temperatura Sub-Estación.
- Reservas
- Bocina de alarmas 110 VAC.

## 4.4.5 Metrado del equipamiento Media Tensión

EQUIPO PARA LADO DE MEDIA TENSIÓN 10 kV, 60Hz			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
<b><u>Equipos para la celda de llegada</u></b>				
1	Seccionador de potencia tripolar, fijos, mando manual 12 kV, 630 A, con fusible incorporado 12 kV, 80 A Maniobra bajo carga	NALF	Pz	1
2	Terminales para cable unipolar N2XSY 3 - 1 x 70 mm <sup>2</sup>	HVT serie: 5 – 35kV	Kit	1
3	Aisladores portabarras de porcelana 12 kV, Montaje interior, esfuerzo de rotura 750 Kg, línea de fuga 233 mm. Dimensiones (70 - 56) x 120 mm.			6
4	Barra de cobre electrolíticos (colectoras) Dimensiones 5 mm x 40 mm.		m	4
5	Barra de cobre electrolíticos (derivación) Dimensiones 3 mm x 25 mm.		m	1.5
6	Tubo termocontraible 3M ITCSN - 1100		Pz	2
7	Portalámpara socket E14, 250V, 2W		Pz	1
8	Lámpara de filamento E14, 250V, 2W		Pz	1
<b><u>Equipos para la celda de transformación</u></b>				
9	Aisladores portabarras de porcelana 12 kV, Montaje interior, esfuerzo de rotura 750 kg, línea de fuga 233 mm. Dimensiones (70-56) x 120 mm.		Pz	9
10	Barra de cobre electrolíticos (colectoras) Dimensiones 5 mm x 40 mm.		m	18
11	Barra de cobre electrolíticos (derivación) Dimensiones 3 mm x 25 mm.		m	4.5
12	Bases portafusibles y Fusibles Tipo CEF, 12 kV, 63A	CEF	Pz	6

EQUIPO PARA LADO DE MEDIA TENSIÓN 10 kV, 60Hz			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
	<b><u>Equipos para la celda de transformación</u></b>			
13	Bases portafusibles y Fusibles Tipo CEF, 12 kV, 40A	CEF	Pz	3
14	Transformador de 800 kVA, 60Hz 3φ 10/0.46 kV, ONAN	ABB	Pz	2
15	Transformador de 400 kVA, 60Hz 3φ 10/0.23kV, ONAN	ABB	Pz	1
16	Barra de cobre electrolíticos(Puesta a tierra) Dimensiones 3 mm x 25 mm		m	22
17	Portalámpara socket E 14, 250 V, 2 W		Pz	3
18	Lámpara de filamento E 14, 250 V, 2 W		Pz	3

TABLERO DE CONTROL, MEDICION Y SEÑALIZACION 10KV UBICADO EN SUB ESTACION 60 / 10KV			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
1	Micro interruptor termo magnético 400 V, 6A		Pz	3
2	Conmutadores de mando giro - empuje - giro	CPS55/F101	Pz	4
3	Portalámparas de filamento E14, 140 – 7W		Pz	4
4	Contactores Relay: Contactos Auxiliares 2NA + 2NC, tensión auxiliar 24VDC	KC22E	Pz	4
5	Medidor electrónico multifunción: 120VA, 60Hz, 5A, tensión auxiliar 110 VAC	NEXUS	Pz	1
6	Cuadro de alarmas 110 VAC, 36 puntos	ABB/SACO	Pz	1
7	Bocina de alarmas, 110 VAC		Pz	1

#### 4.5 Sub-Estación de baja tensión

##### 4.5.1 Tablero general - Características generales

El tablero general de fuerza en baja tensión será montado con los siguientes materiales:

##### 4.5.1.1 Estructura metálica

El compartimiento de baja tensión será auto soportado, de ejecución modular, para instalación interior, con las siguientes características:

- Perfiles angulares de 2" x 2" x 3 / 16", forrada con plancha LAF de 2mm de espesor y acceso frontal.
- Puerta frontal con empaquetaduras y cerraduras de operación rápida.
- Los tableros estarán diseñados y construidos de forma que cumpla estrictamente con los grados de protección siguientes:
  - Contra defectos externos IP43
  - Contra Accesos peligrosos a partes vivas y partes en movimiento IPH6
- En su interior los tableros llevarán estructuras de perfiles angulares no menores de 1 ½" x 1 ½" x 3 / 16", que serán para el soporte de los equipos eléctricos, las cuales serán pintadas de igual forma que la estructura principal.
- En la parte interior de los tableros correrán las barras de tierra a todo lo largo.
- En los extremos de las barras deberán preverse empalmes de unión para ampliaciones futuras.
- Todos los accesorios de fijación y ferretería en general para el montaje serán de material de fierro galvanizado.
- En la parte superior del tablero deberán preverse la colocación de un cancamo de izaje para la operación con la grúa.

#### 4.5.1.2 Pintura

Antes de ser pintadas, todas las superficies metálicas, excepto las cromadas, niqueladas o zincadas serán limpiadas completa y cuidadosamente de toda traza de oxido, grasa o suciedad mediante chorro a presión de granalla de acero e inmediatamente pintadas con dos capas de base anticorrosiva del tipo epoxico y dos capas de pintura de acabado color gris mate.

#### 4.5.1.3 Cableado interno

Las conexiones para la alimentación de los interruptores de fuerza serán con barras de cobre con sección de acuerdo a la capacidad y con factor de seguridad de 1.25

- Los cables para los circuitos de control y medición serán del tipo THW, calibre 16 AWG, 14 AWG respectivamente.
- Todos los equipos eléctricos serán debidamente rotulados, para su identificación de acuerdo a plano. Así mismo se identificarán los cables y borneras de acuerdo a las normas DIN.

#### 4.5.1.4 Placas de identificación

En la parte frontal de cada tablero se deberán identificar con un rotulo el nombre del circuito al que alimenta. Estos deben ser de material acrílico grabado en bajorrelieve.

#### 4.5.1.5 Equipos de medición

Los equipos de medición como amperímetros, conmutador amperimétrico, voltímetro, conmutador de voltímetro, medidores de energía, deben estar fijados en la parte superior de la puerta y a una altura adecuada para facilitar su lectura estos serán del tipo empotrado, a prueba de polvo y agua, de cajas metálicas para una mejor



protección contra campos magnéticos, las escalas serán de 90 grados con fondo blanco e inscripciones negras, con clase de precisión 1.5 a escala completa y con ajuste exterior del cero.

#### 4.5.1.6 Interruptores de distribución

El montaje de los interruptores termo magnético para las cargas de baja tensión será de acuerdo al diagrama unifilar. Modelo EMAX, ISOMAX, de la marca ABB, con una potencia de cortocircuito no menor de 35 kA de ruptura, regulación térmica de 0.4 a 1.0 de la corriente nominal.

#### 4.5.1.7 Dimensiones

Según plano de disposición:

- **SPC.56.03.00.08A – 220 VAC** (ver anexo 1)
- **SPC.56.03.00.08B – 440 VAC** (ver anexo 1)

#### 4.5.2 Equipamiento de los tableros de distribución en 220 VAC, 440 VAC, 60Hz

##### a) Aisladores porta barras:

Para soportar las barras de cobre se usaran aisladores de resina, (tipo Bekora) de alta resistencia eléctrica sobre la cual se montara una porta barra fabricado de fierro galvanizado para la sujeción de las barras de cobre.

Los aisladores serán de forma tronco cónico de las siguientes características:

- Montaje : interior
- Tensión de aislamiento : 1500 V
- Esfuerzo de rotura : 1250 Kg
- Línea de fuga : 60 mm
- Dimensiones : (50 – 60) x 50 mm

**b) Barras de Cobre:****b.1 Barras de Cobre principal:**

**Para el tablero de distribución de 440 VAC**, las barras serán de cobre electrolítico de sección 60 mm x 10 mm, las cuales cada terna ira de dos por línea ( R, S, T ), abarcando todo el tablero principal.

Las platinas serán pintadas con dos capas de pintura de base a la piroxilina de acuerdo al Código Nacional de Electricidad.

El espacio entre barra y barra será de 120 mm, y esta diseñada para una capacidad de 2100 A, la disposición de las barras será en forma Horizontal.

Las barras serán estañadas en todas las puntas de contacto y las derivaciones serán de cobre electrolítico con características:

- Pureza del 99.9%.
- Alta conductividad eléctrica.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Gran maquinabilidad.
- Tres ternas.
- Densidad de 8.9 Kg / dm<sup>3</sup>.

**Para el tablero de 220 VAC**, las barras serán de las mismas características que para el sistema de 440 VAC, pero sus dimensiones son: 10 mm x 50 mm, la cual esta diseñada para una capacidad de 1025 A, las cuales serán pintadas con dos capas de pintura base a la piroxilina de acuerdo al CNE.

La disposición de las barras será en forma horizontal y separación entre barra y barra 120 mm.

**b.2 Barras de Cobre para Derivación:**

Las barras de derivación, serán de sección rectangular variables de acuerdo a las cargas de los interruptores. Estas serán estañadas en todas las puntas de contacto y derivaciones, siendo las especificaciones técnicas similares a barra principal del tablero.

**c) Conductor de alimentación de los tableros de distribución:**

**Para la alimentación de 440 VAC**, la conexión desde el lado de baja tensión de cada transformador (Dos conectados en paralelo) será hasta una barra secundaria ubicada en el tablero con dos ternas 2: 3 – 1 x 300 mm<sup>2</sup> de cable NYY y luego se conectara al interruptor general del tablero con platinas de cobre electrolítico 10 mm x 60 mm (2/terna)

Finalmente a la salida del interruptor general se utilizaran 3 ternas de cable unipolar de 400 mm<sup>2</sup> - tipo NYY para conectarse a las barras principales.

**Para la alimentación de 220 VAC**, la conexión desde el lado de baja tensión del transformador hasta el interruptor general en el tablero con dos ternas 2 : 3 - 1 x 300mm<sup>2</sup> de cable NYY y luego subirá a las barras principales del tablero con platinas de cobre electrolítico 10 mm x 50 mm.

**d) Puesta a tierra:**

La instalación de la puesta a tierra tiene como finalidad:

- Limitar el voltaje de toque que con respecto a tierra pueda alcanzar cualquier masa no conductora normalmente, así como para evitar riesgos de shock eléctrico.
- Disminuir las posibilidades de la corriente circulante por diferencias de tensión entre componentes.
- Debe proveer a la corriente de falla una ruta adecuada de resistencia mínima que le permita fluir a tierra, asegurando de esta manera la operación de los dispositivos de protección.
- Debe suministrar una protección contra perturbaciones electromagnéticas a los equipos electrónicos sensibles.

Se usaran platinas de cobre de sección 5 mm x 40 mm a todas las partes metálicas de los tableros que no conducen corriente eléctrica.

Normas de fabricación: ASTM

La barra a tierra será pintada con dos capas de pintura a la piroxilina con color amarillo y de acuerdo al Código Nacional de Electricidad.

**e) Interruptor Termo magnético principal:**

Montaje fijo, con mando manual / motorizado con bobina de apertura (shun trip), bobina de cierre, bobina de mínima tensión y equipadas con protección termo magnética incorporada. Señalización de abierto cerrado.

Deberán tener como mínimo cinco contactos auxiliares normalmente abiertos y cinco contactos auxiliares normalmente cerrados para poder realizar todas las señalizaciones y enclavamientos necesarios.

Capacidad de acuerdo a carga:

- Cargas para producción, interruptor regulable de 3x2500A, 440 VAC, 70 kA.
- Cargas para servicios, interruptor regulable de 3x1250A, 220 VAC, 50 kA.

**f) Interruptores de alimentación a las cargas de distribución de 220 VAC, 440 VAC, 60 Hz:**

Montaje de acuerdo a diagrama unifilar.

Interruptor termo magnético tripolar 600 V, regulables, de poder de ruptura mínimo de 35kA en 440 VAC y 65 kA en 220 VAC, capacidad de corriente de los interruptores es indicada en el plano **SPC.56.03.00.02 (ver anexo 1)**

**g) Equipos de medición:**

**1) Equipo de medición para interruptor general y algunas cargas puntuales:**

Instalación de un equipo multifunción, analizador de redes, para el análisis de los parámetros eléctricos más importantes producidas por cada proceso de producción, cuenta con protocolo de comunicación RS232 / RS485 y un software apropiado para la conexión a una computadora programable.

Parámetros eléctricos a medir:

- Tensión por fase (V)
- Corriente por fase (A)
- Frecuencia (Hz)
- Potencia activa (kw)
- Potencia reactiva (kvar)
- Factor de potencia ( $\cos\phi$ )
- Energía reactiva (kvar - hr)
- Máxima demanda (kw)
- Energía activa (kw - hr)
- % THD Armónicas  $V_i$ ,  $A_i$
- Registros tabulados, gráficos
- Presentación en tiempo real
- Límites Máximos y Mínimos
- Control de circuitos externos
- Capacidad de memoria hasta 500MB de RAM
  
- Tres transformadores de corriente de 2500 / 5 A, para tablero de distribución de 440 VAC
  - Voltaje : 600 V
  - Potencia : 10.0 VA
  - Clase 1.0
  - Frecuencia : 60Hz
- Tres transformadores de corriente de 1500 / 5 A, para tablero de distribución de 220 VAC
  - Voltaje : 600 V
  - Potencia : 10.0 VA
  - Clase 1.0
  - Frecuencia : 60 Hz

- Micro interruptor trifásico de 6 A para protección de equipos de medición.
- Micro interruptor monofásico de 2 x 3 A para la alimentación en 110VAC. Con contactos auxiliares 1NA + 1NC

**2) Equipos de medición para los interruptores alimentadores de carga:**

- Un amperímetro de 96 mm x 96 mm, clase 5A, escala adecuada a la capacidad del interruptor con extensión a una escala mayor, según diagrama unifilar. Para la medición de corriente en cada una de los interruptores.
- Un conmutador de amperímetro de 12 A, cuatro posiciones, O-R-S-T.
- Dos transformadores de Voltaje:
  - Voltaje : 1000 V
  - Potencia : 30.0 VA
  - Clase 1.0
  - Frecuencia : 60 Hz

Con relación de transformación de acuerdo a cargas.

**h) Conductores de salida del tablero de distribución:**

Estos conductores comunican las salidas de cada uno de los interruptores termo magnético a las diferentes cargas de las líneas de producción (tomas de energía eléctrica en el muelle), a través de los canales de concreto, ductos, tuberías de 3"  $\phi$  PVC -SAP y otros.

Los conductores serán del tipo NYY, unipolares seleccionados de acuerdo a las características de las cargas de potencia, tensión, corriente y caída de tensión permisibles según el Código Nacional de Electricidad.

## 4.5.3 Medrado equipamiento baja tensión

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 440 V, 60Hz			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
1	Barras de cobre principales (colectoras) Dimensiones 10mm x 60 mm x 40m: 2/terna		Pz	1
2	Barras de cobre electrolíticos (derivación) Dimensiones 3 mm x 30 mm x 15 m		Pz	1
3	Barras de cobre (puesta a tierra) Dimensiones 5 mm x 40 mm x 3 m		Pz	1
4	Aisladores de resina, tensión de aislamiento 1500 V, esfuerzo de rotura 1250kg, lineal de fuga 60mm, dimensiones (50 – 60) x 50 mm.	Bekora	Pz	24
5	Interruptor termomagnético 600 V, 2500 A, 35KA, Mando motorizado en 110 VDC Rele de cierre y apertura en 110VDC Rele de sobre intensidad PR1/PLSIG-R3000	EMAX E3S	Pz	1
6	Micro interruptor termo magnético 400 V, 6A		Pz	1
7	Micro interruptor termo magnético 110 VAC, 6A, Con block de contactos auxiliares		Pz	1
8	Transformadores de corriente 600 V, 2500/5A, 10 VA, clase 1.0		Pz	3
9	Transformadores de tensión 600 V, 460/230V, 20 VA, clase 1.0		Pz	2
10	Medidor de energía electrónico programable	DMMS-425	Pz	1

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 440 V, 60Hz			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
11	Medidor electrónico multifunción, rango 5A, 220V, 60Hz, empotrado, con RS – 485 / 232		Pz	1
12	Conmutador amperimetrico para dos TC		Pz	1
13	Amperímetro 96 x 96mm, rang 5A, 0-3000A aguja roja regulable desde el interior		Pz	1
14	Interruptor tripolar termomagnetico 690 V, 250 A, 50 kA	ISOMAX S5H250	Pz	9
15	Interruptor tripolar termomagnetico 690 V, 630 A, 50 kA	ISOMAX S5H630	Pz	1
16	Cables unipolares tipo NYY: Sección: 3 – 1 x 300 mm <sup>2</sup> Sección: 3 – 1 x 400 mm <sup>2</sup>	NYY NYY	m m	60 15
17	Juego de terminales de cable para uso interior		kit	4



TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 220 V, 60Hz			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
1	Barras de cobre principales (colectoras) Dimensiones 10 mm x 50 mm x 20 m		Pz	1
2	Barras de cobre electrolíticos (derivación) Dimensiones 3 mm x 30 mm x 15 m		Pz	1
3	Barras de cobre (puesta a tierra) Dimensiones 5 mm x 40 mm x 2.5 m		Pz	1
4	Aisladores de resina, tensión de aislamiento 1500V, esfuerzo de rotura 1250kg, lineal de fuga 60mm, dimensiones (50 – 60) x 50 mm.	Bekora	Pz	18
5	Interruptor termomagnetico 600 V, 1250 A, 65 kA, Mando motorizado en 110 VDC Rele de cierre y apertura en 110 VDC Rele de sobre intensidad PR1/PLSIG-R3000	EMAX E3S	Pz	1
6	Micro interruptor termo magnético 400 V, 6A		Pz	1
7	Micro interruptor termo magnético 110 VAC, 6 A, Con block de contactos auxiliares		Pz	1
8	Transformadores de corriente 600 V, 1500/5 A, 10 VA, clase 1.0		Pz	3
9	Transformadores de tensión 600 V, 460/230 V, 20 VA, clase 1.0		Pz	2
10	Medidor electrónico multifunción, rango 5A, 220V, 60Hz, empotrado, con RS – 485 / 232		Pz	1
11	Conmutador amperimetrico para dos TC		Pz	1
12	Amperímetro 96 x 96 mm, rang 5A, 0-3000A aguja roja regulable desde el interior		Pz	1
13	Interruptor tripolar termomagnetico 690 V, 250 A, 65 kA	ISOMAX S5H250	Pz	6
14	Medidor de energía electrónico programable	DMMS-425	Pz	1

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 220V, 60Hz			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
15	Cables unipolares tipo NYY: Sección: 3 – 1 x 300 mm <sup>2</sup>		m	30
			kit	2
16	Juego de terminales de cable para uso interior			
	<b><u>Interruptores para alumbrado</u></b>			
17	Interruptor tripolar termomagnético 690 V, 70 A, 25 kA	ISOMAX S1B70	Pz	1
	Relay de 50 A		Pz	2
	Relay de 20 A, bipolar		Pz	2

#### 4.6 Puesta a tierra

Los conductores de los circuitos de "puesta a tierra" serán de sección apropiada a la intensidad que se prevé puede recorrerlos, y a fin de evitar fusiones por efecto joule.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un contacto eléctrico perfecto, tanto con las partes metálicas que se desea poner a tierra, como con el electrodo, usando piezas de empalmes adecuadas, que aseguren la eficacia del contacto.

Los limitadores de tensión de las líneas de débil corriente (central telefónica, redes de computadoras, PLC), deberán ser puesto con independencia a los anteriores

##### 4.6.1 Pozo de tierra

Para la protección del personal se ejecutara un pozo de tierra para el lado de media tensión 10 kV, y otro para el lado de baja tensión, cada uno de estos pozos de tierra será de 1.00 m, de diámetro x 3.00 m de profundidad y ejecutado con tierra vegetal y aditivos del tipo thorgel o similar, detalle de puesta a tierra en plano **SPC.56.03.00.02, (ver anexo 1)** aplicado según el instructivo del fabricante, con el propósito de asegurar en todo momento una baja resistencia al paso de cualquier corriente de falla, sin corroer los electrodos y demás elementos del sistema.

Una vez instalado el pozo de tierra, se deberá efectuar la medición de esta, cuyo resultado deberá cumplir con lo indicado por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV, tabla 3 – VI, según lo siguiente:

- Resistencia de puesta a tierra para media tensión (MT) : < 25 ohms
- Resistencia de puesta a tierra para baja tensión (BT) : < 15 ohms

La instalación de puesta a tierra para el lado de baja tensión deberá ser de muy baja resistencia ohmica, para permitir una descarga rápida de la corriente circulante de falla y garantizar un optimo funcionamiento de protección de los sistemas.

#### 4.6.2 Conductor

El conductor de la línea de tierra será de cobre electrolítico N° 3/0 ( 85.1 mm<sup>2</sup> ) de sección y temple duro.

Para la instalación de los circuitos de la línea de tierra, se deberá instalar un conductor que cubra como mínimo el 30% de la carga instalada por cada tablero de fuerza y control.

Los conductores a tierra se deberán proteger debidamente contra daños mecánicos y químicos.

#### 4.6.3 Electrodo y conductor

Será del tipo COPPERWELLD o similar de 20mm de diámetro y 2.4 m de longitud y vendrán previstos de dos conectores de bronce y perno con cabezal hexagonal. Estos conectores servirían para conectar el electrodo con el conductor de bajada.

#### 4.6.4 Ejecución de una puesta a tierra

El trabajo se inicia con la ubicación precisa del punto o línea del suelo a ser removido, a partir de la exclusión de la presencia de toda canalización o estructura subterránea tanto de los servicios propios como de los servicios externos que ingresan o pasan.

##### 4.6.4.1 Preparación de la obra

Se deberá tener cuidado en relación con roturas accidentales derrames o fugas.

La mano de obra directa será ejecutada por peones entrenados en el trabajo de albañilería al nivel de ayudante, debido a que se tiene que romper losas, las cuales exigen labores de cuidado en reposición, el personal no obstante será asegurado contra accidentes.

#### 4.6.4.2 Excavaciones y Recarga de Sales Solubles

Durante la excavación, la tierra fina será separada de los conglomerados gruesos que no son reutilizables para el relleno, así mismo en caso de hallar tuberías, ductos o estructuras subterráneas, se procurara pasar lateralmente sin ocasionar daños; en caso de ser canalizaciones eléctricas, en lo posible se deberá hacer un corrimiento de las excavaciones.

##### **Excavación y Preparación del Pozo:**

Para el electrodo de 2.4 m de longitud normalmente se prevee un pozo de hasta 3 m de profundidad, 1.0 m de diámetro en la boca, y 0.8 m en la base, estas dimensiones nos permitirán el trabajo normal de dos peones en algo mas de media jornada; en el suelo deleznable, se ampliara la boca del pozo con una o dos gradas laterales de 0.8 m de alto, para la extracción del material.

La preparación del lecho profundo consistirá en verter, en el pozo una solución salina de 25 Kg de NaCl en 150 litros de agua, y esperar a que sea absorbido para luego esparcir la reserva de 15 Kg de Sal en grano en el fondo.

#### 4.6.4.3 Rellenado, tratamiento y colocación del electrodo

El Relleno se prepara mezclando en seco la tierra fina del sitio con bentonita, (Arcilla Natural), y si es el caso con la tierra fina de procedencia externa excepto tierra de cultivo, porque es corrosiva y también ataca al cobre además de significar un uso depredatorio.

##### **Rellenado del Pozo y Colocación del Electrodo Vertical:**

Se esparce lentamente la mezcla tierra con bentonita con abundante agua de modo que se forme una argamasa.

El electrodo con auxiliares rectilíneos se ubica al centro del pozo; si es simple se le puede dejar para clavarlo al final.

A una altura de 1.2 m desde el fondo, se vierte una dosis de solución salina esperando su absorción antes de esparcir 10 Kg de sal en las paredes del pozo. (collar de Sal)

Continuando el relleno, a una altura de 2.3 m desde el fondo se vierte una nueva dosis de solución salina y se espera su absorción antes de continuar con el relleno de acabado.

Se debe tener presente que a cabo de 24 horas el relleno se compactara y la superficie del área excavada se hundirá 0.07 m

#### 4.6.4.4 Medida de la resistencia de dispersión

Se verificara la capacidad de evacuación y dispersión de corriente en el suelo, a cargo de la puesta a tierra sola (desconectada); las medidas se hacen con un esquema de conexiones que depende de la geometría del electrodo enterrado. Se utiliza un telurómetro portátil de 3 o 4 bornes.

### 4.7 Equipos auxiliares de protección y maniobra

Para maniobras en las Sub-Estaciones de transformación se proveen de:

#### 4.7.1 Pértiga

Tipo tropical izada y para trabajo pesado, de material aislante de alta resistencia mecánica a la tracción y la flexión para maniobrar y accionar los seccionadores unipolares en vacío, tendrá un aislamiento no menor de 30 kV de una longitud aproximada de 1.60 m, tendrá un disco con el fin de aumentar la distancia de aislamiento. Tendrá una lámpara de presencia de tensión.

#### 4.7.2 Banco de maniobras

Consistente en una plataforma de 0.8 m x 0.8 m de madera dura de 1" de espesor mínimo, conformada por listones debidamente encolados y soportados en listones matrices de 2 ½" aproximadamente de modo que pueda resistir un peso de 100kg. la madera será protegida con una capa de barniz. La plataforma será soportada por cuatro aisladores de resistencia mecánica a la compresión, impacto y dureza, con pieza de fijación a la plataforma.

#### 4.7.3 Guantes

Un par de guantes tamaño grande, de jebe u otro material aislante para uso eléctrico y un nivel de aislamiento de 30 kV.

#### 4.7.4 Zapatos

Con suela y tacones de jebe de alto aislamiento eléctrico, los que deberán ser cocidos, no se permitieran clase o partes metálicas.

### 4.8 Sistema de ventilación

El volumen de aire requerido para el sistema de ventilación se calculara en función a las pérdidas de calor de los equipos eléctricos instalados en el ambiente como transformadores, tableros de baja tensión, conductores eléctricos, etc.

En la selección de los equipos deberá considerarse el mantener una presión positiva dentro del ambiente de la Sub-Estación. El sistema de distribución será por renovación natural mediante rejillas en la parte inferior fluyendo el aire hacia la parte superior donde se encuentra dos ventanas con rejillas de madera. El aire frío estará orientado hacia las áreas de mayor disipación de calor, esto es la zona de media tensión (Celda de llegada, Transformadores), Zona de baja tensión (Tableros de fuerza) y también los ductos subterráneos por donde salen los cables alimentadores al muelle.

#### 4.9 Obra civil de la Sub-Estación

La obra civil consistirá en la construcción de una Sub-Estación convencional de un área de 59.82 m<sup>2</sup> y una altura de 3.5m, la cual ha sido dividida en dos ambientes para media y baja tensión, ver plano **SPC.56.03.00.03 (ver anexo 1)**, Cuenta con canales para la llegada del cable alimentador tipo N2XSJ unipolar en el lado de media tensión y canales en el lado de baja tensión para salida de los cables tipo NYY, además se ha conectado el canal de media y baja tensión para pasar los cables que salen del lado de baja tensión del transformador hacia el tablero de distribución.

Además se muestra el plano de cimentación **SPC.56.03.00.05 (ver anexo 1)**, estructuras **SPC.56.03.00.04 (ver anexo 1)**, las cuales fueron elaboradas por el ingeniero Daniel Marreros Zegarra (Ingeniero Civil, Jefe de Proyectos de la oficina de proyectos y desarrollo del SIMA - CALLAO) y el plano de electricidad **SPC.56.03.00.06 (ver anexo 1)**

Finalmente se da un presupuesto general de los materiales, equipos y mano de obra que consumiría la obra civil para la puesta en marcha de la Sub-Estación proyectada.

#### 4.10 Tendido de los cables de baja tensión al muelle para tomas 220VAC y 440 VAC

Los cables de baja tensión tendidos en el muelle, son unipolares del tipo **NYN: 3 – 1 x 120mm<sup>2</sup>**, los cuales han sido calculados considerando las condiciones de funcionamiento, la corriente máxima que debe transportar, la caída de tensión máxima admisible por el Código Nacional de Electricidad, la tensión de servicio, la intensidad de la corriente de cortocircuito y su duración.

##### **Procedimiento de Instalación**

Se procederá de la siguiente forma:

- 1- Se ubicara el lugar donde ira instalado las cajas de paso, luego se trazara la dimensión especificada y se procederá al rompimiento del piso para la posterior instalación de la caja de paso.



- 2- Una vez colocado la caja de paso se procederá a instalarse los tubos de plástico debajo del muelle, los cuales estarán emplazados sobre soportes tipo U de espesor adecuado que serán distribuidos de tal manera que soporten el peso de los cables.
- 3- Para el tendido de los cables se colocara los equipos, materiales y dispositivos adecuados, incluyendo los de protección y señalización externa.
- 4- Se distribuirá el personal a lo largo de la trayectoria del cable a instalar (en los extremos y en los registros intermedios), para que se vigile durante su instalación, con el fin de evitar posibles daños por roce del cable, etc.
- 5- Serán colocados en un lugar visible un dinamómetro y un cuentametros, para medir la tensión y longitud durante la instalación del cable.
- 6- Antes de iniciar el jalado del cable, habrá que realizar una inspección final a toda la instalación.
- 7- Se mantendrá equipo adecuado de comunicación en la zona de carretes, en los puntos intermedios y en la zona del jalador.
- 8- En los pozos de visita cerca al jalador se colocaran y fijaran los dispositivos que nos permitan orientar el cable guía, del ducto durante la salida del cable.
- 9- Se jala el cable de acero del equipo de tracción, usando la guía que previamente se instalo pasándolo a través de los tubos y registros intermedios hasta llegar a la posición de los carretes.
- 10- Se coloca y fija el tubo flexible (alimentador) en la boca del ducto, en el pozo de visita que se encuentra cerca de los carretes, y se introduce la punta del cable a través de este tubo.
- 11- La preparación de la punta del cable se puede hacer con un tornillo de tracción, acoplado cualquiera de estos dos dispositivos con un destorcedor que servirá para absorber la torsión del cable de acero en el momento de aplicar tensión.
- 12- Dependiendo del peso del cable y la longitud se dispondrá de una o más personas en el carrete para ayudar a que gire durante la instalación.

- 13- Se inicia el jalado por indicaciones del supervisor, coordinando las operaciones tanto en la zona de carretes, como en el equipo de tracción y puntos intermedios (pozos de visita), se recomienda utilizar equipo de comunicación (radios transmisores – receptor, banderines, etc.)
- 14- El equipo de jalado permitirá cambios de velocidad suaves hasta casi detenerse. Si el tendido es interrumpido, al volver a empezar, la aceleración será baja para evitar se presenten tensiones elevadas. La velocidad de tendido no deberá ser mayor de 15metros por minuto y la tensión durante el jalado del cable no excederá a los valores calculados previamente.
- 15- Al finalizar el jalado dentro de un registro, los cables de energía deben ir adelante tanto como sea posible, con el fin de cortar parte del extremo que se haya dañado y contar con la longitud suficiente y en buenas condiciones para efectuar el empalme. Como existen registros intermedios en el tramo donde se jalara el cable, se dejara una pequeña cantidad en el registro donde se encuentran los carretes, con el fin de tener suficiente cable para acomodarlo en los registros intermedios.
- 16- Debido a que la longitud máxima por instalar esta limitada por la tensión de jalado y por la trayectoria de la instalación, es conveniente verificar la máxima tensión de jalado para evitar que sufra daño el cable.
- 17- Es recomendable dejar una cantidad de cable en los registros adyacentes a los terminales, para tener una reserva para posibles fallas que se presenten durante su operación. En el **grafico 5, (ver anexo 2)** se presenta la disposición de los equipos y materiales a utilizar durante el tendido del cable.

#### 4.10.1 Instalación de ductos para el pase de cables hacia las tomas en el muelle

La salida de los cables del tablero de fuerza en baja tensión será por la canaleta interior a la Sub-Estación por el lado de baja tensión empalmándose a los ductos enterrados exteriormente hasta llegar al inicio del Muelle de Reparaciones, plano **SPC.56.03.00.09, (ver anexo 1)**

Se instalarán 4 ductos a una profundidad 0.7m de acuerdo a norma, Código Nacional de Electricidad tomo IV "Sistema de Distribución", cada ducto tendrá cuatro vías con diámetro por ducto de 4"  $\phi$  , estos serán colocados sobre un solado de concreto armado de 10cm. de alto para evitar el hundimiento de los ductos de concreto.

#### 4.10.2 Diseño e instalación de caja de paso y toma de energía

Se colocará una caja de paso cada 30m aproximadamente para empalmar y derivar los cables hacia las tomas de energía eléctrica.

- Las cajas de paso serán confeccionadas de tal manera que pueda tener espacio para el doblado de los cables y el trabajo de empalmado, teniendo en consideración que los cables no deben de tener un radio de curvatura menor a 15 veces el diámetro nominal.

Las dimensiones de la caja de paso se muestra en el plano

**SPC.56.03.00.11 (ver anexo 1)**

- Las tomas de energía serán diseñadas tal que permitan un fácil acceso al suministro de energía de los diferentes equipos a instalarse en el muelle, estos contarán con seis aisladores de resina tipo bekora y tres barras de cobre electrolítico de dimensiones: 10mm x 60mm x 500 mm, colocándose entre ellos una plancha de fibra de vidrio entre fase y fase para evitar interferencia con el arco eléctrico que se produce, así también se conectarán cables de cobre desnudo temple suave N° 3/0 para la instalación de la puesta a tierra del total de tomas de energía. La ubicación de la puesta a tierra se observa en el plano **SPC.56.03.00.09 (ver anexo 1)**

Las cajas de tomas serán señaladas con pintura de color amarillo indicando, "Peligro Energía eléctrica". Las dimensiones de la caja de toma de energía se muestra en el plano **SPC.56.03.00.11 (ver anexo 1)**

#### 4.10.3 Diseño e instalación de soportes para sujetar los cables debajo del muelle

El cable seguirá bajo el muelle mediante tubos 3"  $\phi$  de PVC - SAP, amarrados y sujetados mediante unos soportes tipo U, formado con ángulos 2 ½" x 2 ½" x 3/16", las cuales se muestran en el plano **SPC.56.03.00.10**, **(ver anexo 1)**

Los soportes estarán distanciados 1.5m, la cual permite que el tubo se flexione dentro del limite permisible en comparación con la flecha máxima, además de soportar el peso total evitando la rotura del tubo.

#### 4.10.4 Metrado para la instalación de las tomas en 220 VAC y 440 VAC

EQUIPOS PARA INSTALACIÓN DE TOMAS EN EL MUELLE			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
	<b>Materiales para tomas 220VAC y 440VAC</b>			
1	Aisladores de Resina 50mm x 50mm	Bekora	Pz	114
2	Pernos de Fe. ½" x 1" R/c, c/t, c/ex. Zincado		Pz	280
3	Anillo de presion de acero ojal ½" Zincado		Pz	280
4	Anillo plano de Fe. Ojal de ½" Zincado		Pz	280
5	Platina de cobre electrolítico 10 mm x 60 mm x 500 mm		Pz	57
6	Pernos de Fe de 3/8" x 1 ½" R/c, c/t c/ex. Zincado		Pz	300
7	Anillo plano de Fe. Ojal de 3/8" zincado		Pz	600
8	Anillo de presion de acero Ojal 3/8" zincado		Pz	300
9	Fibra de vidrio en plancha 5mm x 150mm x 520mm		Pz	57
10	Pernos de Fe. 1/4" x 1" R/c, c/t, c/ex. Zincado		Pz	420
11	Anillo plano de Fe. Ojal de 1/4" Zincado		Pz	840

EQUIPOS PARA INSTALACIÓN DE TOMAS EN EL MUELLE			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
<b><u>Materiales para tomas 220VAC y 440VAC</u></b>				
12	Tubo termocontraible 3m ITCSN 1100		Pz	18
13	Cinta Scotch aislante de ¾" x 20 m N°3 - 3M		Pz	20
14	Cinta autovulcanizante N°23, ¾" - 3M		Pz	20
15	Cinta Maskingtape de 2"		Pz	15
16	Cinta Maskingtape de 1"		Pz	12
17	Hoja de sierra de ½" x 18 dientes SAMPLEX		Pz	12
18	Pintura esmalte color rojo		GI	1
19	Pintura esmalte color blanco		GI	1
20	Pintura esmalte color gris plateado		GI	12
21	Pintura esmalte color negro		GI	3
22	Thinner corriente Standard		GI	6
<b><u>Materiales para tendido del cable</u></b>				
23	Cable: 3 - 1 x 120 mm <sup>2</sup> Unipolar	NYN	m	12000
24	Terminal de presión t / Amp de 120 mm <sup>2</sup> Ojal 3 / 8"		Pz	296
25	Conector recto t / Amp de 120 mm <sup>2</sup>		Pz	50
26	Tubo plástico pesado PVC de 3" x 3m.		Pz	640
27	Curva de plástico pesado PVC de 3" φ		Pz	36
28	Platina de Fe ¼" x 3" x 6m		Pz	270
29	Cinta perforada galvanizada de 1mm x 19 mm		m	400
30	Soldadura E - 6011 1/8"		kg	150

EQUIPOS PARA INSTALACIÓN DE TOMAS EN EL MUELLE			Lista de aparatos	
NUM	DESCRIPCIÓN	Tipo	U	Cantidad
	<b><u>Materiales para tendido del cable</u></b>			
31	Meollar alquitranado de 1/8"		Kg	2.5
32	Pegamento plástico PVC, envase de ¼" gl.		Pz	16
33	Atadura plástica de 300 mm x 5 mm		Pz	300
34	Angulo de Fe. de 2 ½" x 2 ½" x 3/16" x 6m		Pz	12
35	Platina de Fe. de 3/8" x 1 ½" x 6m		Pz	35
36	Espárragos de Fe. de ½" x 22"		Pz	70
37	Tuercas de Fe. de ½" R/c zincado		Pz	220
38	Anillo plano de Fe ojal de ½" zincado		Pz	220
39	Jebe neoprene puro en plancha 4mm x 400mm x 500mm		Pz	30
40	Pegamento terokal		Gl	2
41	Perno de Fe de 3/8" x 1" R/c, c/t, c/ex. zincado		Pz	300
42	Perno de Fe de ½" x 1" R/c, c/t, c/ex. zincado		Pz	80
43	Trapo industrial selecto		Kg	20
	<b><u>Materiales para puesta a tierra</u></b>			
44	Cable de cobre desnudo temple suave N° 3/0		m	635
45	Terminal de presion t / Amp Calibre 3/0		Pz	36
46	Conector recto t / Amp Calibre 3/0		Pz	18
47	Kit completo de pozo de línea a tierra		Pz	1
48	Brocha de Nylon de 2"		Pz	2

#### 4.11 Pruebas y puesta en servicio

Antes de la puesta en servicio de una instalación, es necesario efectuar una serie de pruebas necesarias para determinar el estado final de los aislamientos, los circuitos de control, la protección, medición, señalización, alarmas y finalmente el funcionamiento del conjunto de la Sub-Estación.

A su vez, el conjunto de datos obtenidos de las pruebas sirve de antecedente para que, a lo largo de la vida de la instalación, el personal de mantenimiento tenga una base para determinar el grado de deterioro que van sufriendo los diferentes equipos, así como tener un punto de referencia para comparar las nuevas lecturas obtenidas en los equipos después de una reparación.

##### **Tipos de pruebas:**

- a) Pruebas de la línea de distribución primaria
  - b) Pruebas al equipo de alta tensión
  - c) Pruebas al equipo de protección, medición y control
  - d) Pruebas al equipo, con su tensión nominal de operación
  - e) Faseo de la Sub-Estación
  - f) Toma de carga de la Sub-Estación
- a) Pruebas de la línea de distribución primaria
- Antes de iniciar la prueba, se desconectara el cable de todo equipo eléctrico (transformadores, cuchillas, interruptores, etc.) y se limpiara todas las superficies aislantes de las terminales (en superficies de porcelana se puede aplicar grasa de siliconas para reducir la corriente de fuga y evitar el arqueo externo.)
- El conductor de tierra se conectara al equipo de prueba, a las pantallas y armaduras metálicas del cable, a la pértiga de tierra del equipo y al sistema de tierra. También deben conectarse a tierra los cables próximos que no se vayan a probar.

Se conectara el conductor de alta tensión del equipo al cable o cables que van a ser probados, cuando se prueben cables multiconductores o cables sin pantallas, cada conductor debe ser probado por separado, con los conductores restantes conectados a tierra.

Antes de aplicar la prueba de tensión, el sistema de cables debe estar a temperatura ambiente. La aplicación inicial de tensión no debe exceder de 1.8 veces la relación de tensión de corriente alterna entre fases del cable.

El método a aplicarse será el de corriente de fuga contra tensión;

Se detalla el método continuo:

Consiste en aplicar la tensión incrementando aproximadamente 1KV por segundo o el 75% del valor de corriente de salida en el equipo.

Con algunos equipos de prueba es imposible alcanzar la tensión máxima en un tiempo específico, debido a la magnitud de la corriente de carga.

#### b) Pruebas al equipo de alta tensión

El tipo de prueba va depender del equipo que de que se trate y de sus funciones. Gran parte de las pruebas las especifican los propios fabricantes, como pruebas de fabrica, algunas de las cuales se vuelven a efectuar, una vez instalado el equipo, pero ahora con el nombre de pruebas de campo.

A continuación se indica, por separado, cada uno de los equipos de alta tensión que se consideran en las pruebas de campo:

- Transformadores de potencia
- Interruptores
- Transformadores de corriente
- Transformadores de potencial
- Fusibles
- Aisladores



Una vez instalado cada uno de los equipos, la secuencia de las pruebas de campo se puede desarrollar en el siguiente orden, aunque no todas las pruebas que se indican a continuación se efectúan a cada uno de los equipos arriba mencionados:

Resistencia de aislamiento

Factor de potencia de los aislamientos

Rigidez dieléctrica del aceite

Relación de transformación

Resistencia de contacto

Tiempo de apertura y de cierre de los contactos de los interruptores

Continuidad eléctrica de los circuitos

Polaridad

Tensiones mínimas de operación

c) Pruebas al equipo de protección, medición y control

Se efectúa a los tableros de protección y control

Cable de control

Control y alarmas

Protecciones

**Tableros de protección y control**

Primero se efectúa una inspección ocular de todos los cables, tablillas, cuchillas de prueba, para comprobar el apriete de todas las conexiones. A continuación se verificará que todos los aparatos de protección, medición, control, tablillas y cuchillas de prueba estén bien instalados.

**Cable de control**

Los cables conviene normalizarlo con base en su función y de acuerdo con lo siguiente:

Los circuitos de control y corriente directa son de color rojo.

Los circuitos de potencia son de color negro

Los circuitos de corriente son de color blanco

La secuencia de revisión de los cables de control es la siguiente

- Revisión de los alambrados en todos los equipos de alta tensión y sus conexiones bien apretadas. Revisión de la relación de los transformadores de potencial y de corriente, de acuerdo con las relaciones indicadas en los diagramas de protección y medición.
- Revisión de los alambrados entre todos los tableros en el salón de tableros.
- Revisión de los alambrados de corriente directa y alterna de los tableros del servicio de estación
- Revisión de las etiquetas de identificación fijadas en los extremos de los cables.

### **Control y alarmas**

Se comprueba la secuencia de operación de los interruptores y de los bloqueos que evitan la operación de las cuchillas con carga.

Verifíquese la operación del equipo auxiliar de los transformadores de potencia, como son bombas de aceite, ventiladores y cambiador de derivaciones, así como de los servicios de estación de corriente alterna.

Compruébese la operación de las alarmas simulando condiciones de falla, identificando cada una de ellas

### **Protecciones**

Se realizan con la Sub-Estación totalmente desenergizada, tanto en media como en baja tensión, y se dividen en dos grupos.

Faseo de protecciones, consiste en detectar la posibilidad de que una conexión de los transformadores de corriente o potencial, que llega a un relevador se conecte con la polaridad invertida.

Operación de las protecciones con corrientes simuladas, sirve para asegurarse de que todas las protecciones operan correctamente al presentarse cualquier falla, y que envían la señal de disparo a los interruptores implicados.

En esta prueba, la Sub-Estación debe permanecer desenergizada, utilizándose una fuente de corriente ajustable y portátil para simular la corriente de cortocircuito.

d) Pruebas al equipo, con su tensión nominal de operación

Una vez efectuada todas las pruebas anteriores con el equipo desenergizado, se procede a realizar una serie de nuevas pruebas, pero ahora con los diferentes equipos energizados a la tensión nominal, para lo cual deben tener en cuenta los siguientes puntos:

Antes de aplicar la tensión nominal, se deben analizar las pruebas realizadas al equipo, en especial aquellas de rigidez dieléctrica y compararlas con las pruebas efectuadas con los fabricantes.

Mientras dure una prueba, los relevadores se deben ajustar a su máxima sensibilidad, para que en caso de una falla los daños sean mínimos.

Efectuar una inspección ocular a toda la Sub-Estación para eliminar la posibilidad de que se hayan olvidado alambres, conexiones a tierra o terminales sin conexión.

Los tableros de protección, control y alarmas deben estar en condiciones de operación y no deben tener bloqueos de ningún tipo. Todos los circuitos de corriente deben estar cerrados para evitar la aparición de altas tensiones.

Todos los circuitos de control y protección deben ser revisados en su operación, para que no ocurran falsos contactos o existan bloqueos.

La Sub-Estación se comienza a energizar paso a paso.

Primero se empieza a recibir tensión, de acuerdo a la secuencia de conexiones y se van cerrando progresivamente cada uno de los equipos según la secuencia numérica correspondiente.

Una vez energizada a tensión nominal, la zona de baja tensión se mantiene así durante una hora, para asegurarse que los aislamientos están en buen estado.

Como segundo paso, se procede a energizar los transformadores de potencia por el lado de baja tensión, dejando desconectado el lado de media tensión.

Una vez energizado cada banco de transformadores por separado, se escucha que el zumbido sea normal y que no se observen otras anomalías como el posible disparo de algunas de las protecciones, en cuyo caso hay que analizar que fue lo sucedido.

Una vez probada la operación de los transformadores y considerando que el conjunto de maniobras se ha desarrollado normalmente, se comienza a cerrar, en el caso de media tensión, todos los interruptores con sus respectivas cuchillas, hasta terminar de energizar toda la parte de media tensión, dejando únicamente abiertas las cuchillas que conectan con la alimentación de media tensión, ya que antes de entrar en servicio hay que comprobar que la Sub-Estación quedó en fase con el sistema.

e) Faseo de la Sub-Estación

Es el procedimiento mediante el cual se comprueba que las fases del sistema de media tensión que alimenta una Sub-Estación, coinciden exactamente con las fases que entran en la Sub-Estación por el lado de baja tensión, y que si esto no ocurre al conectar la Sub-Estación se producirá un cortocircuito por existir una diferencia de tensión entre los dos extremos abiertos de una misma fase.

f) Toma de carga de la Sub-Estación

Una vez hechas las pruebas al equipo, faseada la Sub-Estación y probada con tensión nominal, el siguiente y último paso es que la Sub-Estación tome la carga normal para lo cual se polarizan los relevadores que lo necesiten y se calibran las protecciones y los equipos de medición para que funcionen correctamente con la carga normal de cada circuito de la Sub-Estación.

**CAPITULO 5**  
**CALCULOS JUSTIFICATIVOS**

5.1 Datos Generales

Tensión Nominal (Vn) en la red	: 10 kV.
Potencia de cortocircuito (Sc)	: 250 MVA.
Sección mínima del Cable	: 70 mm <sup>2</sup> .
Resistencia efectiva a la temperatura	
De operatividad del Cable ( R)	: 0.436 ohm/km
Reactancia inductiva del Cable ( X)	: 0.2579 ohm/km
Longitud del cable ( L)	: 0.446Km.
Temperatura del terreno	: 25 °C.
Tiempo de actuación de la protección ( t )	: 0.2 seg.
Separación de barras entre fases	: 250 mm.
Longitud de la barra entre apoyos	: 1800 mm.
Sección barras colectoras	: 40 mm x 5 mm.
Potencia Instalada Total	: 2000 kVA.
Potencia de Diseño	: 1600 kW.
Factor de Potencia ( cos $\phi$ )	: 0.80
Factor de Simultaneidad c / 460V	: 0.70
Factor de Simultaneidad c / 230V	: 0.70

5.2 Calculo y selección del cable alimentador primario TIPO N2XSY - 8.7/15kV

5.2.1 Selección por capacidad de corriente

**a) Calculo de corriente nominal del sistema eléctrico:**

La Corriente se determina por la siguiente formula:

$$I = \frac{MQ}{\sqrt{3} \times Vn} (A)$$

Donde:

MQ : Máxima Demanda Aparente Total del Sistema en kVA.

Vn : Tensión de Servicio Nominal de la red en kV.

I : Corriente Nominal del Sistema en Amperios, lado de 10 kV.

$$I = \frac{2000kVA}{\sqrt{3} \times 10kV} = 115.47 A$$

**b) Calculo de la sección mínima por capacidad de conducción de corriente:**

Para determinar la capacidad de conducción de corriente en cables de energía, debemos tener presente la transferencia de calor donde esta es afectada por los siguientes factores de corrección:

- Factor de corrección relativa a la proximidad de otros cables(3 cables)

Fc: 0.73

- Factor de corrección de profundidad de tendido a 0.8m Fp : 0.98

- Factor de corrección por resistividad térmica Ft : 1.00

- Factor de corrección de temperatura del suelo a 25°C Fs : 0.96

Factor de Corrección Equivalente:

$$F_{eq} = Fc \times Fp \times Ft \times Fs$$

$$F_{eq} = 0.68$$

Por lo tanto la capacidad de carga corregida del cable es igual a:

$$In \times F_{eq} = 305 * 0.68 = 207.4 A$$

Que es Superior a la corriente de carga:

$$207.4 > 115.47 A.$$

En consecuencia se selecciona el cable:

- **N2XS****Y: 3 - 1 x 70 mm<sup>2</sup>**, capacidad de corriente 305 A y tensión de 10KV.

#### 5.2.2 Selección por corriente de corto circuito

##### a) **Calculo de la sección mínima por corriente de cortocircuito:**

Debemos comprobar si el tipo de cable y los accesorios elegidos son capaces de soportar las cargas dinámicas y térmicas debida a los cortocircuitos.

Para las cargas dinámicas es determinante el impulso de la corriente de cortocircuito **I<sub>s</sub>** y para las cargas térmicas el valor eficaz medio de la corriente de cortocircuito **I<sub>cc</sub>**.

**En cuanto a las cargas dinámicas**, los esfuerzos a soportar son proporcionales al cuadrado del impulso de la corriente de cortocircuito (valor de cresta, esta es la razón por la cual quedan sometidos a esfuerzos mecánicos los cables y terminales incluso en caso de medianas corrientes de cortocircuito. En cables de varios conductores armados, los esfuerzos de cortocircuito que se originan dentro del cable, son absorbidos por el retorcido de los conductores, la envoltura y la armadura, su efecto no es perjudicial en estos casos.

**En cuanto a las cargas térmicas**, para la elección del cable hay que estudiar principalmente las cargas de los conductores, pero en algunos casos también las envolturas metálicas y apantallamientos.

En caso de cortocircuito tripolar, solo quedan sometidos a los esfuerzos térmicos los conductores activos.

El calentamiento del conductor depende del valor eficaz y de la duración de la corriente de cortocircuito. Puesto que el periodo del calentamiento es muy breve y tiene lugar solamente en caso excepcional de perturbación, son

admisibles en el conductor temperaturas mas elevadas que las de servicio normal, en caso de cortocircuito.

De la potencia inicial de cortocircuito, Simétrica (Scc), se obtiene la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito(Icc)

Mediante la formula:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{250MVA}{\sqrt{3} \times 10kV} = 14.43kA.$$

**La Corriente de cortocircuito térmicamente admisible ( $I_{km}$ )** para el Cable N2XSY – 8.7/15kV, en función del tiempo y la sección nominal del conductor, se calcula mediante la formula:

$$I_{km} = \frac{0.113 \times S}{\sqrt{t}}$$

$I_{km}$  : Corriente de Cortocircuito Térmicamente Admisible, kA.

S : Sección Transversal del Cu, mm<sup>2</sup>.

t : Tiempo de Apertura del Sistema de Protección 0.2seg.

$$I_{km} = \frac{0.113 \times 70}{\sqrt{0.2}} = 17.68kA$$

$$\therefore I_{cc} < I_{km}$$

$T_2$  = Temperatura de Cortocircuito: 250°C

$T_1$  = Temperatura Máxima de Operación: 90°C

Calculemos la sección del cable necesaria para soportar la corriente alterna de cortocircuito.



**b) Cálculo de la corriente de cortocircuito en barras de la Sub-Estación:**

Asumiendo la falla tripolar como la de mayor valor de cortocircuito.

$$S_{cc_1} = \sqrt{3} \times V \times I_{cc_1}$$

$$I_{cc_1} = \frac{1.1 \times V}{\sqrt{3} \times \|Z_K\|}$$

$$Z_K = \sqrt{(R_{cable} \times L)^2 + (X_{red} + X_{cable} \times L)^2}$$

Donde:

V : Tensión Nominal.

S<sub>cc</sub> : Potencia de Cortocircuito en el punto de alimentación.

X : Reactancia del Cable : 0.2579 Ω/km

R : Resistencia del Cable : 0.342 Ω/km

T : Temperatura de servicio del Cable : 90°C

L : Longitud del Cable : 0.446 km

Z<sub>K</sub> : Impedancia de cortocircuito

$$R_{90} = R_{20} \times (1 + 0.00393 \times (90 - 20)) \rightarrow R_{90} = 0.436 \Omega / Km.$$

$$Z_K = 0.1944 + 0.515j \rightarrow |Z_K| = 0.55 \Omega$$

Reemplazando en ecuaciones anteriores:

$$I_{cc_1} = \frac{1.1 \times 10}{\sqrt{3} \times 0.55} \rightarrow I_{cc_1} = 11.54 kA$$

$$S = \frac{I_{cc_1} \times \sqrt{t}}{0.113} = \frac{11.54 kA \times \sqrt{0.2}}{0.113} \rightarrow S = 45.67 mm^2$$

siendo la  $S_{cc_1} = 199.87 MVA$  ( Potencia de cortocircuito en barras de celda de llegada)

∴ El conductor seleccionado cumple las condiciones por efectos de cortocircuito.

### 5.2.3 Calculo de la caída de tensión

#### a) Verificación de la caída de tensión:

La caída de tensión entre las sub estación principal y la celda de llegada en sub estación # 22 en 10kV se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta V = \frac{P(kw) \times L}{10 \times (V)^2} \times (R_{70} + X_1 \times \text{Tan}\phi)$$

Donde:

P = Potencia de Diseño: 1700 kW.

L = Longitud total del Cable N2SXY ( 3 - 1 x 70mm<sup>2</sup>) = 0.446km.

R = Resistencia del Cable N2SXY: 0.436 Ω / km

X = Reactancia del Cable N2SXY: 0.2579 Ω / km

Cosφ : Factor de potencia de la Carga: 0.85

Reemplazando:

P : 1700 kW

L : 0.446 km

V : 10 kV

Cosφ : 0.85 ⇒ Tanφ : 0.619

$$\Delta V = \frac{1700 \times 0.446}{10 \times (10)^2} \times (0.436 + 0.2579 \times 0.619)$$

$$\Delta V = 0.4516\%$$

$$\Delta V = 45.16\text{Volt} < 3.5\% V_n$$

∴ El cable seleccionado satisface la condición de que la caída de tensión no supera el 3.5% de la tensión nominal.

### 5.3 Diseño de la Sub-Estación de media tensión

Para el diseño de la Sub-Estación se calcula los factores que intervienen en la selección de las barras colectoras de media tensión.

Las barras colectoras son diseñadas para soportar corrientes de cortocircuito teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Corriente Nominal de la Barra.
- Esfuerzos electrodinámicos producidos por la corriente de cortocircuito.
- Resonancia.
- Flecha.

#### 5.3.1 Calculo de la corriente nominal de transporte ( $I_c$ )

Para las instalaciones interiores en ambientes cerradas, la capacidad de transportar permanentemente la corriente requerida será:

$$I_c = I_n \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Donde:

$K_1$  = Por variaciones de la capacidad de transporte de corriente, para barra de cobre con conductividad  $56 \text{ m} / \Omega \times \text{mm}^2$

tenemos:

Para barra de cobre Cu:  $K_1 = 1.05$

$K_2$  = Por variaciones de la capacidad de transporte de las barras para:

Temperatura ambiente:  $25^\circ\text{C}$

Temperatura en las barras:  $65^\circ\text{C}$

Tenemos:  $K_2 = 1.2$

$K_3$  = Por la disminución de la capacidad de transporte de las barras debido a la posición vertical del ancho de las barras.

Tenemos:  $K_3 = 1.00$

$K_4$  = Por la disminución de la capacidad de transporte de las barras en corriente alterna hasta 60Hz.

Tenemos:  $K_4 = 1.00$

$K_5$  = Por la Altura (inferior a 1000 msnm.)

Tenemos:  $K_5 = 1.00$

Donde:  $I_n = 600A$  (Barra Pintada) para barra de 5 x 40 mm

Reemplazando  $\rightarrow I_c = 600 \times 1.05 \times 1.2 \times 1 \times 1 \times 1$

$$I_c = 756A$$

#### **Esfuerzos Electrodinámicos producidos por la Icc.**

Debido al paso de la corriente en las barras de cobre cuya longitud es grande en relación con la distancia entre ellas, se originan fuerzas que actúan y se reparten a lo largo de las barras.

Estas fuerzas son especialmente grandes en el caso de un corto circuito y producen esfuerzo sobre las barras y por ende sobre los elementos de fijación.

La fuerza electrodinámica de las barras es:

$$F = \frac{2.04 \times L \times (Ich)^2}{d \times 100} \text{ Kgf}$$

Donde:

Ich = Corriente de choque.

d = Distancia entre barras 250 mm.

L = Longitud de la barra entre apoyos (1800 mm)

Donde:

$$I_{ch} = \gamma \times \sqrt{2} \times I_{cc} \text{ (kA)}$$

$\gamma$  = Factor para calcular de la corriente de choque.

Factor de choque:

$$R / X \approx 0 \quad \Rightarrow \quad \gamma = 1.9$$

Dato:  $I_{cc} = 14.43 \text{ kA}$

Reemplazando:

$$I_{ch} = 1.9 \times \sqrt{2} \times 14.43(\text{kA})$$

$$I_{ch} = 38.77(\text{kA})$$

De donde:

$$F = \frac{2.04 \times 1800 \times (38.77)^2}{250 \times 100} \text{ kgf} \quad \Rightarrow \quad F = 220.77 \text{ kgf.}$$

**Calculo del momento flector en la barra: Mb**

$$Mb = \frac{F \times L}{120} \Rightarrow Mb = \frac{220.77 \times 1800}{120} \Rightarrow Mb = 3311.55 \text{ kgf} - \text{cm}$$

**Calculo del momento resistente: Wr**

Empleando barras rectangulares de 40 mm x 5 mm de las siguientes características:

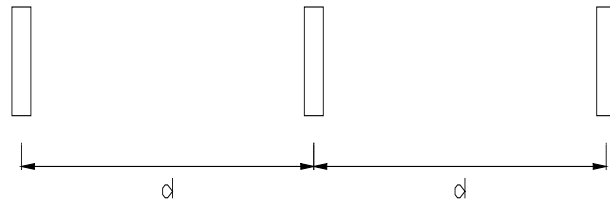
Sección = 200 mm<sup>2</sup>

Peso = 0.0178 kg / cm

Intensidad = 600 A (barra pintada)

Las barras se instalaran horizontalmente una a continuación de otra.

De la siguiente forma:



De donde obtenemos:

$$W_r = \frac{b \times h^2}{6} \Rightarrow W_r = \frac{0.5 \times 4^2}{6} \Rightarrow W_r = 1.33 \text{ cm}^3$$

**Calculo del esfuerzo de flexión máxima: Gf**

$$G_f = \frac{M_b}{W_r}$$

Donde:

$M_b$  = Momento Flector ( 1798.07 kgf - cm.)

$W_r$  = Momento resistente (1.33 cm<sup>3</sup>)

$$G_f = \frac{3311.55}{1.33} \rightarrow G_f = 2489.88 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

Siendo la **Carga Admisible** del cobre igual a:

$$G_{cu} = 12000 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Por lo tanto:

$G_{cu} > G_f$ , las dimensiones de las barras seleccionadas son suficientes.

### 5.3.2 Efecto térmico producido por la corriente nominal

Las variaciones de la temperatura en el servicio originan elongación o una contracción de las barras, los que ocasionan esfuerzos de tracción o compresión respectivamente.

Los cambios de longitud a causa de las variaciones de temperatura pueden ocasionar importantes esfuerzos mecánicos en las barras, en sus soportes y en las conexiones o aparatos.

$$Fm = \alpha \times dt \times E \times A$$

donde:

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal para el cobre  $1,7 \times 10^{-5} \text{ 1 / C}$

$dt$  = Sobre Elevación de la temperatura en  $30^{\circ}\text{C}$

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

$A$  = Sección de la barra  $2.0 \text{ cm}^2$

$Fm$  = Fuerza mecánica desarrollada en la barra

Reemplazando:

$$Fm = 1.7 \times 10^{-5} \times 30 \times 1.25 \times 10^6 \times 2.0 \rightarrow Fm = 1275 \text{ kgf}$$

### 5.3.3 Efecto térmico producido por la corriente de cortocircuito

El calentamiento adicional que se produce en la barra a causa de la corriente de cortocircuito de choque durante un tiempo determinado se puede calcular:

$$Q = \frac{k}{S^2} \times (I_{cc})^2 \times (t + dt)^{\circ}\text{C}$$

$Q$  : Calentamiento en  $^{\circ}\text{C}$

$S$  : Sección de la barra  $200 \text{ mm}^2$

$K$  : Constante del material 0.0058

$I_{cc}$  : Corriente permanente de cortocircuito (14,43 kA)

t : Tiempo de cortocircuito hasta la desconexión del seccionador  
(0.2seg.)

dt : Tiempo adicional para tener en cuenta el calentamiento producido  
por la corriente de choque (Ich) en seg.

La sobre temperatura admisible en caso de la corriente de cortocircuito es el  
siguiente:

$$dt = \frac{Ich}{Icc} \times t \Rightarrow dt = \frac{38.77}{14.43} \times 0.2 \Rightarrow dt = 0.537 \text{ seg.}$$

$$Q = \frac{0.0058}{200^2} \times 14430^2 \times (0.2 + 0.537) \Rightarrow Q = 22.25^\circ C$$

Luego:

$$Q_f = Q_o + Q$$

$$Q_f = (60^\circ C + 22.25^\circ C) \Rightarrow Q_f = 82.25^\circ C$$

Por la temperatura admisible según VDE para el cobre: Qcu = 200 °C

Qf < Qcu → las secciones de las barras son suficientes para soportar el  
efecto térmico.

#### 5.3.4 Calculo de resonancia

Las barras tienen una frecuencia natural de vibración dada por:

$$Fn = \frac{112}{(L)^2} \times \sqrt{\left(E \times \frac{J}{G}\right)}$$

Donde:

E : Modulo de elasticidad del cobre (1.25 x 10<sup>6</sup> kg / cm<sup>2</sup>)

L : Longitud de barra entre apoyos cm.



G : Peso de la barra de 40 x 5mm (0.0178 kg / cm.)

J : Momento de inercia de la barra (cm<sup>4</sup>)

Donde:

$$J = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0.5 \times 4^3}{12} \Rightarrow J = 2.67 \text{ cm}^4$$

Reemplazando:

a) Para L = 1400 m.

$$Fn = \frac{112}{(180)^2} \times \sqrt{\left(1.25 \times 10^6 \times \frac{2.67}{0.0178}\right)} \Rightarrow Fn = 47.33 \text{ Hz}$$

Para producirse el fenómeno de la resonancia el valor de Fn debe estar entre -10% y 10% de la frecuencia eléctrica (60Hz) o múltiplo de ella.

$$54 < Fn < 66$$

Donde:

El valor de 47.33Hz, no se encuentra dentro de este rango, por lo que se demuestra que no hay posibilidades que se presenten esfuerzos adicionales sobre la barra por el fenómeno de resonancia.

### 5.3.5 Calculo de la flecha de la barra

Cuando se considera a la barra como una viga simplemente apoyada, la flecha que se produce es:

$$F1 = 0.013 \frac{G \times L^4}{E \times J}$$

Donde:

G : Peso de la barra 0. 0178 kg / cm.

L : Longitud de la barra entre apoyos (180 cm)

E : Modulo de elasticidad de la barra (1.25 x 10<sup>6</sup> kg / cm<sup>2</sup>)

J : Momento de inercia 2.68 cm<sup>4</sup>

Reemplazando:

$$F1 = 0.013 \frac{0.0178 \times 180^4}{1.25 \times 10^6 \times 2.68} \Rightarrow F1 = 0.0725$$

Además, para la instalación de barras no debe admitirse una flecha mayor de 0.5%L

El porcentaje con relación a la longitud entre apoyos.

$$\% F1 = \frac{F1}{L} = \frac{0.0725}{180} \times 100 \Rightarrow \% F1 = 0.040\% < 0.5\%$$

#### 5.4 Selección de los Transformadores

##### 5.4.1 Calculo de la Potencia del Transformador para cargas en 440 VAC

###### - **Potencia del transformador:**

$$P(\text{Kw}) = P(\text{kVA}) \times \cos\phi$$

$$P(\text{kw}) = 1346.67 \text{ kw}$$

$$\text{Cos}\phi = 0.85$$

$$P(\text{kVA}) = 1346.67 / 0.85 \rightarrow P(\text{kVA}) = 1584.34 \text{ kVA.}$$

Entonces seleccionaremos la potencia: 2 transformadores de 800kVA.

De acuerdo a los datos del fabricante seleccionaremos dos transformadores de las siguientes características:

**Transformador 2 y 3:** 0.8MVA,  $10 \pm 2 \times 2.5\%$  / 0.46kV, Dy11, 1004, 60Hz.

###### - **Selección del interruptor de potencia:**

Estos se seleccionan de acuerdo a la corriente nominal de los transformadores, de esta manera se aprovecha la máxima potencia que pueda entregar el transformador y los espacios de reserva para futuras cargas dejados en los tableros de fuerza.

Se selecciona el interruptor adecuado con características:

Interruptor de 1kV, 2500 A, 30 kA

Con mando motorizado, bobina de cierre y apertura.

- **Selección de Fusibles:**

Los fusibles son tipo limitador de corriente de alto poder de ruptura de 63A para transformadores de 800kVA y de 40A para el transformador de 400kVA.

Calculo de acuerdo a los siguientes parámetros:

**a) Corriente de paso:**

Fusible de alto poder de ruptura de 12kV, 63A, maniobra con carga según la grafica N° 2 (**anexo 4**): **I<sub>ch</sub>** vs. **I<sub>cc</sub>**.

Para :  $I_{cc1} = 14.43 \text{ kA}$ .

Tenemos :  $I_{ch} = 1.8 \times 1.414 \times I_{cc1}$  (Corriente de cortocircuito de choque).

$I_{ch} = 36.73 \text{ kA}$

Es la intensidad de choque de cortocircuito, si no es limitada por un fusible.

Para un fusible de 63A, marca CEF-12 kV, se limita esta posible intensidad de choque de cortocircuito a una intensidad de paso.

En la grafica N° 2 (**anexo 4**)

$I_p = 2.7 \text{ kA}$

Esta limitación de corriente garantiza una protección eficaz de la instalación contra posibles daños ocasionados por los esfuerzos térmicos y dinámicos.

**b) Potencia de ruptura:**

Según la grafica N°1 (**anexo 4**),  $I_d$  vs T:

Nos muestra el comportamiento temporal de los cartuchos fusibles en función de la intensidad de desconexión del fusible y tiempo de fusión.

Para tiempo (t) : 0.01 seg.

$I_n$  Fusible : 63 A

Tenemos  $I_d$  : 1000

Por lo tanto la potencia de ruptura será:

$$Pr = 1.731 \times V \times I_d$$

$$Pr = 1.731 \times 10.000 \times 1000 \rightarrow \mathbf{Pr: 17.31 MVA}$$

#### - Selección del Rele de protección:

Los equipos de protección como los de control desarrollan un papel protagónico en la marcha segura de una instalación industrial.

El rele de sobre corriente seleccionado para la protección de los transformadores es del tipo SPAJ 131C, con amplio rango para la regulación de corriente y tiempo de actuación.

Características:

1. Indicadores de valores de medida.
2. Indicadores de valores de ajuste.
3. Indicador de falla de auto supervisión (falla interna del rele)
4. pantalla 1 + 3 dígitos
5. Pulsador de programación.
6. Indicador de disparo.

Para poder operar el rele se necesita una alimentación de tensión auxiliar segura de 110 VDC.

#### 5.4.2 Calculo de la Potencia del Transformador para cargas en 220 VAC

Se tiene:

#### - Potencia del transformador:

$$P(kw) = P(kVA) \times \cos\phi$$

$$P(kw) = 252.99 \text{ kw}$$

$$\cos\phi = 0.85$$

$$P(kVA) = 252.99 / 0.85 \rightarrow P(kVA) = 297.64 \text{ kVA.}$$

De acuerdo a los datos del fabricante seleccionamos un transformador de las siguientes características:

**Transformador 1:** 0.4 MVA,  $10 \pm 1 \times 2.5\%$  / 0.23 kV, Dy11, 1005 A, 60Hz.

- **Selección del interruptor de potencia:**

De acuerdo a la corriente nominal del transformador de potencia y las tablas de interruptores del fabricante seleccionamos el interruptor adecuado.

Con características:

Interruptor de 12 kV, 1250A, 31.5 kA

Con mando motorizado, bobina de cierre y apertura.

- **Selección de Fusibles:**

**a) Corriente de paso:**

Fusible de alto poder de ruptura mando manual 12kV, 40A, maniobra sin tensión.

Según la grafica N° 2 (**anexo 4**) **I<sub>ch</sub>** vs. **I<sub>cc</sub>**.

Para :  $I_{cc1} = 14.43 \text{ kA}$ .

Tenemos :  $I_{ch} = 1.8 \times 1.414 \times I_{cc1}$  (Corriente de cortocircuito de choque).

$I_{ch} = 36.73 \text{ kA}$

Es la intensidad de choque de cortocircuito, si no es limitada por un fusible.

Para un fusible de 40 A, ha seleccionado, se limita esta posible intensidad de choque de cortocircuito a una intensidad de paso.

Del grafico:

$I_p = 1.75 \text{ kA}$

Esta limitación de corriente garantiza una protección eficaz de la instalación contra posibles daños ocasionados por los esfuerzos térmicos y dinámicos.

**c) Potencia de ruptura:**

Según la grafica N° 1 (**anexo 4**),  $I_d$  vs T:

Los cuales nos muestran el comportamiento temporal de los cartuchos fusibles en función de la intensidad de desconexión del fusible y tiempo de fusión.

Para tiempo (t) : 0.01 seg.

$I_n$  Fusible : 40 A

Tenemos  $I_d$  : 550

Por lo tanto la potencia de ruptura será:

$$Pr = 1.73 \times V \times I_d$$

$$Pr = 1.73 \times 10.000 \times 550 \rightarrow \mathbf{Pr = 9.51 MVA}$$

- **Selección del Rele de protección:**

Las características del rele de protección son similares a que los de tensión de 460 VAC. Regulado a los parámetros eléctricos del transformador de 400 kVA, 230 VAC.

## 5.5 Diseño de los tableros de baja tensión

### 5.5.1 Diseño del tablero de 440 VAC

Las barras colectoras son diseñadas para soportar la corriente de cortocircuito teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Corriente nominal de la barra.
- Esfuerzo electrodinámico producido por la corriente de cortocircuito.
- Esfuerzo térmico producido por la corriente nominal y la corriente de cortocircuito.
- Resonancia.
- Flecha.

#### 5.5.1.1 Calculo de la corriente nominal de transporte

Para las instalaciones interiores cerradas, la capacidad de transportar permanentemente la corriente requerida será:

$$I_c = I_n \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Donde:

$K_1$  = Por variaciones de la capacidad de transporte de corriente, para barra de cobre con conductividad  $56 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$

tenemos:

Para barra de cobre Cu:  $K_1 = 1.05$

$K_2$  = Por variaciones de la capacidad de transporte de las barras para:

Temperatura ambiente:  $25^\circ\text{C}$

Temperatura en las barras:  $65^\circ\text{C}$

Tenemos:  $K_2 = 1.2$

$K_3$  = Por la disminución de la capacidad de transporte de las barras debido a la posición vertical del ancho de las barras.

Tenemos:  $K_3 = 1.00$

$K_4$  = Por la disminución de la capacidad de transporte de las barras en corriente alterna hasta 60Hz.

Tenemos:  $K_4 = 1.00$

$K_5$  = Por la Altura (inferior a 1000 msnm.)

Tenemos:  $K_5 = 1.00$

Donde:  $I_n = 2100\text{A}$  (Barra Pintada)

Reemplazando  $\rightarrow I_c = 2100 \times 1.05 \times 1.2 \times 1 \times 1 \times 1$

$$I_c = 2646\text{A}$$

**Calculo de la potencia de cortocircuito para el lado de baja tensión:**

Se procederá al calculo de la impedancia de los transformadores de potencia seleccionados.

Considerándose de poca influencia en el calculo de la potencia de cortocircuito la resistencia del cable que conecta el lado de baja tensión del transformador con el interruptor general del tablero de 440 VAC.

Asumiendo la falla tripolar como la de mayor valor de cortocircuito:

$$S_{CC_2} = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{S_{CC_1}} + x\right)^2 + R_{70}^2}} \dots\dots\dots(a)$$

Para el transformador de potencia de 800 kVA se tiene:

$$Z_{AT} = \mu_{CC} \cdot \frac{V^2}{S_{NT}}$$

Donde:

$\mu_{CC}$  : Tensión de cortocircuito  $\mu_{CC} = 4.5\%$

V : Tensión Nominal en el Lado de Alta.

$S_{NT}$  : Potencia Nominal del transformador

$$Z_{AT} = \mu_{CC} \cdot \frac{V^2}{S_{NT}} \rightarrow Z_{AT} = 0.045 \cdot \frac{(10kV)^2}{0.8MVA} = 5.625\Omega$$

Llevando al lado de baja con la relación de transformación 10/0.46 kV.

Se tiene:



$$Z_{BT} = Z_{AT} \cdot \left( \frac{U_{BT}}{U_{AT}} \right)^2 \rightarrow Z_{BT} = 5.625 \cdot \left( \frac{0.46}{10} \right)^2 = 0.0119 \Omega$$

Como tenemos 2 transformadores de 800 kVA en paralelo, entonces:

$$|Z_{eq}| = \frac{Z_{BT}}{2} = 0.00595 \Omega$$

Además:

$$R_{BT} = 0.1 X_{BT}$$

$$X_{BT} = 0.995 Z_{BT}$$

Reemplazando:

$$V : \text{Tensión Nominal} = 440 \text{ V.}$$

$S_{cc_1}$  : Potencia de Cortocircuito en el punto de alimentación

$$199.87 \text{ MVA}$$

$$X : \text{Reactancia del Cable (NYY 3 – 1 x 300 mm}^2 : 0.095 \Omega / \text{km)}$$

$$R : \text{Resistencia del Cable (NYY 3 – 1 x 300 mm}^2 : 0.0601 \Omega / \text{km)}$$

$$Z_{eq} = 0.000592 + 0.00592j$$

Reemplazando en (a):

$$S_{cc_2} = 28.01 \text{ MVA (Potencia de cortocircuito en barras de 440 V)}$$

$$I_{cc_2} = \frac{S_{cc_2}}{\sqrt{3} \times V_n} = 36.74 \text{ kA}$$

#### **Esfuerzos Electrodinámicos producidos por la Icc:**

Estas fuerzas son especialmente grandes en el caso de un cortocircuito y producen esfuerzo sobre las barras y sobre los elementos de fijación.

La fuerza electrodinámica de la barra es:

$$F = \frac{2.04 \times L \times (Ich)^2}{d \times 100} \text{Kgf}$$

Donde:

Ich = Corriente de choque.

d = Distancia entre barras 120 mm.

L = Longitud de la barra entre apoyos (1000 mm)

$$I_{ch} = \gamma \times \sqrt{2} \times I_{cc} \text{ (kA)}$$

$\gamma$  = Factor para calcular la corriente de choque.

Factor de choque:

$$R / X \approx 0 \quad \Rightarrow \quad \gamma = 1.9$$

Dato:  $I_{cc2} = 36.74 \text{ kA}$

Reemplazando:

$$I_{ch} = 1.9 \times \sqrt{2} \times 36.74 \text{ (kA)} \quad \Rightarrow \quad I_{ch} = 98.72 \text{ (kA)}$$

De donde:

$$F = \frac{2.04 \times 1000 \times (98.72)^2}{120 \times 100} \text{Kgf} \quad \Rightarrow \quad F = 1656.75 \text{ kgf.}$$

#### Calculo del momento flector en la barra: Mb

$$Mb = \frac{F \times L}{12} \Rightarrow Mb = \frac{1656.75 \times 1000}{120} \Rightarrow Mb = 13806.25 \text{kgf} - \text{cm}$$

#### Calculo del momento resistente: Wr

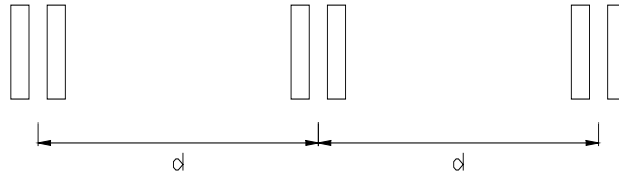
Empleando barras rectangulares de 3 - 2: 10 x 60 mm<sup>2</sup> de las siguientes características.

$$\text{Sección} = 1200 \text{ mm}^2$$

$$\text{Peso / 2 ternas} = 0.1068 \text{ kg / cm.}$$

$$\text{Intensidad} = 2646 \text{ A (barra pintada)}$$

Las barras se instalarán horizontalmente una a continuación de otra.



$$W_r = \frac{b \times h^2}{6} \Rightarrow W_r = 2 \times \frac{1 \times 6^2}{6} \Rightarrow W_r = 12 \text{ cm}^3$$

**Calculo del esfuerzo de flexión máxima: Gf**

$$G_f = \frac{M_b}{W_r}$$

Donde:

M<sub>b</sub> = Momento Flector ( 13806.25 Kgf – cm)

W<sub>r</sub> = Momento resistente (12 cm<sup>3</sup>)

$$G_f = \frac{13806.25}{12} \rightarrow G_f = 1150.52 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

Siendo la **Carga Admisible** del cobre igual a:

$$G_{cu} = 12000 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Por lo tanto:

G<sub>cu</sub> > G<sub>f</sub>, las dimensiones de las barras seleccionadas son suficientes.

#### 5.5.1.2 Efecto térmico producido por la corriente nominal

Los cambios de longitud a causa de las variaciones de temperatura pueden ocasionar importantes esfuerzos mecánicos en las barras, en sus soportes y en las conexiones o aparatos.

$$Fm = \alpha \times dt \times E \times A$$

donde:

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal para el cobre  $1,7 \times 10^{-5} \text{ 1 / C}$

$dt$  = Sobre Elevación de la temperatura en  $30^{\circ}\text{C}$

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

$A$  = Sección de la barra  $12 \text{ cm}^2$

$Fm$  = Fuerza mecánica desarrollada en la barra

Reemplazando:

$$Fm = 1.7 \times 10^{-5} \times 30 \times 1.25 \times 10^6 \times 12 \rightarrow Fm = 7650 \text{ kgf}$$

#### 5.5.1.3 Efecto térmico producido por la corriente de corto circuito:

El calentamiento adicional que se produce en la barra a causa de la corriente de cortocircuito de choque durante un tiempo determinado se puede calcular:

$$Q = \frac{k}{S^2} \times (I_{cc})^2 \times (t + dt)^{\circ}\text{C}$$

$Q$  : Calentamiento en  $^{\circ}\text{C}$

$S$  : Sección de la barra  $1200 \text{ mm}^2$

$K$  : Constante del material  $0.0058$

$I_{cc}$  : Corriente permanente de cortocircuito ( $36.74 \text{ kA}$ )

$t$  : Tiempo de iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del seccionador de potencia ( $0.02 \text{ seg.}$ )

$dt$  : Tiempo adicional para tener en cuenta el calentamiento producido por la corriente de choque ( $I_{ch}$ ) en seg.

La sobre temperatura admisible en caso de la corriente de cortocircuito es el siguiente:

$$dt = \frac{I_{ch}}{I_{cc}} \times t \Rightarrow dt = \frac{101.9}{36.74} \times 0.02 \Rightarrow dt = 0.0554 \text{ seg.}$$

$$Q = \frac{0.0058}{1200^2} \times 36740^2 \times (0.02 + 0.0554) \Rightarrow Q = 0.409^\circ\text{C}$$

Luego:

$$Q_f = Q_o + Q$$

$$Q_f = (60^\circ\text{C} + 0.409^\circ\text{C}) \Rightarrow Q = 60.409^\circ\text{C}$$

Por la temperatura admisible según VDE para el cobre:  $Q_{cu} = 200^\circ\text{C}$

$Q_f < Q_{cu} \rightarrow$  las secciones de las barras son suficientes para soportar el efecto térmico.

#### 5.5.1.4 Calculo por resonancia:

Las barras tienen una frecuencia natural de vibración dada por:

$$Fn = \frac{112}{(L)^2} \times \sqrt{\left( E \times \frac{J}{G} \right)}$$

Donde:

E : Modulo de elasticidad del cobre ( $1.25 \times 10^6 \text{ Kg / cm}^2$ )

L : Longitud de barra entre apoyos 100 cm.

G : Peso de la barra de 2 - 60 x 10mm ( $0.1068 \text{ kg / cm.}$ )

J : Momento de inercia de la barra ( $\text{cm}^4$ )

Donde:

$$J = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{1.0 \times 6^3}{12} \Rightarrow J = 18 \text{ cm}^4$$

Reemplazando:

b) Para  $L = 100$  cm.

$$Fn = \frac{112}{(100)^2} \times \sqrt{\left(1.25 \times 10^6 \times \frac{18}{0.1068}\right)} \Rightarrow Fn = 162.56 \text{ Hz} \approx 42.56 \text{ Hz}$$

Para Producirse el fenómeno de la resonancia el valor de  $Fn$  debe estar entre  $-10\%$  y  $10\%$  de la frecuencia eléctrica (60Hz) o múltiplo de ella.

$$54 < Fn < 66$$

Donde:

El valor de 42.56 Hz, no se encuentra dentro de este rango, por lo que se demuestra que no hay posibilidades que se presenten esfuerzos adicionales sobre la barra por el fenómeno de resonancia.

#### 5.5.1.5 Calculo de la flecha de la barra:

Para el caso más desfavorable, Cuando se considera a la barra como una viga simplemente apoyada, la flecha que se produce es:

$$F1 = 0.013 \frac{G \times L^4}{E \times J}$$

Donde:

G : Peso de la barra 0.1068 kg / cm.

L : Longitud de la barra entre apoyos (100 cm)

E : Modulo de elasticidad de la barra ( $1.25 \times 10^6$  kg / cm<sup>2</sup>)

J : Momento de inercia 18 cm<sup>4</sup>

Reemplazando:

$$F1 = 0.013 \frac{0.1068 \times 100^4}{1.25 \times 10^6 \times 18} \Rightarrow F1 = 6.17 \times 10^{-3}$$

Además, para la instalación de barras no debe admitirse una flecha mayor de 0.5%.

El porcentaje con relación a la longitud entre apoyos.

$$\% F1 = \frac{F1}{L} = \frac{6.17 \times 10^{-3}}{100} \times 100 \Rightarrow \% F1 = 0.00617\% < 0.5\%$$

#### 5.5.1.6 Selección del equipamiento del tablero 440 VAC:

Para la selección de equipos nos basamos en las tablas técnicas de los fabricantes de equipos eléctricos (**ver anexo 4**):

- Catálogos de interruptores de potencia y distribución.
- Tablas para la determinación de reductores de corriente.
- Tablas de amperímetros.
- Tablas de capacidades de platina de cobre para alimentación de interruptores.

#### 5.5.2 Diseño del tablero de 220 VAC

Al igual que para el diseño del tablero de 440 VAC las barras colectoras son diseñadas para soportar corrientes de cortocircuito.

##### 5.5.2.1 Calculo de la corriente nominal de transporte

Para las instalaciones interiores cerradas, la capacidad de transportar permanentemente la corriente requerida será:

$$I_c = I_n \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Donde:

$K_1$  = Por variaciones de la capacidad de transporte de corriente, para barra de cobre con conductividad  $56 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$

tenemos:

Para barra de cobre Cu:  $K_1 = 1.05$

$K_2$  = Por variaciones de la capacidad de transporte de las barras para:

Temperatura ambiente: 25°C

Temperatura en las barras: 65°C

Tenemos:  $K_2 = 1.2$

$K_3$  = Por la disminución de la capacidad de transporte de las barras debido a la posición vertical del ancho de las barras.

Tenemos:  $K_3 = 1.00$

$K_4$  = Por la disminución de la capacidad de transporte de las barras en corriente alterna hasta 60Hz.

Tenemos:  $K_4 = 1.00$

$K_5$  = Por la Altura (inferior a 1000 msnm.)

Tenemos:  $K_5 = 1.00$

Donde:  $I_n = 1025A$  (Barra Pintada)

Reemplazando  $\rightarrow I_c = 1025 \times 1.05 \times 1.2 \times 1 \times 1 \times 1$

$$I_c = 1291.5A$$

#### **Calculo de la potencia de cortocircuito para el lado de baja tensión:**

Se calculara la impedancia del transformador de potencia seleccionado. Se Considera de poca influencia en el análisis de la potencia de cortocircuito la impedancia del cable que conecta el lado de baja tensión del transformador con el interruptor general del tablero de 230 VAC.

Asumiendo la falla tripolar como la de mayor valor de cortocircuito:



$$S_{cc_2} = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{S_{cc_1}} + x\right)^2 + R_{70}^2}} \dots\dots\dots(a)$$

Para el transformador de potencia de 400KVA se tiene:

$$Z_{AT} = \mu_{CC} \cdot \frac{V^2}{S_{NT}}$$

Donde:

$\mu_{CC}$  : Tensión de cortocircuito  $\mu_{CC} = 4.0\%$

V : Tensión Nominal en el Lado de Alta.

$S_{NT}$  : Potencia Nominal del transformador

$$Z_{AT} = \mu_{CC} \cdot \frac{V^2}{S_{NT}} \rightarrow Z_{AT} = 0.040 \cdot \frac{(10kV)^2}{0.4MVA} = 10.0\Omega$$

Llevando al lado de baja con la relación de transformación 10 / 0.23kV.

Se tiene:

$$Z_{BT} = Z_{AT} \cdot \left(\frac{U_{BT}}{U_{AT}}\right)^2 \rightarrow Z_{BT} = 10 \cdot \left(\frac{0.46}{10}\right)^2 = 0.00529\Omega$$

De donde:

$$R_{BT} = 0.1X_{BT}$$

$$X_{BT} = 0.995Z_{BT}$$

Reemplazando:

V : Tensión Nominal = 220 V.

$S_{cc_1}$  : Potencia de Cortocircuito en el punto de alimentación

199.87MVA

X : Reactancia del Cable (NYY 3 – 1 x 240 mm<sup>2</sup>: 0.095  $\Omega$  / km)

R : Resistencia del Cable (NYY 3 – 1 x 240 mm<sup>2</sup>: 0.0754  $\Omega$  / km)

$$Z_{eq} = 0.000526 + 0.00526j$$

Reemplazando en (a):

$$S_{cc_3} = 8.75MVA \text{ (Potencia de cortocircuito en barras de 220 V)}$$

$$I_{cc_3} = \frac{S_{cc_3}}{\sqrt{3} \times V_n} = 22.96kA$$

### **Esfuerzos Electrodinámicos producidos por la Icc:**

La fuerza electrodinámica de la barra es:

$$F = \frac{2.04 \times L \times (I_{ch})^2}{d \times 100} \text{ Kgf}$$

Donde:

I<sub>ch</sub> = Corriente de choque.

d = Distancia entre barras 120 mm.

L = Longitud de la barra entre apoyos (1000 mm)

Donde:

$$I_{ch} = \gamma \times \sqrt{2} \times I_{cc} \text{ (kA)}$$

$\gamma$  = Factor para calcular la corriente de choque.

Factor de choque:

$$R / X \approx 0 \quad \Rightarrow \quad \gamma = 1.9$$

Dato: I<sub>cc</sub> = 22.96 kA

Reemplazando:

$$I_{ch} = 1.9 \times \sqrt{2} \times 22.96(kA) \Rightarrow I_{ch} = 61.69(kA)$$

De donde:

$$F = \frac{2.04 \times 1000 \times (61.69)^2}{120 \times 100} \text{ kgf} \Rightarrow F = 646.99\text{kgf.}$$

**Calculo del momento flector en la barra: Mb**

$$Mb = \frac{F \times L}{12} \Rightarrow Mb = \frac{646.99 \times 1000}{120} \Rightarrow Mb = 5391.66 \text{kgf} - \text{cm}$$

**Calculo del momento resistente: Wr**

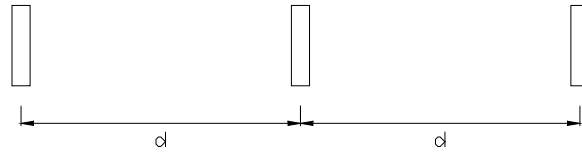
Empleando barras rectangulares de 3 – 50 x 10 mm<sup>2</sup> de las siguientes características.

Sección = 500 mm<sup>2</sup>

Peso = 0.0445 kg / cm.

Intensidad = 1291.5 A (barra pintada)

Las barras se instalaran horizontalmente una a continuación de otra.



$$Wr = \frac{b \times h^2}{6} \Rightarrow Wr = \frac{1 \times 5^2}{6} \Rightarrow Wr = 4.16 \text{cm}^3$$

**Calculo del esfuerzo de flexión máxima: Gf**

$$Gf = \frac{Mb}{Wr}$$

Donde:

Mb = Momento Flector ( 5391.66 kgf – cm)

Wr = Momento resistente (4.16 cm<sup>3</sup>)

$$Gf = \frac{5391.66}{4.16} \rightarrow Gf = 1296.07 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

Siendo la **Carga Admisible** del cobre igual a:

$$Gcu = 12000 \text{kg} / \text{cm}^2$$

Por lo tanto:

$G_{cu} > G_f$ , las dimensiones de las barras seleccionadas son suficientes.

#### 5.5.2.2 Efectos térmicos producidos por la corriente nominal

Los cambios de longitud a causa de las variaciones de temperatura pueden ocasionar importantes esfuerzos mecánicos en las barras, en sus soportes y en las conexiones o aparatos.

$$F_m = \alpha \times dt \times E \times A$$

Donde:

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal para el cobre  $1,7 \times 10^{-5} \text{ 1 / }^\circ\text{C}$

$dt$  = Sobre Elevación de la temperatura en  $30^\circ\text{C}$

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

$A$  = Sección de la barra  $5 \text{ cm}^2$

$F_m$  = Fuerza mecánica desarrollada en la barra

Reemplazando:

$$F_m = 1.7 \times 10^{-5} \times 30 \times 1.25 \times 10^6 \times 5 \rightarrow F_m = 3187.5 \text{ kgf}$$

#### 5.5.2.3 Efectos térmicos producidos por la corriente de corto circuito

El calentamiento adicional que se produce en la barra a causa de la corriente de cortocircuito de choque durante un tiempo determinado se puede calcular:

$$Q = \frac{k}{S^2} \times (I_{cc})^2 \times (t + dt)^\circ\text{C}$$

$Q$  : Calentamiento en  $^\circ\text{C}$

$S$  : Sección de la barra  $500 \text{ mm}^2$

K : Constante del material 0.0058

I<sub>cc</sub>: Corriente permanente de cortocircuito (22.96 kA)

t : Tiempo de iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del seccionador de potencia (0.02 seg.)

dt : Tiempo adicional para tener en cuenta el calentamiento producido por la corriente de choque (I<sub>ch</sub>) en seg.

La sobre temperatura admisible en caso de la corriente de cortocircuito es el siguiente:

$$dt = \frac{I_{ch}}{I_{cc}} \times t \Rightarrow dt = \frac{61.69}{22.96} \times 0.02 \Rightarrow dt = 0.0537 \text{ seg.}$$

$$Q = \frac{0.0058}{500^2} \times 23930^2 \times (0.02 + 0.0537) \Rightarrow Q = 0.979^\circ C$$

luego:

$$Q_f = Q_o + Q$$

$$Q_f = (60^\circ C + 0.979^\circ C) \Rightarrow Q = 60.979^\circ C$$

Por la temperatura admisible según VDE para el cobre: Q<sub>cu</sub> = 200 °C

Q<sub>f</sub> < Q<sub>cu</sub> → las secciones de las barras son suficientes para soportar el efecto térmico.

#### 5.5.2.4 Calculo por resonancia

Las barras tienen una frecuencia natural de vibración dada por:

$$Fn = \frac{112}{(L)^2} \times \sqrt{\left( E \times \frac{J}{G} \right)}$$

Donde:

E : Modulo de elasticidad del cobre (1.25 x 10<sup>6</sup> Kg / cm<sup>2</sup>)

L : Longitud de barra entre apoyos 100 cm.

G : Peso de la barra de 50 mm x 10 mm (0.0445 kg / cm.)

J : Momento de inercia de la barra (cm<sup>4</sup>)

Donde:

$$J = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{1.0 \times 5^3}{12} \Rightarrow J = 10.42 \text{ cm}^4$$

Reemplazando:

c) Para L = 100 cm.

$$Fn = \frac{112}{(100)^2} \times \sqrt{\left(1.25 \times 10^6 \times \frac{10.42}{0.0445}\right)} \Rightarrow Fn = 191.61 \text{ Hz} \approx 11.61 \text{ Hz}$$

Para Producirse el fenómeno de la resonancia el valor de Fn debe estar entre -10% y 10% de la frecuencia eléctrica (60Hz) o múltiplo de ella.

$$54 < Fn < 66$$

El valor de 11.61Hz, no se encuentra dentro de este rango, por lo que se demuestra que no hay posibilidades que se presenten esfuerzos adicionales sobre la barra por el fenómeno de resonancia.

#### 5.5.2.5 Calculo de la flecha de la barra: F1

Para el caso más desfavorable, Cuando se considera a la barra como una viga simplemente apoyada, la flecha que se produce es:

$$F1 = 0.013 \frac{G \times L^4}{E \times J}$$

Donde:

G : Peso de la barra 0. 0445 kg / cm.

L : Longitud de la barra entre apoyos (100cm)

E : Modulo de elasticidad de la barra ( $1.25 \times 10^6 \text{ kg / cm}^2$ )

J : Momento de inercia  $10.42\text{cm}^4$

Reemplazando:

$$F1 = 0.013 \frac{0.0445 \times 100^4}{1.25 \times 10^6 \times 10.42} \Rightarrow F1 = 4.44 \times 10^{-3}$$

Además, para la instalación de barras no debe admitirse una flecha mayor de 0.5%.

El porcentaje con relación a la longitud entre apoyos.

$$\% F1 = \frac{F1}{L} = \frac{4.44 \times 10^{-3}}{100} \times 100 \Rightarrow \% F1 = 0.00444\% < 0.5\%$$

#### 5.5.2.6 Selección del equipamiento del Tablero 220 VAC

Para la selección de equipos nos basamos en las tablas técnicas de los fabricantes de equipos eléctricos (**ver anexo 4**):

- Catálogos de interruptores de potencia y distribución.
- Tablas para la determinación de reductores de corriente.
- Tablas de capacidades de platina de cobre para alimentación de interruptores.

#### 5.6 Resistencia de puesta a tierra

Inspeccionando el terreno donde se instalara la Sub-Estación, se verifico el espacio adecuado para la ubicación de los pozos de tierra, de tal manera de proporcionar una vía de baja impedancia de falla, a un sistema lo mas económicamente posible, para lograr la operación rápida de los elementos de protección (reles, fusibles, etc.), Se determino la instalación de los pozos de tierra en forma lineal tal como indica

en el plano **SPC.56.03.00.02, (ver anexo 1)** el terreno inspeccionado esta formada por suelo pedregoso cubierto de césped, poco arcillosa y piedras pequeñas semihumedo.

#### 5.6.1 Calculo de la resistencia de puesta a tierra

Se ha considerado según el CNE, tomo VI:  $R_{MAX} \cong 25 \Omega$  para el lado de media tensión.

**Para un electrodo:**

$$R_1 = \frac{\rho_o}{2 \times 3.1416 \times L} \ln \left( \frac{4L}{1.36 \times \phi} \times \frac{2h + L}{4h + L} \right) \Omega \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Resistividad de terreno  $\rho_o$  : 100  $\Omega$  - m

Longitud del electrodo, L : 2.4 m

Profundidad del electrodo, h : 0.4 m

Diámetro de la varilla : 20 mm

$R_1$  = Resistencia de una poza a tierra en  $\Omega$

Reemplazando en 1:

$$R_1 = 37.42 \Omega$$

Previamente se realizara un tratamiento especial del pozo para la reducción de la resistencia eléctrica del terreno mediante sales electrolíticas no corrosivas que permitan la reducción de la resistencia ohmica hasta un 40% donde se tendría una resistencia de: 22.45  $\Omega$

Para el lado de baja tensión se considera según el CNE, tomo VI:

$$R_{MAX} \cong 15 \Omega$$

**Para dos electrodos:**

Siendo distancia entre electrodos:  $a \geq 2L$ , a: 5 m

$r_0$  = Radio semiesférico equivalente.

$\alpha$  = Coeficiente de reducción.



$$r_0 = \frac{L}{\ln(4L/d)}$$

$$\alpha = \frac{r_0}{a}$$

Reemplazando:

$$r_0 = 0.389$$

$$\alpha = 7.78 \times 10^{-2}$$

De donde:

$$R2 = R1 \left( \frac{1 + \alpha}{2} \right) = 12.09 \Omega$$

#### 5.6.2 Disposición de pozos de tierra

##### a) Disposición del pozo de tierra para el lado MT:

Un pozo de tierra con doble dosis química con una resistencia resultante de acuerdo a la curva del fabricante podemos obtener hasta 22.45  $\Omega$

##### b) Disposición del pozo de tierra para el lado BT:

Dos pozos de tierra con doble dosis química dispuestas linealmente con cable unipolar TW de calibre 3/0 AWG.

La resistencia esperada aplicando sales electrolíticas es: 12.09  $\Omega$

## 5.7 Calculo de la ventilación y renovación de aire

### 1) **Calculo de la potencia disipada por equipos**

Datos proporcionados por el fabricante:

Item	Cant.	Unid.	Descripción	Pot. Disp. (P)
<b>Media tensión</b>				
1	2	U	Transformadores de 800 kVA	16,000.00
2	1	U	Transformador de 400 kVA	7,000.00
3	1	U	Celda de llegada 10 kV	160.00
<b>Baja tensión</b>				
4	1	U	Tablero de fuerza TF1 / 440 VAC	7,300.00
5	1	U	Tablero de servicio TS1 / 220 VAC	2,300.00
6	45	M	Cables en ducto subterráneo	3,750.00
<b>Total KW</b>				<b>36,510.00</b>

### 2) **Calculo de la ventilación**

Calculo de Calor:

$$Q^{\circ} = m^{\circ} \times Cp \times dT$$

$$Vh = V^{\circ} / m^{\circ} \text{ (pie}^3 / \text{lb)}$$

Cp : Calor especifico a presión constante = 0.24

m<sup>°</sup> : Masa de aire ( lb / hr)

Vh : Volumen especifico aire seco = 13.5lt / lb aire seco

V<sup>°</sup> : Caudal (pie<sup>3</sup> / hr)

$$C_{(CFM)} = Q / (1.07 \times dT) \rightarrow Q = 1.07 \times C_{(CFM)} \times dT \dots (\alpha)$$

Comentario [SY1]:

Tenemos:

$$T_{ext} = 30^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{ext} = 85^{\circ}\text{F}$$

$$T_{int} = 35^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{int} = 94^{\circ}\text{F}$$

Calculo del calor disipado:

$$P = 36,510.00 \text{ W}$$

Donde:

Conversión de la potencia disipada a unidades de calor:

$$Q = 36.510 \text{ W} \times 3.416 \times 1.000 = 114.699 \text{ BTU / hr}$$

$$Q = 1.07 \times C \times dT = 114,699$$

$$C = 11,910 \text{ CFM}$$

Por lo tanto el caudal será de 12,000 CFM

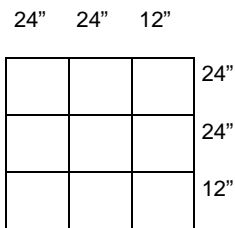
Caja de filtro:

Filtro: 480 pies / uni

$$Q = V \times A \rightarrow 12,000 = 480 A \rightarrow A = 25 \text{ pies}^2$$

Velocidad del ducto 2500pie / Unid  $\rightarrow$  30" x 30"

Rejilla del filtro de toma de aire.



### 3) Selección del ventilador

Por caída de presión:

Ductos  $\rightarrow$  0.30" CA

Rejillas y difusores de aire  $\rightarrow$  0.15 – 0.20" CA

Filtros  $\rightarrow$  Malla de aluminio: 0.30" CA

Malla de 30% de eficiencia: 0.35 CA

Por lo tanto resistencia del sistema = 1.15" CA

El extractor de acuerdo al software del fabricante es:

Extractor , Modelo TAB – 36 – 50

Volumen de 15,000 CFM

Potencia del motor de 5HP / 460V / 60Hz / 3φ

Numero de renovaciones de aire de 20 – 30 cambios por hora.

#### 5.8 Calculo de iluminación

El diseño comprende la determinación de la intensidad necesaria del nivel de iluminación de acuerdo a las siguientes características:

- Tamaño y geometría del ambiente.
- Detalle y distribución de equipos de la Sub-Estación.
- Tipo y grado de severidad de las tareas visuales que se desarrollan.
- Área total a iluminarse en dos ambientes para alta y baja.
- Carga unitaria para una sub estación 10 W / m<sup>2</sup>

Calculo de la potencia:

**Para el lado de media tensión:**

Área: 27.02m<sup>2</sup>

$$P = 27.02m^2 \times 10W / m^2 = 270.2W$$

Por lo tanto se instalara 1 circuito de alumbrado distribuidas en 3 luminarias con lámparas triples de 32W cada una.

Nivel de iluminación de 500 lux.

**Para el lado de baja tensión:**

Área: 22.99m<sup>2</sup>

$$P = 22.99m^2 \times 10W / m^2 = 229.9W$$

Por lo tanto se instalara 1 circuito de alumbrado distribuidas en 3 luminarias con lámparas triples de 32W cada una.

**Nivel de iluminación de 500 lux.**

## 5.9 Calculo y selección de los cables de baja tensión

Para la selección del conductor mas adecuado para la instalación dependerá de los siguientes factores:

- Las condiciones de funcionamiento e instalación del cable.
- Corriente máxima que debe transportar.
- Caída de tensión máxima admisible 5%  $V_n$ .
- La tensión de servicio.
- La intensidad de la corriente de cortocircuito y su duración

### 5.9.1 Selección por capacidad de corriente

#### **a) Condiciones de funcionamiento e instalación del cable:**

Este punto nos permite seleccionar inicialmente el tipo de conductor sin tener que efectuar él calculo del calibre adecuado.

- Tipo de corriente(alterna o continua.)
- Frecuencia de trabajo(60Hz)
- Voltaje entre fases.
- Numero de fases del sistema.
- Características de la instalación, enterrado directamente, en ductos bajo tierra, aérea.
- Temperatura ambiente máxima.
- Numero de conductores por ducto o tubo.
- Proximidad entre conductores.
- Necesidad de protección mecánica o química adicional.
- Condiciones del terreno.

#### **b) Corriente máxima que debe transportar:**

La corriente máxima que debe transportar el conductor la determinaremos en función a la intensidad de corriente nominal que posee cada toma.

De donde la corriente nominal a requerirse es 200A, en tomas de 220 VAC y 440 VAC. Con la cual obtendremos la corriente de diseño máxima permisible.

La siguiente expresión, es afectada por los factores de corrección que a continuación se indican.

$k_T$  : Factor de corrección relativos a la temperatura del aire libre (  $k_T = 1.00$ )

$k_A$  : Factor de corrección, más de 3 conductores en canalización (  $k_A = 0.80$ )

$k_C$  : Factor de corrección de la capacidad de corriente relativa en bandejas y canaletas (  $k_C = 0.93$ )

$$I_d = \frac{1.25 \times I_n}{k_A \times k_T \times k_C}$$

Siendo la corriente  $I_n = 200A$ , tenemos:

$$I_d = \frac{1.25 \times 200}{0.8 \times 1.0 \times 0.93} = 336.02A$$

El valor obtenido de corriente, se compara con el valor de corriente admisible del tipo y calibre del conductor. Si no se cumple se procede a seleccionar un calibre superior.

En consecuencia se selecciona el cable:

**NYY: 3 - 1 x 120 mm<sup>2</sup>**, capacidad de corriente 356A y tensión de 1kV.

#### 5.9.2 Selección por corriente de corto circuito

##### a) Calculo de la sección mínima por corriente de cortocircuito:

Se debe comprobar si el tipo de cable y los accesorios elegidos son capaces de soportar las cargas dinámicas y térmicas debida a los cortocircuitos.

Para las cargas dinámicas es determinante el impulso de la corriente de cortocircuito y para las cargas térmicas el valor eficaz medio de la corriente de cortocircuito.

En caso de cortocircuito tripolar, solo quedan sometidos a esfuerzos térmicos los conductores activos.

El calentamiento del conductor depende del valor eficaz y de la duración de la corriente de cortocircuito. Puesto que el periodo del calentamiento es muy breve y tiene lugar solamente en caso excepcional de perturbación.

#### - Para las tomas de 440 VAC

De la potencia inicial de cortocircuito, Simétrica ( $S_{cc_2}$ ), se obtiene la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito ( $I_{cc_2}$ )

Mediante la formula:

$$I_{cc_2} = \frac{S_{cc_2}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{30.23 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0.46 \text{ KV}} = 37.94 \text{ KA.}$$

La Corriente de Cortocircuito Térmicamente Admisible ( $I_{km}$ ) para el Cable NYY 3 - 1 x 120mm<sup>2</sup>, en función del tiempo y la sección nominal del conductor, se calcula mediante la formula:

$$I_{km} = \frac{0.113 \times S}{\sqrt{t}}$$

$I_{km}$  : Corriente de Cortocircuito Térmicamente Admisible, kA.

S : Sección Transversal del Cu, mm<sup>2</sup>.

t : Tiempo de Apertura del Sistema de Protección 0.02seg.

$$I_{km} = \frac{0.113 \times 120}{\sqrt{0.02}} = 95.88 \text{ kA}$$

$$\therefore I_{cc} < I_{km}$$

**- Para las tomas de 220 VAC**

De la potencia inicial de cortocircuito, Simétrica ( $S_{cc3}$ ), se obtiene la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito ( $I_{cc3}$ )

$$I_{cc2} = \frac{S_{cc3}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{9.53 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0.23 \text{ KV}} = 23.93 \text{ kA.}$$

La Corriente de Cortocircuito Térmicamente Admisible ( $I_{km}$ ) para el Cable NYY 3 – 1 x 120mm<sup>2</sup>, en función del tiempo y la sección nominal del conductor, se calcula mediante la formula:

$$I_{km} = \frac{0.113 \times 120}{\sqrt{0.02}} = 95.88 \text{ kA}$$

$$\therefore I_{cc} < I_{km}$$

Por lo que el cable seleccionado puede soportar la corriente de cortocircuito en las tomas de 440 VAC y 220 VAC

5.9.3 Calculo de la caída de tensión

**a) Verificación de la caída de tensión:**

La caída de tensión entre la Sub-Estación #22 y la toma #3 de 440 VAC de energía en el muelle, se calculara de la siguiente manera:

**- Para las tomas de 440 VAC**

**De la Sub-Estación #22 hacia la toma #3 se tiene:**

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot (R_{70} \cos \phi + X_1 \times \text{Sen} \phi) \dots \dots (a)$$



Donde:

R : Resistencia del conductor ( $\Omega / \text{km}$ )

X : Reactancia del conductor ( $\Omega / \text{km}$ )

L : Longitud total del Cable NYY ( 3 - 1 x 120mm<sup>2</sup>) = 0.295 km

R<sub>20°C</sub> : 0.153  $\Omega / \text{km}$

X : 0.1021  $\Omega / \text{km}$

Considerando:

Cos $\phi$  : Factor de potencia de la Carga: 0.80

Se calcula la resistencia a la temperatura de operación del cable 90°C

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \times (T - T_0))$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 0.153 \cdot (1 + 0.00393 \cdot (80 - 20)) = 0.189 \Omega / \text{Km}$$

Reemplazando en a:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 200 \cdot 0.295 \cdot (0.189 \times 0.8 + 0.1021 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 21.71 \text{V}$$

∴ El cable seleccionado satisface la condición de que la caída de tensión no supera el 5.0% de la tensión nominal.

**De la Sub-Estación #22 hacia la toma #1 se tiene:**

En este caso tendría que limitarse la corriente nominal debido a que la caída de tensión supera el 5.0% de la tensión nominal.

Para que no suceda eso, la corriente nominal de trabajo sería de 150A

L : Longitud total del Cable NYY ( 3 - 1 x 120mm<sup>2</sup>) = 0.376 Km

R<sub>70°C</sub> : 0.189  $\Omega / \text{Km}$ .

X : 0.1021  $\Omega / \text{Km}$ .

Considerando:

Cos $\phi$  : Factor de potencia de la Carga: 0.80

Reemplazando en a:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 0.376 \cdot (0.189 \times 0.8 + 0.1021 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 20.75V$$

∴ El cable seleccionado satisface la condición de que la caída de tensión no supera el 5.0% de la tensión nominal.

**- Para la toma de 220 VAC**

**De la Sub-Estación #22 hacia la toma #3A se tiene:**

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot (R_{70} \cos \phi + X_1 \times \text{Sen} \phi) \dots \dots (a)$$

Donde:

R : Resistencia del conductor ( $\Omega / \text{Km}$ )

X : Reactancia del conductor ( $\Omega / \text{Km}$ )

L : Longitud total del Cable NYN ( 3 - 1 x 120mm<sup>2</sup>) = 0.184Km.

R<sub>20°C</sub> : 0.153  $\Omega / \text{Km}$

X : 0.1021  $\Omega / \text{Km}$

Considerando:

Cos $\phi$  : Factor de potencia de la Carga: 0.80

Se calcula la resistencia a la temperatura de operación del cable 90°C

$$R_{70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \times (T - T_0))$$

$$R_{70^\circ C} = 0.153 \cdot (1 + 0.00393 \cdot (80 - 20)) = 0.189 \Omega / \text{Km}$$

Reemplazando en a:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 160 \times 0.184 \cdot (0.189 \times 0.8 + 0.1021 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 10.83V$$

∴ El cable seleccionado satisface la condición de que la caída de tensión no supera el 5.0% de la tensión nominal. Limitándose la corriente nominal a 160A.

**De la Sub-Estación #22 hacia la toma #2A se tiene:**

En este caso tendríamos que limitar aun más la corriente nominal debido a la mayor caída de tensión que supera el 5.0% de la tensión nominal.

Para que no suceda eso, la corriente nominal de trabajo seria de 120A

L : Longitud total del Cable NYY ( 3 - 1 x 120mm<sup>2</sup>) = 0.253 Km

R<sub>70C</sub> : 0.189 Ω / km,

X : 0.1021 Ω / km

Considerando:

Cosφ : Factor de potencia de la Carga: 0.80

Reemplazando en a:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 0.253 \cdot (0.189 \times 0.8 + 0.1021 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 11.10V$$

∴ El cable seleccionado satisface la condición de que la caída de tensión no supera el 5.0% de la tensión nominal.

**De la Sub-Estación #22 hacia la toma #1A se tiene:**

En este caso tendríamos que limitar aun más la corriente nominal debido a la mayor caída de tensión que supera el 5.0% de la tensión nominal.

Para que no suceda eso, la corriente nominal de trabajo seria de 100A

L : Longitud total del Cable NYY ( 3 - 1 x 120mm<sup>2</sup>) = 0.340 Km

R<sub>70C</sub> : 0.189 Ω / km

X : 0.1021 Ω / km

Considerando:

Cosφ : Factor de potencia de la Carga: 0.80

Reemplazando en a:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 0.340 \cdot (0.189 \times 0.8 + 0.1021 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 12.49V$$

∴ El cable seleccionado supera ligeramente la caída de tensión según norma, tomo IV del código nacional de electricidad. (5.0% de la tensión nominal), la cual si seriamos estrictos seleccionaríamos un cable de mayor sección, pero por motivo de costo se ha seleccionado el cable propuesto.

## CAPITULO 6

### METRADO Y PRESUPUESTO

#### 6.1 Cronograma de las actividades a desarrollarse

Para definir el cronograma de trabajo se ha considerado las limitaciones que tiene el SIMA – CALLAO con los proyectos que se están ejecutando y los proyectos que se encuentran en cartera para el presente año, si interferir en los mismos, estas actividades las damos a conocer en el diagrama de Gantt.

##### 6.1.1 Diagrama de Gantt

En la elaboración del diagrama de Gantt se ha determinado la ruta crítica de las actividades programadas para la ejecución del proyecto. Es decir las actividades que tienen holgura cero para su ejecución y que son los de mayor trascendencia. **grafico 6, (ver anexo 2)**

##### 6.1.2 Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo lo usamos para representar en forma gráfica el proceso y nos apoya en la detección de situaciones críticas, así como en el entendimiento del proceso. También lo usamos para hacer comparativos entre lo que queremos llegar y como estamos en la actualidad. De la cual nos damos cuenta porque es importante delimitar los procesos desde el inicio hasta el final. **grafico 7, (ver anexo 2)**

#### 6.2 Presupuesto total de proyecto global

En el presupuesto del proyecto global se incluyen todas las actividades para la mejora de los servicios instalados en el muelle. Para nuestro caso se ha desarrollado la actividad # 2 mostrada en la tabla 10.

El presupuesto total del proyecto global incluye lo siguiente:

- Instalación del Sistema Aire comprimido.
- Instalación del Sistema Contra - Incendio.
- Instalación del Sistema de Agua - Potable.
- Instalación del Sistema de Energía - Eléctrica
- Instalación del Sistema de Oxígeno y Acetileno.
- Instalación del Sistema Telefónico.
- Instalación del Sistema de Computo.
- Reparación de piso del Muelle.

El Monto Total del Proyecto se muestra a continuación (Ver Tabla 10)

**TABLA 10**

<b>Act.</b>	<b>Proyectos a ejecutarse</b>	<b>Costo total \$/.</b>
<b>1</b>	Suministro de Aire Comprimido al Muelle de Reparaciones	378,438.91
<b>2</b>	Suministro de Energía eléctrica al Muelle de Reparaciones	1,240,439.43
<b>3</b>	Suministro de Agua Potable al Muelle de Reparaciones	326,849.67
<b>4</b>	Suministro de Red Contra Incendio al Muelle de Reparaciones	374,560.26
<b>5</b>	Suministro de Red Cómputo (Internet) al Muelle de Reparaciones	26,879.29
<b>6</b>	Suministro de Red Telefonía al Muelle de Reparaciones	9,546.66
<b>7</b>	Suministro de Oxígeno y Acetileno al Muelle de Reparaciones	115,894.41
<b>8</b>	Reparación Piso del Muelle de Reparaciones	558,394.42
	<b>TOTAL DE PROYECTO</b>	<b>3,031,003.05</b>

6.2.1 Presupuesto del Proyecto Ampliación de Energía Eléctrica en el muelle

Comprende la cotización de los equipos y accesorios instalados y la mano de obra requerida para la construcción de la Sub-Estación y el montaje respectivo de cada uno de los siguientes módulos:

AMPLIACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA 10 kV, 60 Hz			Lista de aparatos		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	U	P.U	P.T
<b><u>Celda de Salida Sub-Estación 60 / 10 kV</u></b>					
1	Rehabilitación y montaje de celda de salida de 10 kV, 60 Hz	1	U	25,000.00	25,000.00
2	Rehabilitación y montaje de tablero de control, medición señalización 10 kV	1	U	12,000.00	12,000.00
<b><u>Zanja para el tendido del Cable 10 KV</u></b>					
3	Excavación y relleno de zanja	376	m	11.80	4,436.82
<b><u>Tendido de Red de MT</u></b>					
4	Instalación cable unipolar seco tipo N2XSY 12kV, 70 mm <sup>2</sup>	1500	m	5.00	10,500.00
5	Conexión de Juego de terminales de Cable para uso interior 10 kV	12	Kit	220.00	2,640.00
6	Construcción de buzón de concreto para pase de cable área 1.2 m x 2.00 m de profundidad	2	U	250.00	500.00
7	Confección e instalación de tapa de fierro fundido, para buzones	2	U	70.00	140.00
<b><u>Construcción de Caseta de Sub-Estación</u></b>					
8	Trazo y replanteo	58	m <sup>2</sup>	0.60	34.80
9	Excavación de zanja para cimentación	30	m <sup>3</sup>	10.50	315.00
10	Cimiento corrido C° 1: 10 + 30% PG	30	m <sup>3</sup>	49.60	1,488.00
11	Encofrado de sobrecimiento	25	m <sup>2</sup>	3.10	77.50
12	Cimiento corrido C° 1: 8 + 25% PG	2	m <sup>3</sup>	50.70	101.40
13	Muros de ladrillo de soga	135	m <sup>2</sup>	10.20	1,377.00
AMPLIACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA 10 kV, 60 Hz			Lista de aparatos		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	U	P.U	P.T

14	Fierro de columnas	1320	Kg	1.10	1,452.00
15	Encofrado de columnas	25	m <sup>2</sup>	11.40	285.00
16	Columnas de amarre C° fc: 210 Kg / cm <sup>2</sup>	1.8	m <sup>2</sup>	107.70	193.86
17	Fierro en vigas de techo	1260	Kg	1.10	1,386.00
18	Vigas de techo C° fc: 210 Kg / cm <sup>2</sup>	2.6	m <sup>3</sup>	107.70	280.00
19	Encofrado de techo (Inc. Vigas)	60	m <sup>2</sup>	6.00	360.00
20	Colocación de ladrillos de techo	500	U	0.50	250.00
21	Fierro de techo	70	Kg	1.10	77.00
22	Llenado de techo C° fc: 210 Kg / cm <sup>2</sup>	5.3	m <sup>3</sup>	81.80	433.54
23	Tarrajeo de muros	132	m <sup>2</sup>	5.90	778.80
24	Tarrajeo de cielo raso	55	m <sup>2</sup>	7.70	423.50
25	Puertas de fierro	2	U	230.80	461.60
26	Ventanas de madera	4	U	153.80	615.20
27	Puntos de luz	6	U	12.30	73.80
28	Puntos de tomacorriente	2	U	12.30	24.60
29	Falso piso e: 4"	55	m <sup>2</sup>	8.60	473.00
30	Contrapiso e: 2"	55	m <sup>2</sup>	7.40	407.00
31	Piso pulido	55	m <sup>2</sup>	7.00	385.00
32	Pintado de muros	270	m <sup>2</sup>	2.90	783.00
33	Pintado de cielo raso	55	m <sup>2</sup>	2.80	154.00
<b><u>Equipamiento de Sub-Estación</u></b>					
34	Instalación y montaje de celda de llegada de 10kV, 60Hz (con accesorios)	1	U	25,000.00	25,000.00
35	Instalación y montaje de Transformadores de Distribución 800 kVA, 10/0.46 kV, DY11 conectado de cables al tablero de BT	2	U	15,000.00	30,000.00
36	Instalación y montaje de un Transformador de Distribución 400 KVA, 10/0.23 kV, DY11 conectado de cables al tablero de BT	1	U	10000.00	20,000.00
37	Instalación y montaje de un Tablero de Distribución TS1: 220 V, 60 Hz	1	U	35,000.00	35,000.00
38	Instalación y montaje de un Tablero de Distribución TF1: 440 V, 60 Hz	1	U	45,000.00	45,000.00
<b>AMPLIACIÓN DE ENERGIA ELECTRICIA 10 kV, 60 Hz</b>			<b>Lista de aparatos</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT</b>	<b>U</b>	<b>P.U</b>	<b>P.T</b>

	<b><u>Sistema de Medición:</u></b>				
39	Instalación de medidor analizador de redes Multifunción con capacidad para almacenar datos hasta 80kb, con puerto de comunicación RS485, protocolo de comunicación Modbus con capacidad para bajar registros diarios de kW y kVAR a una PC, Software libre PMsoft. Marca Merlin Gerin/ Sq-D, Modelo PM820	2	U	2460.00	4,920.00
40	Instalación de conversor RS485 / RS232 para conexión	2	U	500.00	1,000.00
41	Computadora programable, Pentium III, 800MHz, 256RAM, 30GB, monitor de 17", con impresora.	1	U	1,000.00	1,000.00
42	Instalación de cable de comunicación con apantallamiento de cobre estañado, 24AWG, 120 Ω para red RS485 / RS232	1	Ro	450.00	450.00
	<b><u>Zanja para instalación de ductos</u></b>				
43	Ductos Mortero 4 vías 90 mm φ x 1m de longitud	150	m	4.00	600.00
44	Excavación y habilitación de zanja para instalado de 4 ductos de concreto 0.30 cm x 0.30 cm	150	m	16.5	2,475.00
	<b><u>Montaje Complementario</u></b>				
45	Pozos de tierra	2	U	500.00	1,000.00
46	Cable para la puesta a tierra	75	m	1.250	93.75
47	Pozas de derrame de aceite	3	U	250.00	750.00
48	Vigas de Fierro tipo U para el soporte de los transformadores	12	U	30.00	360.00
49	Instalación del sistema de ventilación con Ventilador de 5 HP / 460 V, 1720 RPM	1	U	3,000.00	3,500.00
<b>AMPLIACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA 10 kV, 60 Hz</b>			<b>Lista de aparatos</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT</b>	<b>U</b>	<b>P.U</b>	<b>P.T</b>



	<b><u>Tendido de Red de baja tensión</u></b>				
50	Cable NYY: 1 x 120 mm <sup>2</sup> 1kV	12000	m	5.91	70,920.00
51	Confección e instalación de soporte de ángulos 2" x 2" x 3/16" para sujeción de 15 tubos de PVC – SAP y 15 ternas de cable NYY de 1kV				
52	Instalación de tubos PVC - SAP de 3" φ x 3m de longitud	640	U	10.00	6,400.00
53	Cajas de paso de planchas de acero según plano	13	U	450.00	5,850.00
54	Terminales para cable NYY: 1 x 120 mm <sup>2</sup> 1kV	60	U	6.00	360.00
55	Tendido de cable de baja tensión para tomas en 220 VAC	3305	m	3.50	11,567.50
56	Tendido de cable de baja tensión para tomas en 440 VAC	8695	m	3.50	30,432.50
57	Confección e instalación de las cajas de toma	20	U	750.00	15,000.00
58	Pozo de tierra	1	U	500.00	500.00
59	Instalación de 635 m cable para la puesta a tierra	635	m	2.50	1,587.5
	<b><u>Costo total de la inversión: US\$</u></b>				<b><u>381,673.67</u></b>
	Nota: Se tomo como referencia los precios del mercado local.				

## CAPITULO 7

### ANALISIS DE COSTOS

#### 7.1 Generalidades

La determinación y/o establecimiento del análisis de costos en un proyecto en general tiene tanta importancia como el expediente técnico, ya que como es obvio, para realizar una inversión sobre la base del estudio técnico, deberá también justificarse económicamente, es decir, debe lograrse la recuperación de dicha inversión, de modo que el proyecto resulte rentable; es por eso que es muy necesario su análisis.

En este caso específico, el costo de inversión incluirá los siguientes aspectos:

- Evaluación de costos por adquisición de materiales y equipos, en base a los precios correspondientes del mercado local.
- Costos necesarios para la instalación y montaje de los materiales y equipos.

El SIMA apoyara a la empresa encargada del proyecto con sus maquinarias, equipos y talleres para los servicios que la empresa privada lo crea conveniente. No descuidando los proyectos que se están llevando a cabo dentro de la empresa.

#### **Procedimiento del análisis de costo:**

Para establecer un análisis eficaz de factibilidad económica, se tendrá en cuenta el siguiente procedimiento:

1. Se analizara las ventas facturadas y costo de producción obtenidas anualmente por los diques flotantes, mediante un análisis estadístico de la empresa desde el año 2000, luego se proyectara la demanda en el tiempo para analizar la factibilidad del proyecto, teniendo en cuenta la máxima demanda del numero de naves atendidas por cada dique flotante.

2. Con la proyección realizada de las ventas facturadas y costos de producción se obtendrá la utilidad bruta, de modo que pueda justificarse la inversión
3. De acuerdo a los resultados del análisis técnico se ha de determinar el monto de inversión, así como las circunstancias que definen el momento oportuno para realizar dicha inversión.
4. Determinado el monto de inversión necesario, se procederá al calculo de la recuperación económica, en base también al incremento de la utilidad por la implementación del proyecto.

#### 7.2 Importancia de la Producción en Reparación de Naves en el SIMA -CALLAO

El SIMA - CALLAO esta dedicado a la construcción, reparación y mantenimiento de embarcaciones navales y privadas, así también a la fabricación metal mecánica, reparación de maquinas industriales, electrónica y otros.

De las cuales la empresa a creído conveniente separar los trabajos ejecutados en ocho líneas de negocios, estas se mencionan a continuación:

- Construcciones Navales Marina
- Construcciones Navales Particulares
- Reparaciones Navales Marina
- Reparaciones Navales Particulares
- Fabricación Metal Mecánica
- Reparaciones Industriales
- Electrónica y Armas
- Ventas de Servicios

Siendo la reparación de naves la mas representativa, la cual se deduce de la data estadística con que cuenta la empresa, para lo cual se ha creído conveniente mostrar la **Tabla 11**, donde se muestra el estado de ganancias y perdidas durante los años 2003 y 2004, aquí se puede observar que la producción de la línea de reparaciones navales y privadas representa el mayor porcentaje del total de ventas efectuadas.

Así también se muestra el **grafico 8, (ver anexo 2)**, la cual se puede observar que la línea de reparaciones navales y privadas representan un 65.6% del total de la producción en el SIMA – CALLAO.

**TABLA 11**

LINEA DE NEGOCIOS	Año	
	2003	2004
<b>Ventas Efectuadas</b>		
Construcciones Navales Marina	4,487,372.45	6,558,671.58
Construcciones Navales Particulares	4,140,484.64	6,548,152.92
Reparaciones Navales Marina	18,656,113.42	16,977,954.79
Reparaciones Navales Particulares	29,353,481.12	21,371,481.02
Fabricación Metal Mecánica	16,233,502.91	3,912,761.67
Reparaciones Industriales	0.00	43,298.48
Electrónica y Armas	0.00	885,834.13
Venta de Servicios	1,571,106.66	1,119,817.24
<b>Total Ventas Efectuadas</b>	<b>74,442,061.20</b>	<b>57,417,971.83</b>
<b>Costo de Producción</b>		
Construcciones Navales Marina	3,807,251.44	6,469,661.33
Construcciones Navales Particulares	3,504,326.42	5,095,666.38
Reparaciones Navales Marina	18,054,541.40	15,774,667.69
Reparaciones Navales Particulares	18,445,023.97	13,340,937.34
Fabricación Metal Mecánica	15,965,313.47	3,880,103.80
Reparaciones Industriales	0.00	25,560.72
Electrónica y Armas	0.00	711,206.57
Venta de Servicios	1,224,667.95	41,156.97
<b>Total Costo Fabricación</b>	<b>61,001,124.65</b>	<b>45,338,960.80</b>
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>13,440,936.55</b>	<b>12,079,011.03</b>
<b>Gastos Administrativos</b>		
Sueldo personal administrativo	6,333,589.72	6,348,497.38
Incentivo por cese de Trabajo	1,232,295.97	0.00
Mano de obra improductiva	802,327.63	260,397.55
Gastos Adm. No distribuidos SIMA PERU	2,515,516.92	2,748,566.50
Aporte Organismo DES	2,312,274.01	2,213,050.00
<b>Total Gastos Administrativos</b>	<b>8,571,456.23</b>	<b>7,144,411.43</b>
<b>Gastos Financieros</b>		
Ingresos Financieros	434,796.73	691,957.47
Gastos Financieros	1,278,793.62	1,553,031.06
Ingresos Varios	973,016.35	918,131.32
Provisión de cobranza Dudosa	299,064.98	475,331.44
Ingresos Excepcionales	112,289.65	336,198.51
<b>Total Gastos Financieros</b>	<b>57,755.87</b>	<b>82,075.20</b>
<b>Utilidad Neta</b>	<b>4,811,724.45</b>	<b>4,852,524.40</b>

### 7.3 Análisis de Máxima Demanda en los Diques Flotantes

En este acápite daremos a conocer la estadística de Naves atendidos en los diques flotantes desde el año 2000, en la cual se puede observar el tipo de nave ingresada a cada dique anualmente. ( **Ver Tabla 12**)

Cabe mencionar que las embarcaciones ingresan frecuentemente a los diques cada dos años para su tratamiento superficial del casco (Obra viva y Obra muerta) y/o para su mantenimiento. A continuación se dará a conocer las características físicas de cada dique flotante y su capacidad limite dependiendo del tipo de nave.

**DIQUE ADF 104:** 4500 toneladas de fuerza ascensional.

Eslora total : 115.8 m.

Manga exterior : 30.1 m.

Puntal : 12.5 m. Autocarenable, 6 pontones. **grafico 9, (ver anexo 2)**

Simultáneamente ingresan:

- 4 Naves Pesqueras ó 6 Bolicheras
- ó 1 Nave Comercial.

**DIQUE ADF 106:** 1900 toneladas de fuerza ascensional.

Eslora total : 87.78 m.

Manga exterior : 19.5 m.

Puntal : 10.36 m. **grafico 10, (ver anexo 2)**

Simultáneamente ingresan:

- 2 Naves Pesqueras ó 3 Bolicheras.

**DIQUE ADF 107:** 3500 toneladas de fuerza ascensional.

Eslora total exterior : 147.14 m.

Eslora total interior : 126.08 m.

Manga exterior : 21.64 m.

Puntal : 11.58 m. **grafico 11, (ver anexo 2)**

Simultáneamente ingresan:

- 3 Naves Pesqueras ó 4 Bolicheras.
- ó 1 Nave Comercial.

**TABLA 12**  
**NAVES ATENDIDAS EN DIQUES FLOTANTES**

<b>AÑO 2000</b>						
<b>N</b>	<b>NAVES</b>	<b>ADF - 104</b>	<b>ADF - 106</b>	<b>ADF - 107</b>	<b>TOTAL</b>	
1	Alto Bordo	B/T		1	1	
2		M/N	1		1	
3	Bajo Bordo	Barcaza	1		1	
4		B/R			1	
5		Marina	1	5	2	8
6		Pesqueros	45	10	30	85
<b>TOTAL</b>		<b>48</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>98</b>	
<b>AÑO 2001</b>						
<b>N</b>	<b>NAVES</b>	<b>ADF - 104</b>	<b>ADF - 106</b>	<b>ADF - 107</b>	<b>TOTAL</b>	
1	Alto Bordo	M/N	2		2	
2		B/T	1		1	
3		BIC	2		2	
4	Bajo Bordo	Barcaza			1	
5		Chata	1		1	
6		B/R	2	1	3	6
7		Marina		7	1	8
8		Pesqueros	37	12	34	83
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>20</b>	<b>39</b>	<b>104</b>	
<b>AÑO 2002</b>						
<b>N</b>	<b>NAVES</b>	<b>ADF - 104</b>	<b>ADF - 106</b>	<b>ADF - 107</b>	<b>TOTAL</b>	
1	Alto Bordo	M/N	4		4	
2		B/T	1		1	
3		BIC			2	2
4	Bajo Bordo	Chata	1		1	
5		Draga			1	1
6		Marina	3	12	5	20
7		B/R	4		2	6
8		Pesqueros	36	18	20	74
<b>TOTAL</b>		<b>49</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>110</b>	

**TABLA 12**  
**NAVES ATENDIDAS EN DIQUES FLOTANTES**

AÑO 2003						
N	NAVES	ADF - 104	ADF - 106	ADF - 107	TOTAL	
1	Alto Bordo	B/T	2	3	5	
2		BIC	1		1	
3		M/N			0	
4	Bajo Bordo	B/R	2	3	5	
5		Marina	1	9	4	14
6		Pesqueros	52	21	29	102
<b>TOTAL</b>		<b>56</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>127</b>	
AÑO 2004						
N	NAVES	ADF - 104	ADF - 106	ADF - 107	TOTAL	
1	Alto Bordo	BIC		3	3	
2		B/T	4	3	7	
3	Bajo Bordo	Barcaza	3	1	4	
4		B/R		2	2	
5		Draga		1	1	
6		Marina	5	3	3	11
7		Pesqueros	48	24	20	92
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>120</b>	
AÑO 2005						
N	NAVES	ADF - 104	ADF - 106	ADF - 107	TOTAL	
1	Alto Bordo	BIC		1	1	
2		B/T	4	2	6	
3	Bajo Bordo	Barcaza	2	1	3	
4		B/R		1	1	
5		Draga		1	1	
6		Marina	5	2	2	9
7		Pesqueros	53	21	22	96
<b>TOTAL</b>		<b>64</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>117</b>	

**Criterios para el calculo de la máxima demanda en los diques flotantes:**

**Sin Proyecto:**

Con los datos estadísticos mostrados en la tabla 12, se puede observar que las embarcaciones pesqueras representan un mayor porcentaje de las naves ingresadas a los diques flotantes, este sumada a los buques de marina y otros de bajo bordo representan el 94.05% de las naves ingresadas.

Teniendo el numero de naves ingresadas anualmente, y conociendo el tiempo promedio de estadía de naves de bajo y alto bordo, se tiene en los diques flotantes:

En la **Tabla 13**, se muestra el tiempo promedio de producción / dique flotante.

**Tabla 13**

<b>Naves</b>	<b>Promedio de # Naves / Año</b>	<b>Estadía Promedio (días)</b>	<b>Tiempo de Producción Promedio Anual / Dique (días)</b>
Bajo Bordo	106	4	142
Alto Bordo	6	13	26

Siendo el tiempo efectivo total de producción : 359 días.

A la estadía de la nave se le debe añadir el armado de la cama de varado y el desarmado del mismo, siendo el tiempo promedio de estas actividades:

Nave Bajo bordo : 1 día.

Nave Alto bordo : 2 días.

Mediante la cual se tendría un tiempo muerto : 154 días.

**Capacidad limite por dique flotante:**

**DIQUE ADF 104:**

Capacidad teórica de naves ingresadas:

8 Naves pesqueras / mes. → 96 Naves pesqueras / año.

ó 2 Naves Comerciales / mes. → 24 Naves comerciales / año.



**DIQUE ADF 106:**

Capacidad teórica de naves ingresadas:

6 Naves pesqueras / mes.	→	72 Naves pesqueras / año.
ó 8 Naves bolicheras / mes.	→	96 Naves pesqueras / año.

**DIQUE ADF 107:**

Capacidad teórica de naves ingresadas:

6 Naves pesqueras / mes.	→	72 Naves pesqueras / año.
ó 2 Naves Comerciales / mes.	→	24 Naves comerciales / año.

De esto podemos deducir que el numero total de naves pesqueras ingresadas teóricamente, seria de 225 naves, debido a que estos representan un 94.05% del total de producción.

Pero en la practica nos damos cuenta que el numero de embarcaciones ingresadas a los diques flotantes durante los años 2000 – 2005, representa el 50% de la capacidad instalada teórica con un tiempo muerto promedio de 154 días por año.

**Con Proyecto:**

Se espera llegar a un 70% de la capacidad instalada teórica como mínimo, la cual hace un promedio de 158 naves ingresadas anualmente a los tres diques flotantes. Para lo cual se considerara que el tiempo promedio de estadía por nave disminuye en un 20%. Debido a que el muelle contara con todas sus instalaciones. **(Ver tabla 14)**

**Tabla 14**

Naves	Promedio de # Naves / Año	Estadía Promedio (días)	Tiempo de Producción Promedio Anual / Dique (días)
Bajo Bordo	106	3	106
Alto Bordo	6	10	20

Siendo el tiempo efectivo total de producción : 359 días.

A la estadía de la nave se le debe añadir el armado de la cama de varado y el desarmado del mismo, siendo el tiempo promedio de estas actividades:

Nave Bajo bordo : 1 día.

Nave Alto bordo : 2 días.

Mediante la cual se tendría un tiempo muerto : 196 días.

Se estaría ahorrando 42 días de tiempo muerto en comparación con el caso de no implementar el proyecto, esto equivaldría a una producción de 25 naves demás.

#### 7.4 Proyección en el Tiempo del Numero de Naves Ingresadas en los Diques Flotantes

Para proyectar el máximo numero de embarcaciones ingresadas a los diques flotantes se ha tomado en cuenta la identificación de los trabajos de Diqueo de embarcaciones durante los años 2000 - 2005, en relación con el objeto de costo se ha obtenido los Costos directos e Indirectos relacionados con el proceso productivo, obteniéndose el Costo de Producción. (Costo de fabricación), Una vez obtenido el costo de producción y teniendo además los costos de venta facturadas (Precio de Venta), se tiene la Utilidad Bruta. Con estos datos y utilizando el comportamiento de la grafica logarítmica, se obtienen las tablas 15 y 16 con proyecto y sin proyecto respectivamente. Sus gráficos respectivos se muestran en el anexo 2. **(Ver grafico 12 y 13)**

Tabla 15

ESCENARIO 1: CON PROYECTO							
AÑO	NAVES INGRESADAS	VENTAS FACTURADAS EN MILES S/.	COSTO DE PRODUCCION EN MILES S/.	UTILIDAD BRUTA EN MILES S/.	PROMEDIO VENTAS FACTURADAS POR NAVE EN MILES S/.	PROMEDIO COSTO PRODUCCION POR NAVE EN MILES S/.	PROMEDIO UTILIDAD BRUTA POR NAVE EN MILES S/.
2000	98	9,951.88	5,424.09	4,527.79	100.72	56.78	43.94
2001	104	10,817.55	6,139.94	4,677.61			
2002	110	11,170.48	6,088.27	5,082.21			
2003	127	12,896.82	7,029.18	5,867.64			
2004	120	12,481.79	7,084.55	5,397.24			
2005	117	10,769.77	6,617.22	4,152.55			
2006	117	10,769.77	6,617.22	4,152.55	112.35	61.84	50.50
2007	133	11,443.85	6,988.29	4,455.57			
2008	142	12,454.98	7,544.88	4,910.09			
2009	152	13,578.45	8,163.33	5,415.12			
2010	161	14,589.57	8,719.92	5,869.65			

Tabla 16

ESCENARIO 2: SIN PROYECTO							
AÑO	NAVES INGRESADAS	VENTAS FACTURADAS EN MILES S/.	COSTO DE PRODUCCION EN MILES S/.	UTILIDAD BRUTA EN MILES S/.	PROMEDIO VENTAS FACTURADAS POR NAVE EN MILES S/.	PROMEDIO COSTO PRODUCCION POR NAVE EN MILES S/.	PROMEDIO UTILIDAD BRUTA POR NAVE EN MILES S/.
2000	98	9,951.88	5,424.09	4,527.79	100.72	56.78	43.94
2001	104	10,817.55	6,139.94	4,677.61			
2002	110	11,170.48	6,088.27	5,082.21			
2003	127	12,896.82	7,029.18	5,867.64			
2004	120	12,481.79	7,084.55	5,397.24			
2005	117	10,769.77	6,617.22	4,152.55			
2006	117	10,769.77	6,617.22	4,152.55	100.72	56.78	43.94
2007	129	11,172.66	6,844.34	4,328.32			
2008	133	11,575.55	7,071.46	4,504.09			
2009	138	11,877.72	7,241.80	4,635.92			
2010	142	12,280.60	7,468.92	4,811.69			

### 7.5 Análisis sobre la inversión del proyecto global

Consiste en comparar todos los beneficios con todos los costos a los que se incurrirá a lo largo de la vida útil del proyecto; la regla indica que debe realizarse el proyecto solo si los beneficios son mayores que los costos.

Debido a que los costos y beneficios ocurren en años diferentes, para poder compararlos es necesario actualizarlos a una misma tasa de descuento 12% interés y a un año que normalmente es el primer año del proyecto.

Una vez actualizado los beneficios y los costos la evaluación se realizara determinando 3 indicadores, las cuales la damos a conocer a continuación:

Valor Presente y Evaluación del Costo Capitalizado, Tasa Interna de Retorno, Relación Beneficio Costo.

#### 7.5.1 Valor presente y evaluación del costo capitalizado

El valor actual neto de una inversión en la fecha  $t = 0$ , resulta de la suma de los valores actuales a dicha fecha de todas las entradas y salidas involucradas con la inversión del proyecto.

El valor actual neto se determinara mediante la siguiente formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} \dots \alpha$$

Donde:

$I_0$  : Gastos de inversión en el momento  $t = 0$

$BN_t$  : Beneficios totales en el tiempo de vida útil del proyecto, la cual es la diferencia entre el ingreso por mantenimiento y reparación de embarcaciones en los diques flotantes en el tiempo  $t$  y el costo de operación en la fecha  $t$

$i$  : interés para préstamo anual

n : tiempo de análisis

Para los cálculos se considerara lo siguiente:

n : 25 años.

I : 12%.

Io : S/. 3,031,003.05

I – C : S/. 6,748,610.00 (Flujo acumulado actualizado al 12% de interés)

**(Ver tabla 17)**

Reemplazando en  $\alpha$ :

$$VAN = S/3,717,606.95$$

#### 7.5.2 Tasa interna de retorno

Con el método del TIR, se determinara la tasa de descuento que produce un valor actual a cero.

La inversión será ventajosa, cuando el TIR es igual o mayor que la tasa de descuento( i = 8%), es decir cuando se asegura por lo menos el interés mínimo exigido. Se determinara con la siguiente ecuación:

$$TIR = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} \dots \beta$$

$$VAN = 0$$

Donde:

$I_0$  : Gastos de inversión en el momento t = 0

$BN_t$  : I – C = Retorno.

Reemplazando datos.

$$TIR = 19.13\%$$

De donde podemos ver que  $TIR > 12\%$ , lo que indica que el proyecto es viable.

Tabla 17

NUMERO	AÑO	FLUJO ANUAL MILES S/.	FLUJO ACTUALIZADO MILES S/.	FLUJO ACUMULADO MILES S/.
1	2007	127.25	113.61	113.61
2	2008	406.00	323.66	437.28
3	2009	779.21	554.62	991.90
4	2010	1,057.96	672.35	1,664.26
5	2011	1,057.96	600.32	2,264.57
6	2012	1,057.96	536.00	2,800.57
7	2013	1,057.96	478.57	3,279.14
8	2014	1,057.96	427.29	3,706.43
9	2015	1,057.96	381.51	4,087.95
10	2016	1,057.96	340.64	4,428.58
11	2017	1,057.96	304.14	4,732.72
12	2018	1,057.96	271.55	5,004.27
13	2019	1,057.96	242.46	5,246.73
14	2020	1,057.96	216.48	5,463.21
15	2021	1,057.96	193.29	5,656.50
16	2022	1,057.96	172.58	5,829.07
17	2023	1,057.96	154.09	5,983.16
18	2024	1,057.96	137.58	6,120.74
19	2025	1,057.96	122.84	6,243.57
20	2026	1,057.96	109.68	6,353.25
21	2027	1,057.96	97.92	6,451.17
22	2028	1,057.96	87.43	6,538.61
23	2029	1,057.96	78.06	6,616.67
24	2030	1,057.96	69.70	6,686.37
25	2031	1,057.96	62.23	6,748.61

### 7.5.3 Relación Beneficio Costo

Es el cociente de la suma total de los beneficios actualizados entre la suma de los costos actualizados a una misma tasa de descuento  $i$ .

Si el cociente es mayor que la unidad significa que para la tasa de descuento  $i$ , los beneficios son mayores que los costos.

La regla señala que debe realizarse el proyecto solo si la relación B/C es mayor que la unidad.

$$B / C = \frac{\textit{Beneficios}}{\textit{Costos}} = 2.22$$

Nos indica que el proyecto debe realizarse.



### CONCLUSIONES

- Los equipos dentro de la sub - estación proyectada están protegidos galvanicamente esto nos da la ventaja de que el personal pueda caminar con toda libertad para los trabajos de supervisión y mantenimiento
  
- En los tableros de baja tensión la capacidad de los interruptores fue seleccionado de acuerdo a la potencia máxima que entrega los transformadores, los interruptores están protegidos únicamente con una llave de tal forma que permitan trabajar con toda seguridad al personal de mantenimiento.
  
- Se deben fijar adecuadamente los aisladores a las barras de la Sub – Estación de tal manera que dichos aisladores no estén sujetos a ningún esfuerzo.
  
- El sistema de puesta a tierra debe mantenerse aislado de tuberías de agua y otros servicios, esto permite que cualquier falla a tierra no se extienda hacia otras áreas.  
Además se recomienda realizar mediciones periódicas de la resistencia de puesta a tierra (cada 6 meses), y efectuar un registro permanente de los parámetros eléctricos de la sub - estación, así como la temperatura de operación de los diferentes equipos.
  
- Se debe hacer prueba al estado del cable (por continuidad y chequear si el revestimiento se encuentra dañada.)

- Es conveniente que en la carga, transporte y descarga del transformador, este se mantenga siempre su posición vertical, para evitar posibles filtraciones del aceite refrigerante y de esfuerzos internos de los bobinados
  
- Para la selección de los transformadores de potencia se ha considerado la potencia de máxima demanda de los diques flotantes ADF – 106 y ADF – 107 y los trabajos de mayor demanda en los tres dique flotantes (No se considera la potencia de máxima demanda del dique flotante ADF – 104, debido a que este cuenta con su propia alimentación de la Sub – Estación # 3.
  
- Se ha creído conveniente separar el lado de media y de baja tensión de tal manera que los tableros de distribución no se expongan a ser dañados en caso de una falla o avería en el lado de media tensión.
  
- El cable utilizado en el lado de alta tensión 10KV, es del tipo N2XSY: 1 (3 - 1 x 70 mm<sup>2</sup>) Unipolar, la cual soporta una corriente de 305 A, enterrados y tendidos paralelos con una separación no menor de 7cm.
  
- Las cajas de tomas de energía de 220Vac y 440Vac han sido posicionados de una manera estratégica, considerando los trabajos que se ejecutan en las embarcaciones en diqueo.
  
- De implementarse el proyecto se estaría ahorrando 42 días de tiempo muerto en comparación con el caso de no implementación del proyecto, lo cual equivaldría a una producción de 30 naves en demasía.
  
- Analizando los resultados la relación beneficio/costo es equivalente a 2.22, siendo además la TIR > 12%, la cual nos indica que el proyecto es viable y debe ejecutarse.

**BIBLIOGRAFIA**

- Corriente de Corto circuito en Redes Trifásicas  
Richard Roeper                      2da Edición
  
- Protección en Instalaciones Eléctricas  
Paulino Montane Sangra            2da Edición
  
- Código Nacional de Electricidad  
Ministerio de Energía y Minas    Tomo IV
  
- Maquinas Eléctricas TOMO 1, 2 y 3  
Juanov Smoleski                      Edi Mir Moscú
  
- Sistema de Puesta a Tierra  
Ing. Justo Yanque  
Curso Seminario **IX Coneimera**
  
- Diseño de Sub - Estación Eléctrica  
Ing. Jose Raul martin                Edi Mc Graw Hill

# Anexos