



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“AUDITORIA TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES ENFOCADAS EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”.**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**Especialización: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**Presentada por:**

**Lorna Irlanda Petao León**

**Ginger Maribel Giler Cedeño**

**David Eduardo Palma Moncada**

**Guayaquil – Ecuador**

**AÑO 2008**

# AGRADECIMIENTO

A Nuestro Padre Celestial, que con su aliento espiritual nos proporcionó la fuerza, tolerancia y salud necesaria para la realización de este trabajo dentro de los lineamientos fijados.

A nuestro Director de Tesis el Ingeniero Juan Gallo por su ayuda y colaboración para la culminación de este ideal. A nuestras familias quienes con su amor, apoyo, paciencia y comprensión nos ayudaron a que esta etapa de preparación académica tuviera el éxito esperado.

# DEDICATORIA

A Dios, quien con su protección divina nos ha permitido culminar una etapa más de nuestras vidas; a nuestras familias, por ser la raíz que nos permite cosechar y disfrutar estos frutos y a todos quienes aportaron de alguna manera para lograr este objetivo.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



**Ing. Holger Cevallos**  
**SUBDECANO DE LA FIEC**



**Ing. Juan Gallo**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**Ing. Hernán Gutiérrez**  
**MIEMBRO PRINCIPAL**



**Ing. Efrén Herrera M.**  
**MIEMBRO PRINCIPAL**

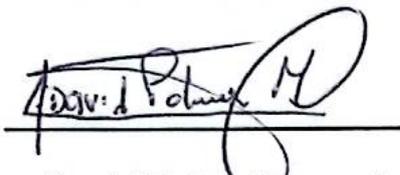
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE INGENIERÍA  
LIBERTEAD  
INV. No. ELECT-19-199-1

# DECLARACIÓN EXPRESA

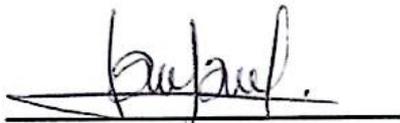
"La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"



**Lorna Petao León**



**David Palma Moncada**



**Ginger Giler Cedeño**

# RESUMEN

La Refinería la Libertad, opera desde hace aproximadamente 50 años atrás, por lo cual buena parte de sus instalaciones de generación eléctrica son antiguas (con tecnología de hace más de 40 años), con bajos rendimientos, condiciones operativas con varias dificultades, por lo cual las posibilidades de riesgos eléctricos en sus instalaciones son muy altas, no solamente por la antigüedad de sus instalaciones si no también, por el crecimiento tecnológico de normas nacionales e internacionales para prevención de riesgos eléctricos. Esta auditoria, es la oportunidad para corregir estos riesgos, antes de que tales cambios se hagan demasiado costosos o imposible de llevar a cabo.

Entre las zonas en que se divide la Refinería actualmente se encuentra la Casa de Bombas 3, parte central de nuestro estudio, instalaciones que se iniciaron hace mas de 3 años. El fin de realizar esta auditoria es asegurar a la Refinería La Libertad el buen estado de las instalaciones y equipos de casa de bombas 3 así como brindar seguridad a su personal que en ella labora.

Inicialmente detallaremos un marco teórico que nos servirá de guía para los diferentes temas que son de importancia y fuentes que deben ser tratadas en este tipo de instalaciones especiales. En general se expondrán temas que son base fundamental para el desarrollo de la tesis.

En el Capítulo 2 se hará un levantamiento fotográfico en las diferentes zonas de la Refinería dando mayor importancia a todos aquellos puntos que representan fuentes de peligros latentes.

En el capítulo 3 se desarrolla la implementación de métodos de análisis de riesgos. Con el fin de evaluar los riesgos que pudiesen existir en el área seleccionada se hará la auditoria en base a la aplicación del método de Hazop obteniendo una descripción y documentación completa para realizar un estudio desde el diseño y el funcionamiento actual de las instalaciones eléctricas, estableciendo **normas y métodos** de ejecución para la evaluación de riesgos.

En el capítulo 4 se realiza la valoración de los riesgos encontrados definiendo la prioridad en base a los resultados obtenidos y a la comparación con criterios de aceptación.

En el capítulo 5 aplicando las normas vigentes se hará un listado de las acciones correctivas a tomar con el fin de mitigar y disminuir los riesgos encontrados durante la valoración. Posteriormente se expondrán conclusiones y nuestras recomendaciones propuestas para este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII

### 1. MARCO TEÓRICO: CRITERIOS GENERALES DE LAS

#### INSTALACIONES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS EN REFINERÍAS....1

1.1 Clasificación de las áreas peligrosas para sistemas eléctricos.....	3
1.1.1 Conceptos y Definiciones.....	3
1.1.2 ¿Qué es un área peligrosa?.....	3
1.1.3 Condiciones para Ignición.....	3
1.1.4 Temperatura de Ignición.....	4
1.1.5 Límites de Explosividad.....	5

1.1.6 Áreas y Divisiones de la Refinería la Libertad (casa de bombas 3).....	8
1.1.6.1 Áreas Clase I .....	9
1.1.6.2 Área Clase I División 1 .....	9
1.1.6.3 Área Clase I División 2 .....	10
1.1.6.4 Límites de las áreas peligrosas.....	11
1.2 Tipos de instalaciones eléctricas.....	14
1.2.1 Distribución eléctrica .....	14
1.2.2 Distribución eléctrica subterránea.....	16
1.2.3 Cuartos de control eléctrico .....	17
1.3 Instalaciones eléctricas en atmósferas explosivas.....	18
1.3.1 Selección de equipos e instalaciones eléctricas.....	18
1.3.1.1 Instalaciones eléctricas en áreas Clase I .....	18
1.3.1.1.1 División 1 .....	19
1.3.1.1.2 División 2 .....	20
1.3.1.2 Marcado en el equipo eléctrico.....	21
1.3.2 Sellos.....	23
1.3.2.1 Sellado de tubería (conduit) en áreas Clase1, División 1.....	23
1.3.2.2 Sellado de tubería (conduit) en áreas Clase1, División 2.....	25
1.3.3 Drenados .....	26
1.4 Revisión de Estudios de la corriente de cortocircuito introducción.....	26

1.4.1 Los principales defectos de cortocircuito .....	30
1.4.2 Características de los cortocircuitos .....	30
1.4.3 Consecuencias de los cortocircuitos .....	33
1.5 Sistemas de puestas a Tierra y Pararrayos.....	35
1.5.1 Componentes principales del sistema de protección a tierra.....	36
1.5.2 Electrodo.....	37
1.5.2.1 Electrodo tipo varilla.....	37
1.5.3 Conductores .....	39
1.5.3.1 Conductores de cobre desnudos.....	39
1.5.3.2 Conductores de cobre aislados.....	39
1.5.3.3 Conductor de bajada.....	40
1.5.3.4 Apartarrayos .....	40
<b>2. ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS ELÉCTRICOS</b>	
<b>EN LA REFINERÍA “LA LIBERTAD”.....</b>	
2.1 Antecedentes.....	43
2.2 Descripción General Del Trabajo.....	46
2.2.1 Alcance.....	46
2.2.2 Levantamiento y análisis de información.....	47
2.3 Clasificación De Las Áreas De Estudio .....	47
2.3.1 Generación y subestaciones eléctricas.....	51

2.3.1.1 Planta de generación 50hz.....	51
2.3.1.2 Planta de generación 60hz .....	56
2.3.2 Planta de destilación de petróleo .....	58
2.3.2.1 Planta universal.....	58
2.3.2.2 Planta Parsons.....	60
2.3.3 Tanques de almacenamiento la libertad.....	62
2.3.4 Estación de bombeo de combustible.....	66
2.3.5 Estación de carga y de despacho.....	74
2.3.6 Planta de gas propano.....	77
2.3.7 Terminal de Recepción de crudo (muelle) .....	80
2.4 Selección del Área de Estudio.....	84
<b>3. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS DE LA REFINERÍA</b>	
<b>DE LA LIBERTAD APLICANDO EL MÉTODO DE HAZOP..... 86</b>	
3.1 Consideraciones de las causas y consecuencias de los riesgos eléctricos.....	87
3.1.1 Riesgos eléctricos .....	88
3.2 Clasificación de las zonas de análisis de acuerdo a las actividades de trabajo.....	89
3.2.1 Área de transformadores.....	90
3.2.2 Centro de Control de Motores.....	90

3.2.3 Áreas de bombas .....	91
3.2.4 Cuarto de baterías.....	92
3.3 Análisis preliminar de peligros (APP) .....	93
3.4 Listado de verificación de los peligros eléctricos (checklist).....	98
3.5 Estimación del riesgo.....	103
3.5.1 La gravedad del daño (GD).....	103
3.5.2 Probabilidad de ocurrencia.....	104
3.5.3 Frecuencia de presencia o exposición.....	105
3.5.4 Número de personas.....	106
3.6 Metodología del estudio del método de Hazop.....	107
3.6.1 Palabras primarias-variables de un proceso.....	108
3.6.2 Palabras secundarias.....	109
3.6.3 Guías para procedimientos.....	111
3.6.4 Guías auxiliares para procedimiento.....	112
3.6.5 Terminologías de Hazop.....	112
3.7 Guía de aplicación de Hazop .....	114
3.7.1 Listado de peligros encontrados en casa de bombas 3 aplicando el método de Hazop .....	116

<b>4. VALORACIÓN DEL GRADO DE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS ENCONTRADOS EN REFINERÍA “LA LIBERTAD” APLICANDO EL MÉTODO DE HAZOP.....</b>	<b>121</b>
4.1 Análisis de Aplicación del APP en las Instalaciones eléctricas.....	122
4.1.1 Área de motores.....	122
4.1.1.1 Caso 1.....	122
4.1.1.2 Caso 2.....	123
4.1.2 Iluminación del área de bombas.....	123
4.1.2.1 Caso 1.....	123
4.1.3 Protección contra descargas atmosféricas del área de bombas.....	124
4.1.4 Área de transformadores.....	124
4.1.5 Iluminación cuarto de control.....	125
4.1.5.1 Caso 1.....	125
4.1.5.2 Caso 2.....	125
4.1.6 Cuarto de baterías.....	126
4.1.6.1 Caso 1.....	126
4.1.6.2 Caso 2.....	126
4.1.6.3 Caso 3.....	127
4.1.6.4 Caso 4.....	127
4.1.6.5 Caso 5.....	128

4.1.6.6 Caso 6 .....	128
4.1.7 Otras causas de peligros en las instalaciones.....	129
4.1.7.1 caso 1 .....	129
4.1.7.2 caso 2 .....	130
4.1.7.3 caso 3 .....	130
4.1.7.4 caso 4.....	131
4.2 Análisis de aplicación del método de Hazop en las instalaciones eléctricas.....	131
4.2.1 Nodo 1(no tensión).....	132
4.2.2 Nodo 2(no tensión).....	132
4.2.3 Nodo 2(mas corriente)	132
4.2.4 Nodo 3(no tensión).....	133
4.2.5 Nodo 3(más corriente).....	133
4.2.6 Nodo 4(no tensión) .....	133
4.2.7 Nodo 4(más corriente) .....	134
4.2.8 Nodo 5(no tensión) .....	134
4.2.9 Nodo 5(mas tensión) .....	135
4.2.10 Nodo 6(no tensión) .....	135
4.2.11 Nodo 7(no tensión) .....	135
4.3 Clasificación de los rangos valorizados de riesgo en el APP.....	136

4.4 Clasificación de los rangos valorizados de riesgos aplicando Hazop.....	138
4.5 Comparación con criterios de aceptación.....	139
<b>5. MECANISMOS DE MINIMIZACIÓN DE RIESGOS ENCONTRADOS.....</b>	<b>140</b>
5.1 Análisis de los resultados obtenidos .....	141
5.2 Planificación y organización del análisis de los peligros .....	143
5.2.1 Área de motores .....	143
5.2.1.1 Caso 1 .....	143
5.2.2 Iluminación del área de bombas .....	144
5.2.2.1 Caso 1 .....	144
5.2.3 Protección contra descargas atmosféricas del área de bombas .....	144
5.2.4 Área de transformadores.....	145
5.2.5 Iluminación cuarto de control.....	145
5.2.5.1 Caso 1 .....	145
5.2.5.2 Caso 2 .....	146
5.2.6 Cuarto de baterías.....	146
5.2.6.1 Caso 1 .....	146
5.2.6.2 Caso 2 .....	146
5.2.6.3 Caso 3 .....	146
5.2.6.4 Caso 4 .....	146
5.2.6.5 Caso 5.....	147

5.2.6.6 Caso 6 .....	147
5.2.7 Otras causas de peligros en las instalaciones.....	148
5.2.7.1 Caso 1 .....	148
5.2.7.2 Caso 2 .....	148
5.2.7.3 Caso 3 .....	148
5.2.7.4 Caso 4.....	149
5.3 Correcciones de las desviaciones en una condición normal de procesos.....	149
5.3.1 Protección contra la formación de Arcos Eléctricos .....	149
5.3.2 Seguridad eléctrica para el personal entrenado y calificado.....	151
5.3.3 Protección contra sobrecorrientes según NFPA70E.....	153
5.4 Lista preliminar de las medidas a tomar obtenidas.....	154
5.4.1 No tensión nodo 1 .....	154
5.4.2 No tensión nodo 2 .....	154
5.4.3 Más corriente nodo 2 .....	155
5.4.4 No tensión nodo 3.....	155
5.4.5 Más corriente nodo 3.....	155
5.4.6 No tensión nodo 4.....	155
5.4.7 Más corriente nodo 4.....	156
5.4.8 No tensión nodo 5.....	156

5.4.9 Más tensión nodo 5 .....	156
5.4.10 No tensión nodo 6 .....	156
5.4.11 Más corriente nodo 6 .....	157
5.4.12 No tensión nodo 7 .....	157
5.5 Acciones requeridas de eliminación de riesgos .....	157
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>169</b>
CONCLUSIONES .....	169
RECOMENDACIONES .....	170
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO 1: LÍMITES DE LAS ÁREAS PELIGROSAS .....</b>	<b>174</b>
<b>ANEXO 2: DIAGRAMA UNIFILAR DE CASA DE BOMBAS 3 .....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXO 3: ESTUDIO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>179</b>
<b>ANEXO 4: LISTA DE CHEQUEOS .....</b>	<b>185</b>
<b>ANEXO 5: DIAGRAMA DE NODOS SIMPLIFICADO .....</b>	<b>190</b>

# ABREVIATURAS

ANSI	(AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE)
APP	(ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROS)
AISI	(AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE)
ASTM	(AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS)
DPS	(DISCHARGE PROTECTION SYSTEM)
EMEPE	(EMPRESA ELECTRICA DE LA PENINSULA)
ESE	(EARLY STREAMER EMITTERS)
GLP	(GAS LICUADO DE PETROLEO)
HAZOP	(HAZARD AND OPERABILITY)
IEC	(INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSIONS)
IEEE	(INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS)
LEL	(LIMITE DE EXPLOSIVIDAD INFERIOR)
MCC	(CENTRO CONTROL DE MOTORES)
NEC	(NATIONAL ELECTRIC CODE)
NFPA 70	(NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION 70)
NOM	(NORMA OFICIAL MEXICANA)
PEMEX	(PETROLEOS MEXICANOS)
RLL	(REFINERIA LA LIBERTAD)
PHA	(PROCESS HAZARDS ANALYSIS)
RES	(REQUISITOS ESENCIALES DE SEGURIDAD)
UL	(UNDERWRITERS LABORATORIES)
UPS	(UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY)
UEL	(LIMITE DE EXPLOSIVIDAD SUPERIOR)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Condiciones para ignición .....	4
Figura 1.2 Flash Point.....	5
Figura 1.3 Límites explosivos .....	7
Figura 1.4 Límites de las áreas peligrosas.....	13
Figura 1.5.a Estructuras para líneas aéreas, acometida de 50Hz.....	15
Figura 1.5.b Estructuras para líneas aéreas, acometida de 60Hz.....	15
Figura 1.6 Marcado del equipo eléctrico.....	21
Figura 1.7 Letras de código de Temperatura.....	22
Figura 1.8 Sellos y accesorios en tubería Conduit .....	25
Figura 1.9 Procedimiento para el calculo de la Icc .....	27
Figura 1.9a Características $I^2 t$ de un conductor en función de la temperatura ambiente.....	28
Figura 1.9 (b) Protección de un circuito interruptor automático.....	29
Figura 1.9 (c) Protección de un circuito por un fusible .....	29
Figura 1.10 (a) Cortocircuito trifásico simétrico .....	31
Figura 1.10 (b) Cortocircuito entre fases, aislado .....	32
Figura 1.10 (c) Cortocircuito entre fases, con puesta a tierra.....	32

Figura 1.10 (d) Cortocircuito fase-tierra .....	33
Figura 1.11 Sistema de puesta a tierra en una subestación.....	35
Figura 1.12 Especificaciones del electrodo tipo varilla .....	38
Figura 1.13 Conexión al sistema de tierras de apartarrayos protección en acometidas aéreas .....	41
Figura 2.1 Planta de Destilación “PARSONS” Y “UNIVERSAL” .....	48
Figura 2.2 Planta de Destilación Cautivo .....	49
Figura 2.3 Implementación general de la refinería.....	49
Figura 2.4 Soldadura defectuosa .....	51
Figura 2.5 No hay continuidad eléctrica.....	52
Figura 2.6 Conductores que conectan a tierra las pantallas de los cables aislados son demasiado delgados .....	53
Figura 2.7 Excelente conexión a tierra de la armadura del cable.....	53
Figura 2.8 Conductores que conectan a tierra las pantallas de los cables aislados son demasiado delgados .....	54
Figura 2.9 Barrajes de tierra conectados al chasis sin aisladores.....	54
Figura 2.10 Barras no están aisladas.....	55
Figura 2.11 Terminal demasiado grande para el calibre del conductor.....	56
Figura 2.12 Terminal demasiado grande para el calibre del conductor.....	56
Figura 2.13 Varillas de tierra se conectan a malla por medio de conectores no certificados.....	57
Figura 2.14 Terminal de calibre superior para el cable .....	58

Figura 2.15 Múltiples conexiones en un mismo punto.....	59
Figura 2.16 Circulación de corrientes por conductores a tierra.....	59
Figura 2.17 Barraje no montado sobre aisladores.....	61
Figura 2.18 Mantenimiento de conexiones.....	61
Figura 2.19 Conectores oxidados no garantizan un buen contacto.....	62
Figura 2.20 Conectores oxidados.....	62
Figura 2.21 No hay conector.....	63
Figura 2.22 Conector muy grande el cable se puede soltar.....	63
Figura 2.23 Las shunt deben estar todo el tiempo en contacto con el tanque.....	64
Figura 2.24 No hay puente de unión equipotencial.....	65
Figura 2.25 Conductor del neutro tomado del chasis.....	65
Figura 2.26 Vista exterior casa de bombas 3.....	66
Figura 2.27 Manguera de conexión no aprueba de explosión.....	67
Figura 2.28 No existen sellos a la entrada ni en la salida de la caja de conexiones.....	68
Figura 2.29 Conexión no apropiada para la bomba.....	69
Figura 2.30 Manguera con conector excelente.....	69
Figura 2.31 No hay puente de unión equipotencial en la bandeja.....	70
Figura 2.32 Pararrayos radioactivos.....	71
Figura 2.33 Conductor con calibre no adecuado.....	72
Figura 2.34 Conductor con calibre adecuado.....	72

Figura 2.35 No hay unión de neutro con tierra en el transformador.....	73
Figura 2.36 Conector adecuado.....	74
Figura 2.37 Múltiples conexiones a un mismo punto.....	74
Figura 2.38 Conexiones inapropiadas y en mal estado.....	75
Figura 2.39 Conexiones inapropiadas.....	75
Figura 2.40 Múltiples conexiones a un mismo punto.....	76
Figura 2.41 Cable sin terminal.....	76
Figura 2.42 Terminal muy grande para conductor.....	77
Figura 2.43 Electrodo no enterrado en su totalidad.....	77
Figura 2.44 Electrodo en estado de corrosión.....	78
Figura 2.45 No hay terminal en el conductor.....	78
Figura 2.46 Conductor no apropiado; sección transversal muy pequeña.....	79
Figura 2.47 Terminal muy grueso para conductor tan delgado.....	80
Figura 2.48 Función de los DPS.....	81
Figura 2.49 Análisis de sobretensión en el cable XLPE.....	81
Figura 2.50 DPS mal instalado.....	82
Figura 2.51 DPS mal instalado.....	82
Figura 2.52 No hay mantenimiento de conexiones.....	83
Figura 2.53 Puente con calibre no adecuado.....	84
Figura 3.1 Tipos de riesgos.....	89
Figura 3.2 Área de transformadores.....	90
Figura 3.3 Centro de control de motores.....	91

Figura 3.4 Área de bombas.....	91
Figura 3.5 Cuarto de baterías.....	92
Figura 3.6 Análisis preliminar de peligros.....	95-97
Formato 3.7 Lista de verificación genérica.....	99
Figura 3.8 Lista de verificación.....	100
Figura 3.8 a Lista de verificación cuarto de baterías.....	101
Figura 3.8 b Lista de verificación cuarto de control .....	102
Figura 3.9 Gravedad del riesgo.....	104
Figura 3.10 Probabilidad de ocurrencia.....	105
Figura 3.11 Frecuencia de ocurrencia de un evento .....	106
Figura 3.12 Número de personas expuestas.....	107
Figura 3.13 Variables de un proceso.....	109
Figura 3.14 Palabras secundarias/ Hazop.....	110
Figura 3.15 Guías de procedimientos.....	111
Figura 3.16 Guía Auxiliar de procedimiento.....	112
Figura 3.17 Terminología de Hazop.....	113
Figura 3.18 Guía de aplicación de Hazop .....	114
Figura 3.19 Formato de Hazop.....	115
Figura 3.20 Formato de riesgos utilizando Hazop.....	118-120
Figura 4.1 Evaluación de Riesgos /APP.....	136-137
Figura 4.2 Evaluación de Riesgos /Hazop.....	138
Figura 4.3 Comparación con criterios de aceptación.....	139

Figura 5.1 Análisis Preliminar de Peligros.....58-162

Figura 5.2 Método de Hazop.....163-168

# **CAPÍTULO 1**

## **1 MARCO TEÓRICO: CRITERIOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS EN REFINERÍAS**

### **Introducción.**

Con motivo del creciente uso de equipos eléctricos en lugares donde la atmósfera presenta signos de peligrosidad (debido a que el aire puede contener en suspensión elementos que produzcan mezclas inflamables o explosivas), se hizo necesario desarrollar elementos y técnicas que aseguraran su uso sin peligro de posibles accidentes en los lugares

mencionados ni daños en las instalaciones y determinar claramente los diferentes tipos de ambientes y clasificarlos según los elementos que componen su atmósfera.

Debemos establecer un compromiso que al diseñar y ejecutar instalaciones eléctricas en refinerías consideremos siempre que el factor humano va a estar presente, ya sea como operario de una máquina, instalador, operador de los controles eléctricos y como inspector auditor. Con estas consideraciones, se realiza este documento con las guías de cumplimiento y enfatizando que nuestro objetivo es dar seguridad a todos los vinculados con las instalaciones eléctricas en refinerías que desde ya, sabemos que son todos los seres humanos en una u otra forma y los equipos eléctricos.

### **Alcance.**

Establecer los requisitos para clasificar las áreas peligrosas debido a la presencia de concentraciones de gases o vapores explosivos o combustibles, para definir los espacios en donde estas concentraciones tienen posibilidades de explotar o inflamarse, a fin de comprobar si fueron seleccionados adecuadamente la instalación y el equipo eléctrico y electrónico en la Refinería, así como dar soporte a la identificación de riesgos para designar instrucciones de seguridad durante la planeación de los

trabajos de mantenimiento en las áreas peligrosas que se utilizan en sus instalaciones para extraer, procesar, transportar y almacenar sus productos.

## **1.1 Clasificación de las áreas peligrosas para sistemas eléctricos.**

### **1.1.1 Conceptos y definiciones.**

#### **1.1.2 ¿Qué es un área peligrosa?**

Se define como área peligrosa a todo lugar en cuya atmósfera hay o puede haber presencia de elementos combustibles (gases, vapores, líquidos o sólidos)

#### **1.1.3 Condiciones para ignición**

Del gráfico de la figura 1.1, podemos concluir que se requiere la presencia simultánea de 3 elementos para que haya ignición: aire (oxígeno), mezcla o sustancia combustible y una fuente de ignición. Si al menos uno de estos 3 elementos falta, no habrá ignición.



Figura 1.1 Condiciones para ignición

Fuente: ISA – The Instrumentation System and Automation Society,  
conferencia dictada en Perú el 30 de Enero del 2003

#### 1.1.4 Temperatura de ignición

Toda sustancia combustible tiene una temperatura límite a partir de la cual se puede producir una ignición. A esta temperatura límite se le llama “Flash Point” (ver figura 1.2). Esto quiere decir que para evitar un incendio o explosión, estas sustancias deben manipularse o almacenarse a temperaturas inferiores a la temperatura de Flash Point.

Además, cuando la concentración de vapores explosivos sobrepasa el nivel mínimo de explosividad (LEL), estaremos ante una inminente explosión.

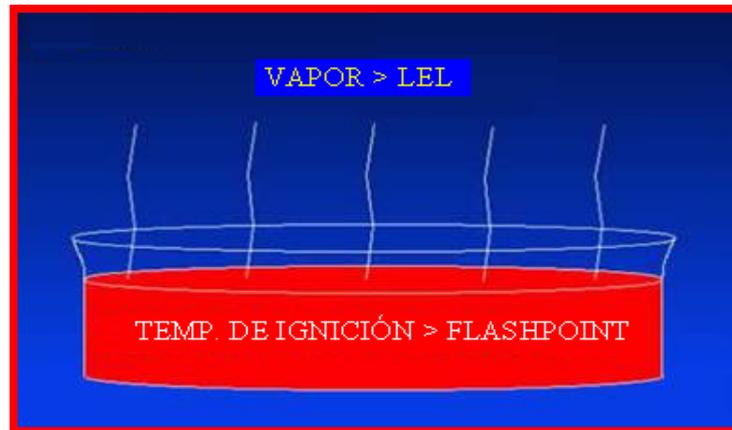


Figura 1.2 Flashpoint

Fuente: ISA – The Instrumentation System and Automation Society,  
conferencia dictada en Perú el 30 de Enero del 2003

### 1.1.5 Límites de explosividad.

La concentración de gases o vapores se mide en porcentaje de volumen (% Vol.), En el caso de los gases o vapores explosivos, la región de peligro (en la que habrá una gran probabilidad de explosión), está comprendida entre los límites inferior y superior de explosividad (LEL y UEL, respectivamente, que son las siglas en inglés).

Esto quiere decir que por debajo del LEL, hay poco volumen de gas comparado con el volumen de oxígeno. Por lo tanto, ante una ignición, no habrá explosión (la relación entre el volumen de gas explosivo y de oxígeno no es suficiente para una explosión).

Por encima del UEL, se tiene demasiado volumen de gas y poco oxígeno, así que tampoco hay una relación adecuada para que haya explosión, aunque se tuviera una fuente de ignición.

En la región entre LEL y UEL la relación entre la concentración de gas explosivo y oxígeno está en relación adecuada para que se produzca una explosión ante la presencia de una fuente de ignición.

Esto nos lleva a concluir que no se debe trabajar en zonas en donde haya concentraciones de gases explosivos (salvo que por razones de proceso se tenga una zona 0, que se define más adelante), ya que las condiciones pueden cambiar y se puede ingresar a la zona entre LEL y UEL.

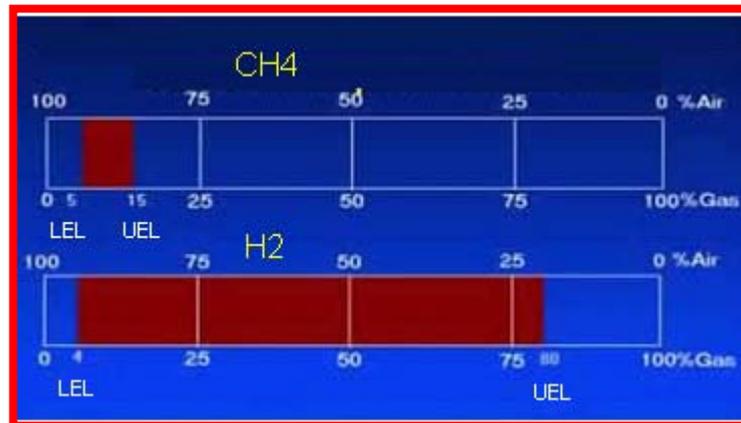


Figura 1.3 Límites Explosivos

Fuente: ISA – The Instrumentation System and Automation Society,  
conferencia dictada en Perú el 30 de Enero del 2003

En el gráfico de la figura 1.3 vemos que para el caso del Metano (CH4), que es el principal componente del gas natural, el LEL equivale al 5% del volumen total y el UEL equivale al 15% del volumen total.

Usualmente, los detectores de gases explosivos (llamados exposímetros) miden la concentración de gases entre 0 y 100% de LEL. Para el ejemplo del Metano, están midiendo entre 0 y 5% del volumen (pues el 100% de LEL equivale al 5% del volumen). Para efectos de seguridad, no interesa detectar por encima de LEL,

porque ya se sabe que es extremadamente peligroso estar en la región entre LEL y UEL.

Estando por encima de UEL también es peligroso, porque puede haber un repentino cambio de las condiciones y pasar a la zona peligrosa.

### **1.1.6 Áreas y divisiones de la Refinería la Libertad (casa de bombas 3).**

Dentro de Casa de Bombas 3 encontramos las siguientes áreas y divisiones:

Área clase 1 división 1

Área clase 1 división 2

Basadas en el artículo 500 del NEC 2002 de la NFPA 70

### **1.1.6.1 Áreas clase 1.**

Son áreas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables, artículo 501 del NEC 2002 de la NFPA 70

### **1.1.6.2 Área clase 1 división 1**

Es el área en la cual:

- a) Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
- b) Existen intermitentemente o periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de operación.
- c) Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases, vapores explosivos o inflamables debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- d) Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación

de concentraciones peligrosas de gases, vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

En casa de bombas 3 el área clasificada como clase 1 división 1 es el cuarto de baterías por los gases hidrógeno que se manejan en esta área.

#### **1.1.6.3 Área clase 1 división 2.**

En casa de bombas 3 el lugar a que pertenece a esta división es el área de bombas ya que es el lugar en donde se, procesa o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente procesados en tuberías o sistemas cerrados, pero los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de las tuberías o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.

Una adecuada ventilación de presión positiva impide normalmente la concentración de gases o vapores

inflamables, pero que pueden convertirse en peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.

#### **1.1.6.4 Límites de las áreas peligrosas.**

Para delimitar las áreas peligrosas se debe determinar las posibles fuentes de peligro, que resultan prácticamente imposibles de evitar en forma absoluta durante la operación del equipo o bien durante las reparaciones, mantenimiento o trabajos de limpieza, como son las fugas por sellos, empaques y uniones mecánicas; así como los sitios en que deliberadamente puede liberarse a la atmósfera productos inflamables, como en las llenaderas, venteos, purgas y válvulas de alivio.

Para delimitar las áreas peligrosas en casa de bombas 3 nos basaremos en el documento de áreas peligrosas **NRF-036-PEMEX-2003 artículo 8.1.9.2** de la norma de petróleos mexicanos (PEMEX), **para bombas**, el cual expresa:

Cuando las bombas o compresores de líquidos volátiles inflamables se encuentren instaladas dentro de locales libremente ventilados, se debe considerar:

- Que existe un área peligrosa de la División 2 en todo el interior del local, las paredes del local limitan el área peligrosa siempre que sean totalmente cerradas y no se comuniquen por ningún medio al exterior
- Sí existe comunicación al exterior, se considera una extensión de área de la División 2 que llega hasta una distancia horizontal de 3 m de la pared con comunicación al exterior y hasta la altura del techo. Un área de la División 2, que se extiende horizontalmente hasta 15 m de distancia del exterior de la bomba y hasta una altura de 60 cm. sobre el nivel del piso.
- En el exterior del techo del cobertizo existe un área de la División 2 que se extiende en el plano horizontal 1.5 m hacia los lados del venteo y en el plano vertical 1.5 m hacia arriba del venteo y hacia abajo hasta el nivel exterior del techo. Como se ilustra en la figura No. 1.4.

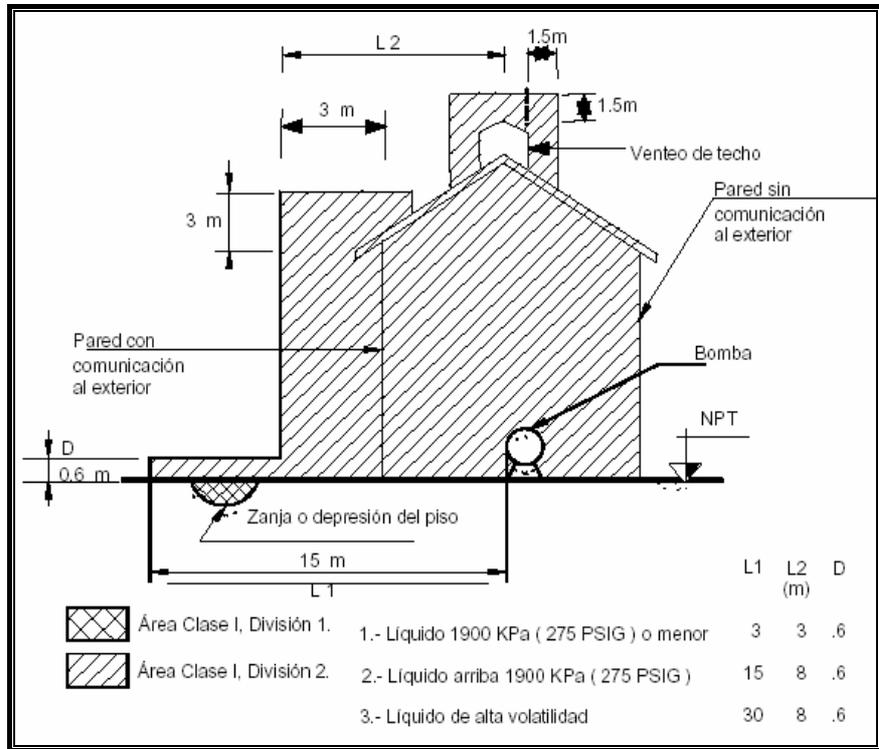


Figura 1.4 Límites de las áreas Peligrosas

Fuente: PEMEX

La delimitación de las áreas peligrosas en casa de bombas 3 en base a estas consideraciones las mostramos en el anexo 1.

## **1.2 Tipos de instalaciones eléctricas.**

### **1.2.1 Distribución eléctrica.**

En Casa de Bombas #3 existe la línea de 13.2 KV a 60Hz de la empresa eléctrica que alimentan a la celda de media tensión, la cual conecta al transformador T1 13.2KV/0.48kV 3Ø de 4MVA, el cual alimenta a la celda de baja tensión en el MCC de las bombas. Así mismo casa de bombas 3 cuenta con una subestación de respaldo de 11KV a 50Hz, en el caso de ocurrir una falla con la empresa eléctrica, el MCC continuará operativo.

En la figura 1.5a y 1.5b se muestran las acometidas de 50Hz y 60Hz.



Figura 1.5 a



Figura 1.5 b

Figura 1.5 a y b Acometidas de 50Hz y 60Hz

Fuente: Refinería la Libertad, CASA DE BOMBAS 3

Cabe destacar que el cable de las acometidas aéreas es 2/0 AWG, basado en la tabla 310.16 del NEC 2002 de la NFPA 70.

Para la acometida de los transformadores T1 y T2 en el lado de baja tensión, han sido utilizados por cada fase, el cable # 8 x 1000 MCM y 4 x 1000 MCM en el neutro, esto es, considerando una sobrecarga del 10% (4200A).

El MCC se han utilizado los siguientes conductores:

- Variadores de velocidad de 600Hp (840A)  
Cable # 2 x 1000 MCM/fase y 1 x 1000 MCM/neutro.
- Variadores de velocidad de 300Hp (420A)  
Cable # 2 x 250 MCM/fase y 1 x 250 MCM/neutro.

Los transformadores T3 y T4 en lado de baja tensión 480V-840A

- Cable # 2 x 1000 MCM/fase y 1 x 1000 MCM/neutro.

Los transformadores T3 y T4 en lado de alta tensión 4.16KV-107A

- 1 x 2 AWG/fase y 1 x 6 AWG/neutro.

El tipo de cable utilizado en estas instalaciones es un THHN, ya que como sabemos son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y usarse en zonas abrasivas o contaminadas con aceite, grasas, gasolinas, etc. tal como se especifica en la tabla 310.13 del NEC 2002 de la NFPA 70.

En cuanto a su tensión de servicio, para todas las aplicaciones es 600V.

En anexo 2 mostramos el diagrama unifilar de casa de bombas 3

### **1.2.2 Distribución eléctrica subterránea.**

La Distribución Eléctrica Subterránea en casa de bombas 3 es hecha por medio de tuberías conduit agrupadas en bancos de ductos, que van desde las acometidas hasta las celdas de media tensión convenientemente ubicados para facilitar la introducción de conductores eléctricos en cambios de dirección, así como en tramos rectos de mayor longitud.

### 1.2.3 Cuarto de control eléctrico.

El documento **NRF-048-PEMEX-2003 de diseño de instalaciones eléctricas en plantas industriales en el artículo 8.7.1, expresa:**

El cuarto de control eléctrico debe estar localizado lo más cerca posible de la carga eléctrica, en un área no peligrosa, orientada a favor de los vientos dominantes, la construcción del edificio debe ser resistente al fuego y debe tener un cuarto de conductores ó trinchera debajo del cuarto de control eléctrico, con charolas para los conductores que accedan a los tableros y centros de control de motores. El cuarto de control eléctrico debe tener dos entradas, una para equipos y otra para el personal. Las puertas se deben localizar en lados opuestos del cuarto y deben ser abatibles hacia afuera. Las entradas deben tener escalera de concreto. La puerta debe tener fijo en la parte exterior y en forma completamente visible la leyenda "PELIGRO ALTA TENSION ELÉCTRICA"

Basados en el artículo mencionado, hacemos las siguientes comparaciones:

- A la entrada del cuarto de control de casa de bombas 3 no se visualiza señalización eléctrica alguna.
- Existe una sola entrada al cuarto de control tipo corredizas y no abatibles hacia a fuera.
- Los conductores en el cuarto de control efectivamente están distribuidos por canaletas subterráneas.

### **1.3 Instalaciones eléctricas en atmósferas explosivas.**

#### **1.3.1 Selección de equipos e instalaciones eléctricas.**

Para el estudio de la selección de equipos e instalaciones eléctricas explosivas nos basaremos en el **artículo 501 y 505 del NEC 2002 de la NFPA 70.**

##### **1.3.1.1 Instalaciones eléctricas en áreas clase 1.**

Como medida de seguridad, deben evitarse, o al menos limitarse al mínimo, las instalaciones eléctricas en las áreas peligrosas clasificadas.

La localización de equipo eléctrico en áreas menos peligrosas o no peligrosas, reduce la cantidad de equipo especial

requerido en cada caso y proporciona mayor seguridad en la operación del equipo.

Cuando por ser indispensable, el equipo o las instalaciones eléctricas quedan localizadas dentro de las áreas peligrosas de la Clase I, División 1 ó 2, deben estar de acuerdo con lo que se especifica para cada uno de ellos en las normas.

#### **1.3.1.1.1 División 1.**

En las áreas de la División 1, el equipo y las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosión. Debe emplearse tubo (conduit) metálico tipo pesado, roscado, los receptáculos y clavijas de los aparatos o instrumentos deben contar con un medio para conectar el conductor de tierra del cable.

Las fuentes de ignición que provocan chispas, tales como interruptores, fusibles, contactos y relevadores de un control, deben instalarse en cajas a prueba de explosión.

Los aparatos eléctricos, que en condiciones normales de servicio, no provocan chispa o arcos

eléctricos, tales como terminales y caja de terminales, transformadores de control, equipo de medición, de señalización y control, construidos bajo el principio de aparatos intrínsecamente seguros, pueden instalarse en cajas de uso general.

Cabe mencionar que en casa de bombas 3 el cuarto de baterías el cual esta clasificado como división 1 no cumple con esta normativa, ya que los equipos eléctricos utilizados en esta área no son a prueba de explosión.

#### **1.3.1.1.2 División 2.**

En las áreas de la División 2, deben ser a prueba de explosión los receptáculos, clavijas, extensiones de alumbrado, y todo el equipo que posea contactos o dispositivos capaces de producir arco eléctrico o altas temperaturas.

En casa de bombas 3 en el área de bombas que esta clasificada como división 2 las mangueras de

conexiones eléctricas de las bombas, no son a prueba de explosión, lo cual mostramos en el análisis de riesgos del capítulo 2.

Cabe destacar que la instalación eléctrica que va desde el MCC a las bombas transportan conductores en charolas metálicas a través de ductos subterráneos.

### 1.3.1.2 Marcado en el equipo eléctrico.

Consideraciones tomadas del artículo 505-9(c) del NEC 2002

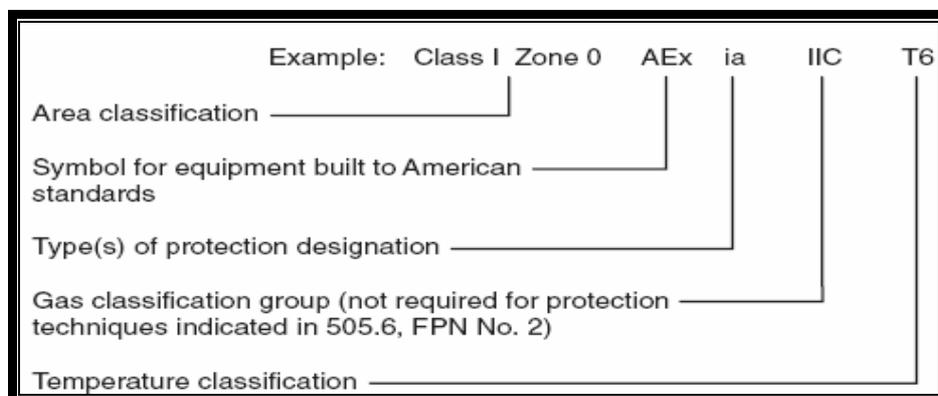


Figura 1.6 Marcado del equipo eléctrico

Fuente: NEC - 2002 artículo 505-9 (c) (2)

Ante el esquema de marcado de la figura 1.6 El equipo aprobado para usarse en lugares peligrosos, debe indicar la Clase, bajo que norma esta construido, técnica de protección, clasificación de gases, y temperatura máxima (o rango de temperatura) de operación para lo que ha sido aprobado.

Para esta indicación, pueden usarse los números de identificación que se presentan en la siguiente tabla.

<b>T A B L A No. 4 LETRAS DE CÓDIGO DE TEMPERATURA, PARA APARECER EN EQUIPO PARA USO EN LUGARES PELIGROSOS</b>			
<b>K</b>	<b>TEMPERATURA MAXIMA</b>		<b>LETRAS DE CODIGO</b>
	<b>(°C)</b>	<b>°F</b>	
723.15	450	842	T1
573.15	300	572	T2
553.15	280	536	T2A
533.15	260	500	T2B
503.15	230	446	T2C
488.15	215	419	T2D
473.15	200	392	T3
453.15	180	356	T3A
438.15	165	329	T3B
433.15	160	320	T3C
408.15	135	275	T4
393.15	120	248	T4A
373.15	100	212	T5
358.15	85	185	T6

Figura 1.7 Letras de código de Temperatura

Fuente: NEC - 2002 artículo 505-9(d)(1)

Se exceptúan de este requisito las partes de la instalación que no producen calor en operación normal como son tubos, cajas de conexiones y sus accesorios.

El equipo intrínsecamente seguro y el de seguridad aumentada y su alambrado, pueden instalarse en áreas peligrosas para lo que han sido aprobados y marcados, sin que cubran otros requisitos especiales que se fijan en este capítulo, para las instalaciones en los lugares citados.

### **1.3.2 Sellos.**

#### **1.3.2.1 Sellado de tubería (conduit) en áreas clase 1, división 1**

Deben colocarse sellos en el interior de los tubos, para evitar el paso de gases, vapores o llamas de una parte a otra de la instalación eléctrica, en los siguientes casos.

- Tubos que entren a cubiertas que contengan interruptores manuales o automáticos, fusibles, relevadores, resistencias y demás aparatos que puedan producir arcos, chispas o temperaturas elevadas. El sello debe colocarse lo más cerca posible de la cubierta, pero en ningún caso a más de 45 cm de ella. Entre la cubierta y el accesorio para

sellado sólo debe haber uniones, cajas o accesorios que sean a prueba de explosión, como se ilustra en la figura No. 1.8.

- Tubos de 51 mm o mayor de diámetro nominal, que entren a cubierta o a cajas de terminales, empalmes o derivaciones. Los sellos deben quedar a una distancia no mayor de 45 cm de la cubierta o caja.
- Tubos que salgan de un área Clase 1, División 1. El accesorio para sellado puede colocarse en cualquiera de los dos lados de la línea límite de dicha área, a no más de 3 m del límite, pero debe estar diseñado e instalado de manera que los gases o vapores que puedan entrar en el sistema de tubería dentro del lugar peligroso no pasen al tubo que está más allá del sello. No debe existir unión, accesorio o caja entre el acceso para sellado y la línea límite, según se puede apreciar en la figura No.1.8.

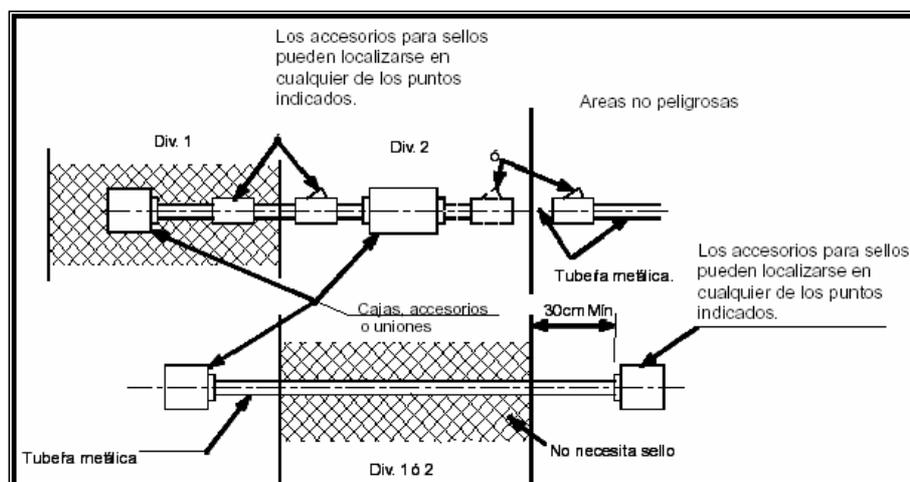


Figura 1.8 Sellos y accesorios en tubería conduit

Fuente: PEMEX 2003 Áreas peligrosas

### 1.3.2.2 Sellado de tubería (conduit) en área clase 1, división 2.

Debe colocarse el sellado en el interior de los tubos, en los siguientes casos:

- Tubos que entren a cubiertas que requieran ser a prueba de explosión. El sello debe colocarse lo más cerca de la cubierta, pero en ningún caso a más de 45 centímetros de ella. El tramo de tubo o acople, localizado entre el sello y la cubierta, debe cumplir con el inciso.

### **1.3.3 Drenados.**

**División 1 y 2.** Cuando existan más posibilidades de acumulación de líquidos o vapores condensados dentro de las cubiertas del equipo eléctrico o en algún punto de las canalizaciones deben proveerse drenajes adecuados para evitar dicha acumulación.

### **1.4 Revisión de estudios de la corriente de cortocircuito.**

Debido a que los efectos de un cortocircuito constituyen un peligro tanto para las personas como para las instalaciones, es necesario evaluar y conocer los valores de la intensidad de la corriente de cortocircuito por dos motivos fundamentales:

- Selección de los elementos de protección y maniobra de acuerdo a su capacidad de ruptura;
- Diseño de barras y soportes con relación a los esfuerzos dinámicos a que se verán sometidos en tales condiciones.

Estadísticamente la falla que se produce con más frecuencia es el cortocircuito unipolar a tierra. No obstante, es el cortocircuito tripolar en el que generalmente se establecen las corrientes de cortocircuito de mayor

intensidad en el punto defectuoso considerado. Por lo tanto este valor es decisivo a la hora de dimensionar las instalaciones.

El flujograma de la figura 1.9 indica el proceso lógico que hay que seguir para conocer las diferentes corrientes de cortocircuito y los parámetros que permiten realizar los cálculos para cada uno de los diferentes dispositivos de protección.

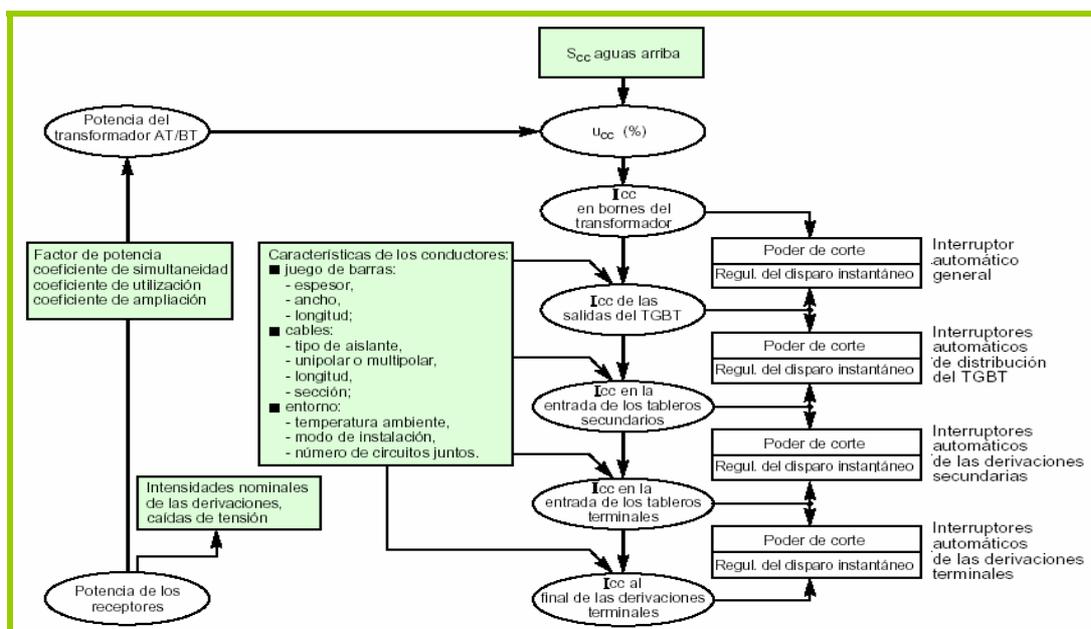


Figura 1.9 Procedimiento para el cálculo de la Icc

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

Para elegir y regular convenientemente las protecciones se utilizan las curvas de intensidad en función del tiempo (figuras 1.9 (a), 1.9 (b) y 1.9 (c)). Es necesario conocer dos valores de corriente de cortocircuito:

Figura 1.9(a) Características  $I^2t$  de un conductor en función de la temperatura ambiente 1,2 representan el valor eficaz de la corriente en el conductor,  $I_2$  es el límite de corriente admisible en régimen permanente

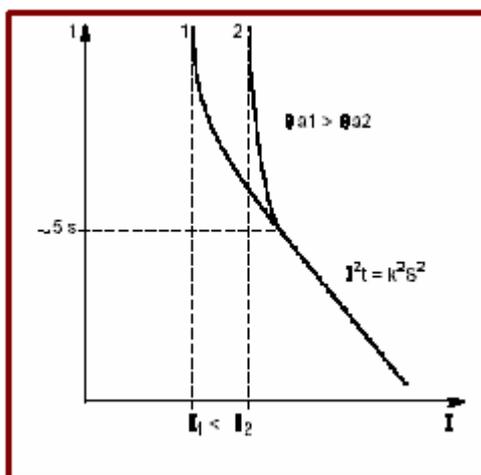


Figura1.9(a)

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

Figura 1.9 (b) protección de un circuito interruptor automático

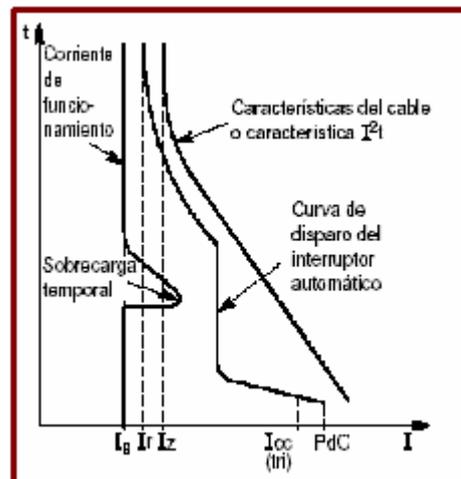


Figura 1.9 (b)

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

Figura 1.9 (c) protección de un circuito por un fusible.

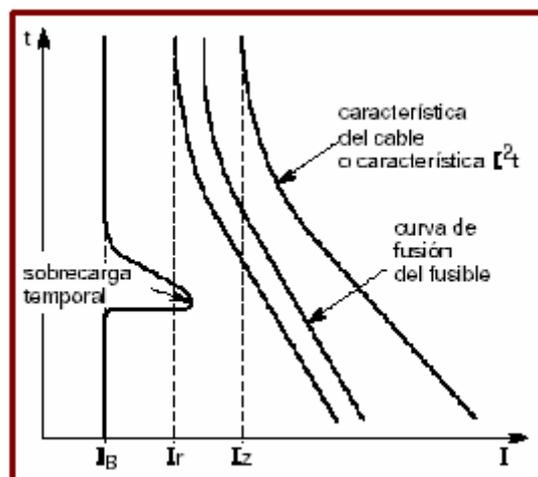


Figura 1.9(c)

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

### **1.4.1 Los principales defectos de cortocircuito.**

En las instalaciones eléctricas pueden producirse diferentes tipos de cortocircuitos.

### **1.4.2 Características de los cortocircuitos.**

Las principales características de los cortocircuitos son:

- Su duración: auto extinguido, transitorio, permanente,
- Su origen:
  - Originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales).
  - Debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico.
  - Causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.

- Su localización: dentro o fuera de una máquina o un tablero eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser:

- Monofásicos: 80% de los casos.
- Bifásicos: 15% de los casos. Los de este tipo, suelen degenerar en trifásicos.
- Trifásicos: de origen, sólo el 5% de los casos.

En la figura 1.10 se representan estos diferentes tipos de cortocircuitos.

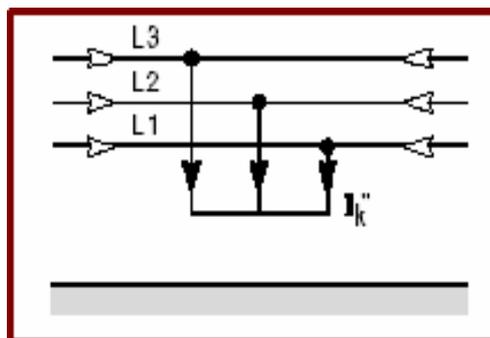


Figura 1.10(a) Cortocircuito trifásico simétrico

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

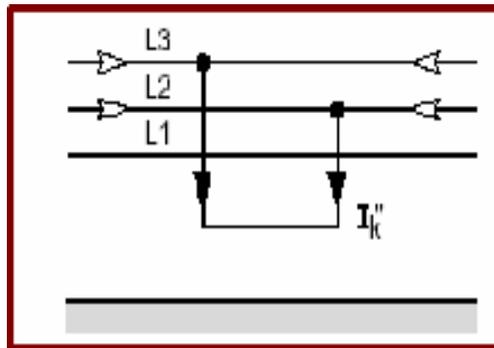


Figura 1.10(b) Cortocircuito entre fases, aislado

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

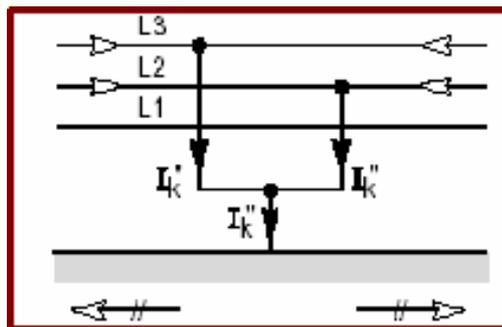
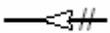


Figura 1.10(c) Cortocircuito entre fases, con puesta a tierra

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider



corriente de cortocircuito,



corrientes de cortocircuito parciales en los conductores de tierra

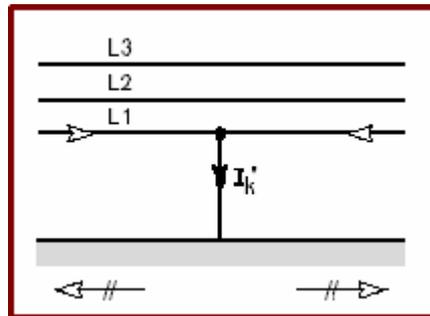


Figura 1.10(d) Cortocircuito fase-tierra

Fuente: Cuaderno técnico # 158 Schneider

Para los cálculos, estas diferentes corrientes ( $I_k''$ ) se distinguen por sus índices.

En las figuras que representan los diferentes cortocircuito vemos el sentido de las flechas indicando las corrientes es arbitrario (IEC 60909).

### 1.4.3 Consecuencias de los cortocircuitos.

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad:

- Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:
  - Degradar los aislantes.
  - Fundir los conductores.

- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.
- Según el circuito afectado, pueden presentarse:
  - Sobreesfuerzos electrodinámicos, con:
    - Deformación de los juegos de barras.
    - Arrancado o desprendimiento de los cables.
- En sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.
- Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o de redes próximas: bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos.
  - Desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones; inestabilidad dinámica y/o pérdida de sincronismo de las máquinas; perturbaciones en los circuitos de mando y control.

En el anexo 3 se muestra el análisis de la corriente de cortocircuito del área de estudio Casa de Bombas 3.

## 1.5 Sistemas de puestas a tierra y pararrayos.

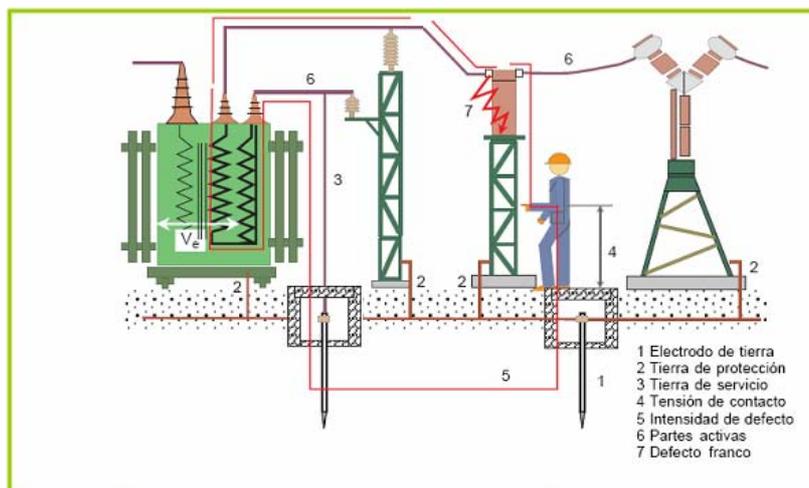


Figura 1.11 Sistema de puesta a tierra en una subestación

Fuente: Publicación técnica Schneider PT 009

Puesto que el sistema de tierra debe proporcionar un medio seguro para drenar las corrientes de falla a tierra, de rayo, estáticas y de retorno, es necesario que durante el diseño e instalación se seleccionen los materiales cuyas características garanticen este objetivo.

Los materiales y equipos seleccionados deben cumplir con las características técnicas descritas en las normas nacionales y/o internacionales que en el siguiente estudio se mencionan. Éstos deben poseer un certificado expedido por un organismo verificador.

La correcta conexión a tierra de todo el sistema eléctrico, es un factor de suma importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico en sí.

El propósito que se persigue con la existencia de los sistemas de tierra es:

- a. Protección para el personal operativo, autorizado o no autorizado.
- b. Protección a los equipos e instalaciones contra tensiones peligrosas.
- c. Evitar que durante la circulación de falla a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, proporcionando para esto, un circuito de muy baja impedancia para la circulación de estas corrientes.
- d. Apego a normas y reglamentos públicos en vigor.

### **1.5.1 Componentes principales del sistema de protección a tierra.**

Los principales componentes de un sistema de protección a tierra son:

Electrodos.

Conductores de tierra y de bajada (pararrayos).

Conectores a compresión.

Conectores mecánicos.

Moldes para soldaduras exotérmicas.

Material de ignición y fundente para soldaduras exotérmicas.

Compuestos químicos para el mejoramiento del terreno.

Terminal aérea.

Tubo de concreto.

Cada elemento del sistema de tierra debe cumplir con las siguientes características:

Resistencia a la corrosión.

Conductividad eléctrica.

Capacidad de corriente.

Resistencia mecánica.

Libre de compuestos tóxicos que dañen el medio ambiente.

## **1.5.2 Electroodos.**

**1.5.2.1 Electroodos tipo Varilla.** La varilla debe ser de acero inoxidable o de acero con recubrimiento de cobre. El espesor del recubrimiento de cobre debe ser como mínimo de 254mm (10 milésimas de pulgada), el diámetro mínimo de 16 mm y la longitud mínima de 2,4 m. Uno de los dos extremos de la varilla debe

terminar en punta. La vida promedio de los electrodos debe ser como mínimo de 30 años. El electrodo debe estar aprobado por la norma UL 467 o equivalente.

El acero debe ser estirado en frío y sus características de acuerdo al acero AISI 1018 o equivalente. El recubrimiento debe aplicarse mediante proceso electrolítico y cumplir con la norma ASTM B-152 o equivalente.

En la parte superior, las varillas deben tener grabado, de manera indeleble, el nombre o marca del fabricante, longitud, diámetro, y el logo del organismo verificador a 300 mm a partir del extremo redondo.

Las varillas deben tener una resistencia a la tensión dentro del rango, que indica la siguiente tabla.

Diámetro de la varilla Mm (in)	Elasticidad MPa	Elasticidad (psi)
16 (5/8)	551,6 - 689,5	80 000 -100 000
19 (3/4)		
25,4 (1)		

Figura 1.12 Especificaciones del electrodo tipo varilla.

Fuente: PEMEX

### **1.5.3 Conductores.**

#### **1.5.3.1 Conductores de Cobre Desnudos.**

En lo establecido Los conductores deben ser fabricados con conductores de cobre electrolítico, con un contenido mínimo de 99.9% de pureza. El cableado concéntrico, temple semiduro, clase B.

La fabricación y las pruebas del conductor deben cumplir con lo establecido en el NEC 2002 artículo 300 de la NFPA 70.

#### **1.5.3.2 Conductores de Cobre Aislados.**

El conductor debe ser de cobre electrolítico, trenzado, con aislamiento de PVC, tipo THHW LS, monopolar, para 600 V y temperatura de 363,15 K (90° C), color verde. Las características físicas de los conductores y aislamientos deben cumplir con lo especificado en la norma.

### **1.5.3.3 Conductor de Bajada.**

El conductor de bajada debe estar compuesto de conductores trenzados de cobre electrolítico, con un contenido mínimo de 99.9% de pureza. El conductor debe estar compuesto de 28 hilos como mínimo y un diámetro mínimo total de 9,60 mm.

### **1.5.3.4 Apartarrayos.**

Los conductores de las acometidas aéreas, en áreas peligrosas, deben protegerse con apartarrayos.

Estos deben conectarse a los conductores y al sistema de tierras tal como se observa en la figura 1.13.

Para Clase 1, División 1, los apartarrayos deben instalarse en envolventes aprobadas para Clase 1, División 1. Para Clase 1, División 2, los apartarrayos no deben provocar arcos.

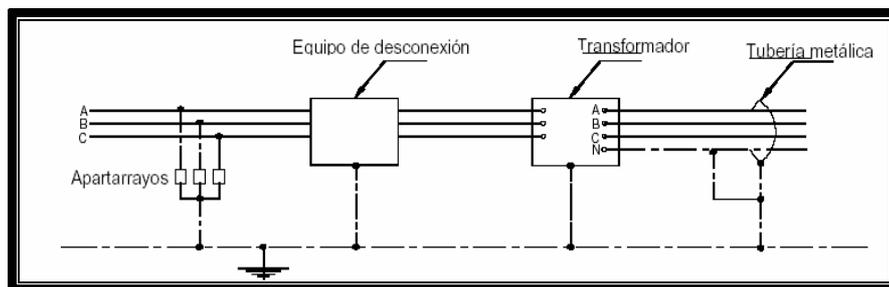


Figura 1.13 Protección en acometidas aéreas

Fuente: PEMEX

Los edificios, las torres de proceso, los tanques de almacenamiento y los sistemas eléctricos de alimentación de energía que se localicen en áreas peligrosas, deben protegerse contra descargas eléctricas atmosféricas por medio de pararrayos conectados a un sistema de tierras.

# **CAPÍTULO 2**

## **1 ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS ELÉCTRICOS EN LA REFINERÍA “LA LIBERTAD”**

### **Introducción**

La Refinería la Libertad, opera desde hace aproximadamente 50 años atrás, por lo cual buena parte de sus instalaciones de generación eléctrica son antiguas (con tecnología de hace más de 40 años), con bajos rendimientos, condiciones operativas con varias dificultades, entre las cuales se anotan la presencia de riesgos altamente peligrosos para las instalaciones y equipos eléctricos sin contar con los peligros que acarrear la pérdida de vidas humanas.

Considerando estos factores de riesgo hemos planteado la necesidad de realizar un estudio y análisis de los mismos, en vista de que no existe hasta el momento un informe de los posibles riesgos y peligros a los que están expuestos el personal de campo y demás instalaciones y equipos eléctricos.

## **2.1 Antecedentes**

La refinería La Libertad propiedad de Petroecuador, se encuentra ubicada aproximadamente a 120 Km. de la ciudad de Guayaquil en el municipio de La Libertad.

Cuenta con un área de más de 400 000 m<sup>2</sup>, distribuida en las siguientes Áreas para efectos del análisis de riesgo y recolección metódica de información dentro de este estudio:

- Generación y subestaciones eléctricas
- Planta de destilación de petróleo
- Tanques de almacenamiento La Libertad
- Estación de bombeo de combustible
- Estación de carga y despacho
- Planta de Gas Propano
- Terminal de recepción de crudo( muelle)

La refinería cuenta con una planta de generación de 750 MVA de 5 unidades a 50 Hz 11 kV y otra de 1,12 MW a 60 Hz 480 V y acometidas de 13,2 kV para la alimentación eléctrica.

Las señales de trabajo en la instalación son las siguientes:

- Señal de potencia:
- Corriente continua
- Corriente alterna de 60 Hz y 50 Hz a 11 kV, 4160 V, 3300 V 400/230 V y 240/120 V.
- Señales de instrumentación: De 4 a 20 mA.
- Señales de telecomunicación: Microondas 5,7 y 5,8 GHz.  
De datos a 100 Mbps y 10 Mbps.

La refinería actualmente tiene chimeneas en las siguientes áreas:

- Hornos Planta Cautivo
- Calderas Planta Cautivo
- Hornos Planta Universal
- Hornos Planta Parsons
- Calderas Plantas generación 50 Hz
- Turbinas Plantas generación 50 Hz

Tiene cinco pararrayos, los cuales se encuentran ubicados en:

- Planta Cautivo. En poste al lado de la casa de generación. (Radiactivo Am 241 0,5 mCi aproximadamente)
- Planta Cautivo. En Campo de entrenamiento contra incendios. (Punta Franklin)
- Casa Bombas 3. En poste del pórtico de la acometida de media tensión. (Radiactivo Am 241 0,5 mCi aproximadamente)
- Casa Bombas 3. En poste iluminación frente CCM. (Tipo ESE)
- Planta de generación 50 Hz. Poste de iluminación en esquina de la casa de generadores. (Tipo ESE) igualmente, cuenta con equipos electrónicos tales como:
  - Controladores lógicos programables.
  - Redes de control de procesos.
  - Redes de cómputo.
  - Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS).
  - Transmisores de flujo, presión, etc.
  - Reles de protección.
  - Equipos de telecomunicación

Para ello nos basaremos en la aplicación de métodos de análisis, en la utilización de checklist basados en normas de seguridad industrial

aprobadas para que las distintas áreas de la refinería en funcionamiento sean consideradas seguras y aptas para su operación.

## **2.2 Descripción general del trabajo.**

### **2.2.1 Alcance.**

En el presente trabajo se realizará un análisis de peligros y riesgos en cada una de las áreas de la refinería la libertad, tal análisis estará enfocado a lo que es **puesta a tierra**, ya que a simple vista la refinería la libertad muestra grandes falencias.

Como segunda parte de este estudio realizaremos un análisis general de peligros y riesgo en las instalaciones de **casa de bombas 3**, ya que será el área central de nuestra tesis.

Presentaremos un diagnostico del estado actual de las instalaciones y equipos eléctricos de las distintas áreas de la Refinería la Libertad, y en casa de bombas 3, área de estudio seleccionada dentro de la Refinería.

Para el efecto se recolectará la información en sitio trabajando en conjunto con los ingenieros de la unidad técnica de RLL.

Luego de la revisión y análisis de la información, emitiremos el respectivo informe con las recomendaciones para disminuir las fuentes de peligros y evitar los riesgos de accidentes y daños en los equipos y demás instalaciones eléctricas.

### **2.2.2 Levantamiento y Análisis de Información**

Se desarrollaron las siguientes actividades:

- Se analizó la información existente en los diagramas unifilares del sistema de distribución eléctrica de los diferentes sectores y unidades principales de la refinería.
- Se realizó un análisis previo y registro de las fuentes de peligros y riesgos existentes en las instalaciones eléctricas de algunos sectores de la refinería el cual se muestra en el levantamiento fotográfico, del subcapítulo 2.3
- Se realizó un análisis de peligros completo de la casa de bombas 3, parte central de nuestro estudio.

### **2.3 Clasificación de las Áreas de Estudio.**

La Refinería consta de tres unidades principales que son:

Unidad “La Libertad”, donde encontramos área de procesos, con sus plantas de destilación “Parsons” y “Universal”, área de oficinas, área de tanques de almacenamiento, área de generación eléctrica, planta de agua.



Figura2.1 Planta de Destilación “PARSONS” Y “UNIVERSAL”

**Unidad “Crucita”**, es el sector destinado solo a tanques de almacenamiento de productos tales como crudo, gasolina.

**Unidad “Cautivo”**, donde encontramos área de procesos con su planta de destilación “Cautivo”, el área de oficinas y el sector “Tanque Loma” de tanques de almacenamiento.



Figura 2.2 Planta de Destilación Cautivo

A continuación la implantación general de la refinera con sus tres unidades.

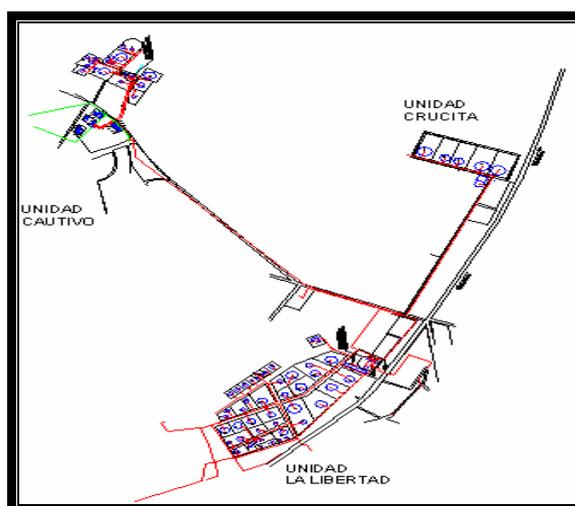


Figura 2.3 Implementación general de la refinera

Dependiendo de la importancia en la función que desempeñan dentro del proceso de industrialización, en la refinería "La Libertad" se tiene las siguientes áreas:

- Áreas de proceso.
- Áreas de servicio.
- Áreas externas.

**Áreas de proceso.**-Son aquellas en las que están incluidas solamente las unidades que procesan el petróleo para obtener derivados y las existentes son:

PARSONS TOPPING PLANT

UNIVERSAL TOPPING PLANT

CAUTIVO TOPPING PLANT

**Áreas de servicio.**- Son aquellas requeridas para la operación de las unidades de procesos, entre las cuales están:

Generación de vapor y agua de alimentación

Generación Eléctrica

Sistema de aire

Sistema de agua

Sistema de combustible

**Áreas Externas.**- Estas son:

Almacenamiento

Despacho

Estación de bombeo

Planta Octel

Muelle

Los productos que se obtienen son: GLP, gasolina base, kerosene, jet fuel, diesel, solventes, fuel oil y spray oil. La carga que procesa es un crudo de 28° API. NG PLANT.

### 2.3.1 Generación y Subestaciones Eléctricas

#### 2.3.1.1 Planta de Generación 50hz

En la central de generación de 50 Hz, se encontraron tubos de profundidad desconocida que se encuentran en avanzado estado de oxidación, los cuales son conectados a la malla de puesta a tierra construida para la nueva turbina de generación. Todas las conexiones de tierra deben ser hechas con soldadura exotérmica o con conectores certificados o aprobados por el sector eléctrico, en la figura 2.4 tenemos una soldadura totalmente defectuosa.

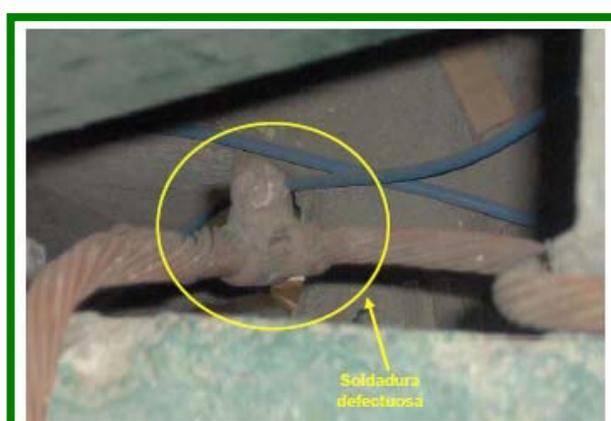


Figura 2.4 Soldadura defectuosa

Debe haber continuidad eléctrica en los sistemas de canalizaciones metálicas y sus accesorios. Cuando se instalen cajas metálicas o tubos unidos con tuercas y contratuercas debe asegurarse la continuidad, con puentes de unión, la figura 2.5 muestra, que no existe puente de unión equipotencial.



Figura 2.5 No hay continuidad eléctrica

El calibre de los conductores de tierra que acompañan los circuitos eléctricos deben cumplir con los calibres especificados en la tabla 250-122 del NEC – NFPA 70 2002. Tal como se muestra en la figura 2.7, pero la figura 2.6, y 2.8 muestran que esta norma no se cumple.



Figura 2.6 Conductores que conectan a tierra las pantallas de los cables aislados son demasiado delgados



Figura 2.7 Excelente conexión a tierra de la armadura del cable



Figura 2.8 las barras no están montadas sobre aisladores



Figura 2.9 Barrajes de tierra conectados al chasis sin aisladores

Los barrajes de tierra existentes, están directamente conectados al chasis sin aisladores y en varios casos se utiliza a la vez como barraje de neutro para las cargas monofásicas. No se cumple con el **Nec-2002 Artículo 250.30(A)(4)(2)**; como se muestra en la figura 2.9

En el tablero de 208/120 V de la nueva turbina en casa de generación de 50 Hz, la barra de tierras no está montada sobre aisladores y tampoco cumple

con las dimensiones según el **NEC–2002 Artículo 250.30(A)(4)(2)**; además se está compartiendo tanto para neutro como para tierra.

Las barras no están montadas sobre aisladores y tampoco cumple con las dimensiones según NEC – 2002 Artículo 250.30(A)(4)(2), como se muestra en las figuras 2.10, 2.11 y 2.12

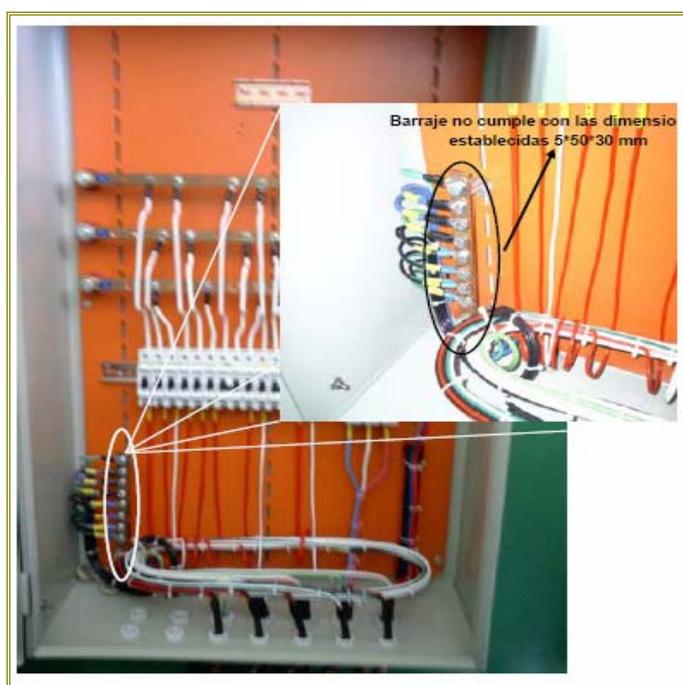


Figura 2.10 Barras no están aisladas



Figura 2.11 Terminal demasiado grande para el calibre del conductor



Figura 2.12 Terminal demasiado grande para el calibre del conductor

### 2.3.1.2 Planta de Generacion 60hz

En la casa de generadores de 60 Hz – 480 V, hay cajas de inspección que permiten apreciar la existencia de electrodos tipo varilla de acero con

recubrimiento de cobre; dichas varillas se conectan con una malla por medio de conectores mecánicos no certificados, incumpliendo con lo indicado en las normas **IEC 60364-5-54/542.3.3 e IEEE 837**, como se muestra en la figura 2.13.



Figura 2.13 Varillas de tierra se conectan a malla por medio de conectores no certificados.

## 2.3.2 Planta de Destilación de Petróleo.

### 2.3.2.1 Planta Universal.

La figura 2.14 muestra que el Terminal de conexión es superior al calibre del conductor.



Figura 2.14 Terminal de calibre superior para el cable.

En la figura 2.15 podemos observar que existen múltiples conexiones en un mismo punto.

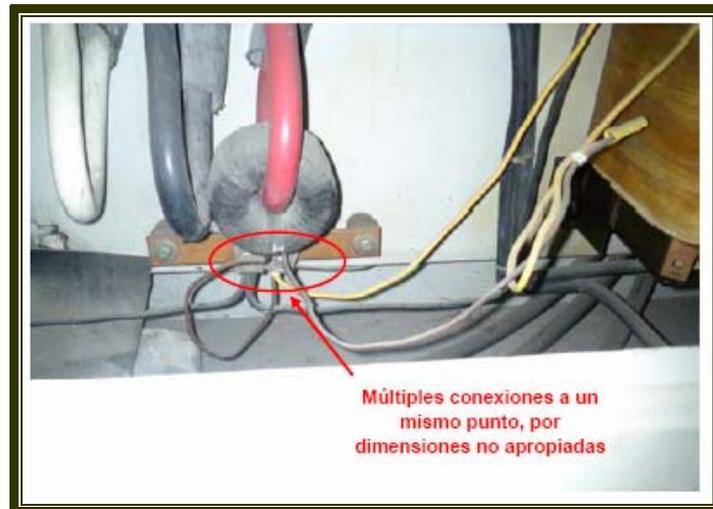


Figura 2.15 Múltiples conexiones en un mismo punto.

En la figura 2.16 encontramos que circula corriente por los conductores a tierra.



Figura 2.16 Circulación de corrientes por conductores a tierra

### 2.3.2.2 Planta Parsons.

Las corrientes en conductores del sistema de puesta a tierra, son producidas por la unión en más de un punto del neutro con tierra, la inversión del neutro con el conductor de tierra en el lado de la carga o la utilización de estructuras metálicas y conductores de tierra como neutro. En la Refinería, se encontraron corrientes con más de 30 A por los conductores de tierra, no cumpliendo así con el **artículo 250.6 (A) del NEC 2002 y la norma IEEE 1100/tabla 4.3.**

La figura 2.17 muestra que existe circulación de corrientes por conductores a tierra. Barraje no montado sobre aisladores, hay múltiples conexiones a un mismo punto



Figura 2.17 Barraje no montado sobre aisladores

Figuras 2.18 y 2.19 y 2.20 muestran que algunas conexiones necesitan mantenimiento.



Figura 2.18 Mantenimiento de conexiones

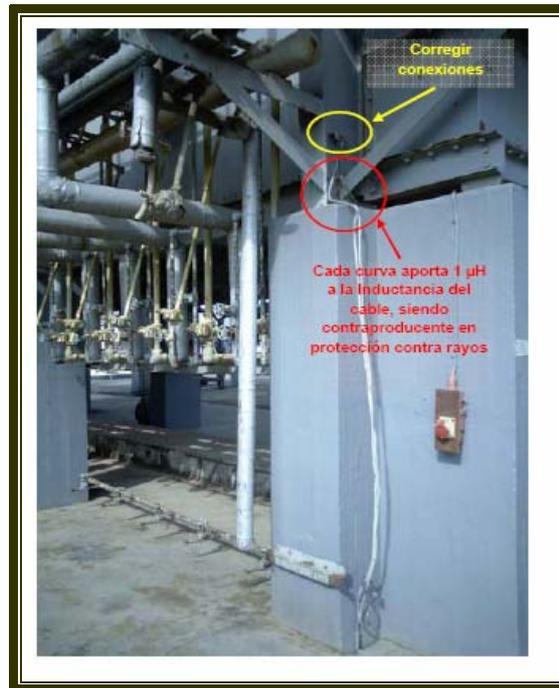


Figura 2.19 Conectores oxidados no garantizan un buen contacto



Figura 2.20 Conectores oxidados

### 2.3.3 Tanques de Almacenamiento La Libertad.

La figura 2.21y 2.22 muestran que tanto los conductores como los conectores no están en buen estado, y no son apropiados.



Figura 2.21 No hay conector.



Figura 2.22 Conector muy grande el cable se puede soltar

En la figura 2.23 vemos que las shunt no están en contacto con el tanque todo el tiempo.



Figura 2.23 Las shunt deben estar todo el tiempo en contacto con el tanque.

No hay puente de unión entre la escalerilla y la tapa del tanque y entre la plataforma y la escalerilla.



Figura 2.24 No hay puente de unión equipotencial

En la figura 2.25 vemos que el conductor de neutro es tomado del chasis

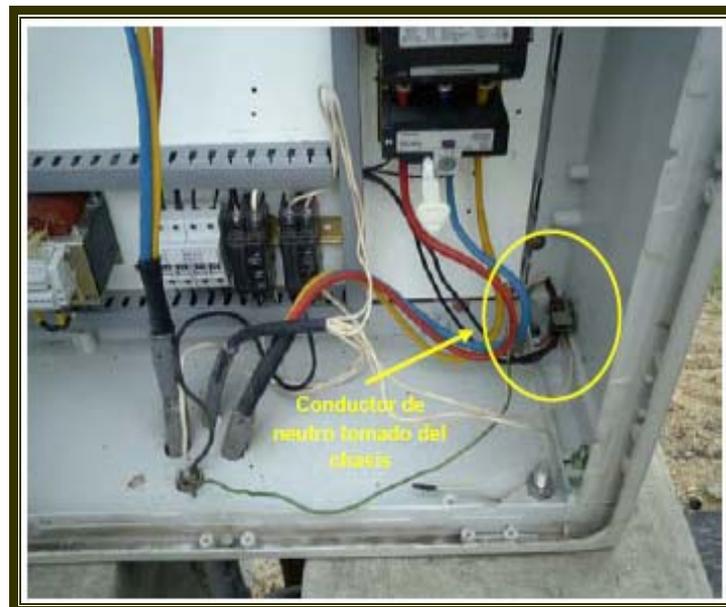


Figura 2.25 Conductor del neutro tomado del chasis

### 2.3.4 Estación de bombeo de combustible (casa de bombas 3).

En la Casa de Bombas 3, existe una gran malla en cable de cobre mayor al 2/0 AWG desnudo; sin embargo aunque en la medición de equipotencialidad da continuidad, el cable de guarda tanto del circuito de 13,2 kV como el de 11 KV que llegan a dicha casa de bombas, tienen puestas a tierra independientes de la subestación. No cumple con la **IEC 61000-5-2**.

La figura muestra una vista exterior de casa de bombas 3.



Figura 2.26 Vista exterior casa de bombas 3

La figura 2.27 muestra que la manguera de conexión no es a prueba de explosión.



Figura 2.27 Manguera de conexión  
no a prueba de explosión.

En la figura 2.28 podemos observar que no existen sellos a la entrada y tampoco en las salidas de la caja de conexiones para las luminarias.



Figura 2.28 No existen sellos a la entrada ni en la salida de la caja de conexiones.

En la figura 2.29 vemos que las conexiones eléctricas no son apropiadas para las bombas.



Figura 2.29 Conexión no apropiada para la bomba

En la figura 2.30 que se utiliza una manguera de conexión apropiada.



Figura 2.30 Manguera con conector excelente

La figura 2.31 podemos observar que no existe puente de unión equipotencial.



Figura 2.31 No hay puente de unión equipotencial en la bandeja.

En la refinería La Libertad existen dos pararrayos radiactivos instalados en planta Cautivo y casa de bombas 3, los cuales tienen aproximadamente 0,5 mCi de Am 241; estos terminales de captación son prohibidos en el mundo, y no están instalados correctamente, como se muestra en la figura 2.32



Figura 2.32 Pararrayos radioactivos.

De acuerdo con el **artículo 250.28 del NEC 2002**, los puentes equipotenciales de los tableros, se deben hacer en la misma dimensión del conductor de tierra del circuito que lo alimenta. En las instalaciones de la Refinería, los puentes equipotenciales de los tableros en general se hacen con cualquier conductor, tal como se muestra en la figura 2.33, sin tener en cuenta esta recomendación, convirtiendo en “*receta*” la utilización de conductores de calibre 10 ó 8 AWG cuando en muchas ocasiones se puede requerir hasta conductores del calibre 2 AWG.



Figura 2.33 Conductor con calibre no adecuado

La figura 2.34 muestra un conductor adecuado para el puente de unión equipotencial.



Figura 2.34 Conductor con calibre adecuado

La figura 2.35 muestra que no hay unión de neutro con tierra en el transformador.



Figura 2.35 No hay unión de neutro con tierra en el transformador.

La figura 2.36 muestra un excelente conector aunque no existe cable.



Figura 2.36 Conector adecuado

### 2.3.5 Estación de carga y de despacho.

La figura 2.37 se observa una reducción del calibre del conductor, se puede producir una alta impedancia en el circuito.



Figura 2.37 Múltiples conexiones a un mismo punto

Las figuras 2.38, 2.39 y 2.40 muestran que existen múltiples conexiones en un mismo punto, y los conductores no son apropiados.



Figura 2.38 Conexiones inapropiadas  
y en mal estado.



Figura 2.39 Conexiones inapropiadas



Figura 2.40 Múltiples conexiones  
a un mismo punto.

La figura 2.41 muestra que existen cables sin terminales y en la figura 2.42 podemos observar que el Terminal que se utiliza es muy grande para el conductor.



Figura 2.41 Cable sin terminal.



Figura 2.42 Terminal muy grande para conductor

### 2.3.6 Planta de gas propano.

Las figura 2.43 y 2.44 muestran que los electrodos de puesta a tierra no están enterrados en su totalidad, y además están en mal estado.



Figura 2.43 Electrodo no enterrado en su totalidad



Figura 2.44 Electrodo en estado de corrosión.

La figura 2.45 muestra que el conductor esta conectado sin Terminal, y esta ajustado con tuercas oxidadas.



Figura 2.45 No hay terminal en el conductor.

Las figuras 2.46 y 2.47 muestran nuevamente la utilización de conductores y terminales no apropiados.



Figura 2.46 Conductor no apropiado; sección transversal muy pequeña.



Figura 2.47 Terminal muy grueso para conductor tan delgado.

### 2.3.7 Terminal de Recepción de Crudo (Muelle).

En las figuras 2.50 y 2.51 podemos observar que los DPS instalados en los pórticos y subestaciones tipo poste de 13,2 kV de EMEPE, no se encuentran bien montados desde el punto de vista de protección contra transitorios de acuerdo con la **IEEE 142/2.2.7 e IEC 60364-5-53 / 534.2.4 y 534.2.9. (Ver figura 2.48)**. Esta situación puede llegar a presentar sobretensiones elevadas ante la presencia de una corriente de rayo que llegue por el circuito de alimentación **(Véase Figura 2.49)**.

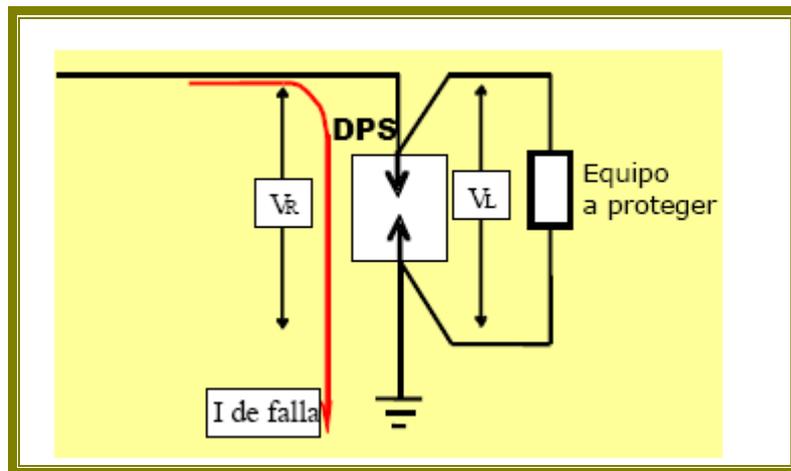


Figura 2.48 Función de los DPS.

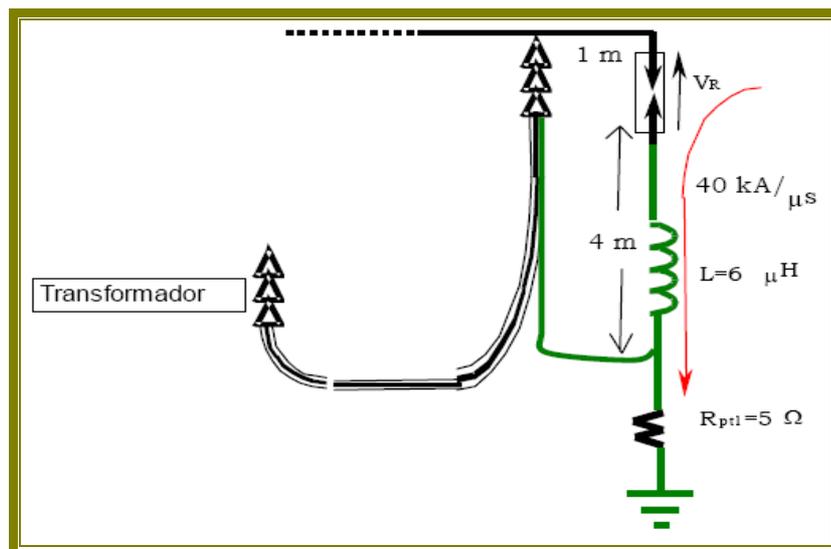


Figura 2.49 Análisis de sobretensión en el cable XLPE.

En baja tensión, solo se encontraron DPS en el circuito de la UPS del cuarto de control de la planta Cautivo y en el circuito de la UPS del cuarto de control de planta de generación a 50 Hz.



Figura 2.50 DPS mal instalado.



Figura 2.51 DPS mal instalado.

En la figura 2.52 se observa que las conexiones necesitan mantenimiento.



Figura 2.52 No hay mantenimiento de conexiones.

En la figura 2.53 se observa que el puente de unión equipotencial esta hecho con un conductor de calibre no adecuado.



Figura 2.53 Puente con calibre no adecuado.

#### 2.4 Selección del Área de Estudio.

Actualmente en la Refinería se han realizado estudios previos a todas las áreas de la Refinería por ser las más antiguas y como resultado de tales evaluaciones se decidió construir Casa de bombas 3, una estación de bombeo completamente nueva alimentada además por una turbina de 5.2 MW que suplía las 5 turbinas de más de 40 años que alimentan todo el sistema de la refinería. El problema es, que a pesar de ser una instalación reciente de hace aproximadamente 3 años, el sitio no cuenta con un estudio acerca del estado actual de sus instalaciones ni del riesgo que estas puedan estar representando para el personal que labora y equipos.

Debido a esto consideramos basarnos en esta área para la aplicación de los métodos de análisis de riesgos como el APP y el método de Hazop, con este fin se levantará la información necesaria acerca del estado actual de los equipos y demás instalaciones.

## **CAPÍTULO 3**

### **3 ANÁLISIS DE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD APLICANDO EL MÉTODO DE HAZOP.**

#### **Introducción.**

La mayoría de las industrias a escala mundial realizan análisis de riesgos y operabilidad periódicamente en sus instalaciones. Existen numerosos métodos que han sido desarrollados con diversos propósitos en mente. Unos son cualitativos y poco estructurados (Análisis Preliminar de Peligros) o limitados en su aplicación (Lista de Verificación o “Checklist” e Inspección de Seguridad).

En nuestro estudio nos limitaremos a emplear Operabilidad (Hazop), y además ayudándonos con un Análisis Preliminar de Peligros y Listas de Verificación. En procesos industriales modernos, el análisis de riesgos del sistema eléctrico y de todos y cada uno de sus componentes es decisivo para la seguridad del proceso y para la continuidad operacional.

### **3.1 Consideraciones de las causas y consecuencias de los riesgos eléctricos.**

Antes de estudiar los diversos tipos de riesgos presentes en casa de bombas 3 es necesario mencionar dos definiciones fundamentales:

**Peligro.-** Es una característica de un sistema, planta o proceso que representa un potencial de daños a seres humanos, propiedades, ambiente o una combinación de estos. Una planta donde se manejan sustancias inflamables representa un peligro, porque pudiese ocurrir una explosión.

**Riesgo.-** Es la probabilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversos. Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos adversos, siendo la consecuencia

del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento.

### **3.1.1 Riesgos Eléctricos.**

Dentro de las instalaciones eléctricas se pueden encontrar varios tipos de riesgos, los cuales pueden acarrear consecuencias graves o leves a las personas o equipos, entre los que anotamos los más comunes:

- Incendio
- Explosión
- Cortocircuito
- Descarga eléctrica
- Contacto directo
- Contacto indirecto
- Electrocuci3n

Además de los riesgos eléctricos es necesario analizar otros tipos de riesgos los cuales de una forma indirecta pueden conducir a la existencia de un riesgo eléctrico, entre los que se encuentran en casa de bombas 3 podemos mencionar:

RIESGOS FÍSICOS	RIESGOS QUÍMICOS
Temperatura	Polvos
Vibraciones	Vapores
Radiación	Líquidos
Ionizante y no ionizante	Disolventes

Figura 3.1 Tipos de riesgos.

### 3.2 Clasificación de las zonas de análisis de acuerdo a las actividades de trabajo.

En casa de bombas podemos clasificar 4 zonas de estudio principales:

- Área de transformadores
- Centro de control de motores ( MCC)
- Cuarto de baterías
- Áreas de bombas

### 3.2.1 Área de transformadores.

Casa de bombas 3 cuenta con cuatro transformadores dos de 4 MVA y dos transformadores elevadores de 450/630 KVA para las dos bombas de 600 HP.



Figura 3.2 Área de transformadores

### 3.2.2 Centro de control de motores.

Área donde se encuentran los diferentes tableros de control para monitorear el proceso de transferencia de combustible desde los buques hasta los tanques de Recepción. Los tableros de control se muestran en la figura 3.3



Figura 3.3 Centro de control de motores

### 3.2.3 Áreas de bombas.

Es el área donde se encuentran las cuatro bombas dos con motores de 300 HP y dos con motores de 600 HP.



Figura 3.4 Área de bombas

### 3.2.4 Cuarto de baterías.

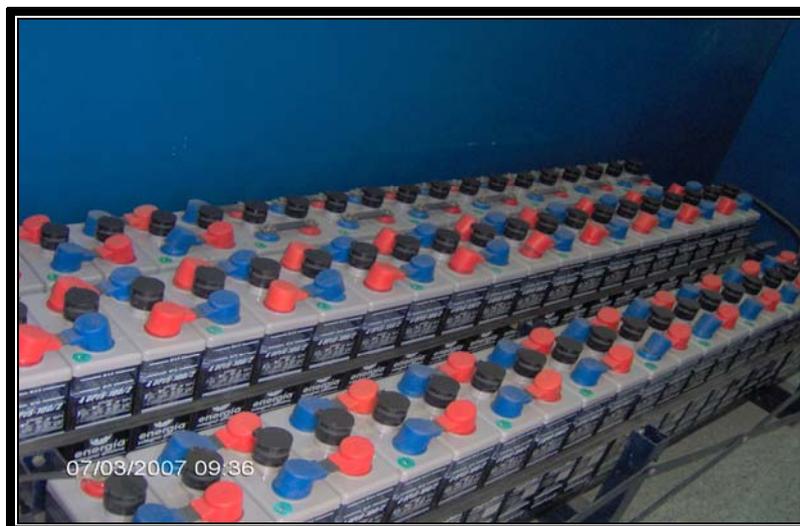


Figura 3.5 Cuarto de baterías

Los bancos de baterías que se muestran en la figura 3.5, son para trabajar en paralelo con los rectificadores y la carga. En caso de falla del suministro de corriente alterna o del cargador, la batería debe alimentar la carga de corriente continua requerida por la central, los sistemas de mando, protección, señalización y la iluminación de emergencia, hasta un período de 10 horas sin exceder el voltaje mínimo del límite establecido.

Datos característicos:

Tensión nominal 120V

Tensión nominal carga flotante 2.2V

Tensión final de descarga por celda 1.75V

Rendimiento en AH90%

Temperatura de régimen de -15°C a 43°C

Mínima corriente de carga en operación flotante 26mA /100AH

### **3.3 Análisis Preliminar de Peligros (APP).**

EL APP es un método que nos permite identificar peligros de una forma cualitativa, por lo que su mayor utilidad está en la etapa de Ingeniería Conceptual. Su uso nos permitirá detectar los peligros potenciales de origen interno y externo en la instalación de casa de bomba 3, y notificar a los diseñadores de las desviaciones encontradas en las etapas del diseño. Para poder cumplir con todos los requisitos establecidos por las normas nacionales e internacionales, hay que cuantificar el riesgo, por lo que es necesario complementar el APP.

El proceso se inicia con la identificación de un peligro, se describe la o las causas relacionadas y las consecuencias. Finalmente, se recomiendan las acciones preventivas o correctivas necesarias.

La aplicación de este método tiene las siguientes Ventajas:

- Identificación temprana de los riesgos.

- Desarrollo de guías y criterios a seguir en las etapas de diseño posteriores, que permitan eliminar o mitigar los peligros identificados.
- Requiere de poco esfuerzo por parte de los analistas.

También debemos mencionar las siguientes Desventajas

- Sus resultados son cualitativos y requieren de un proceso posterior para poder ser cuantificados.
- Es un método poco estructurado, comparado con otros métodos.
- Depende en gran medida de la experiencia de los participantes.

El APP lo mostramos en el siguiente formato:

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA
<b>Motores</b>		
Incendio y explosión, generado por un cortocircuito	Manguera de conexión no aprueba de explosión	Quemaduras
Corto circuito, generado por la corrosión del electroducto.	Instalación no apropiada para las bombas.	Quemaduras Paro de la bomba.
Descarga eléctrica debido a la corrosión del puente metálico.	No hay puente de unión equipotencial en las bandejas	Electrocución por contacto indirecto ya que se puede generar una corriente eléctrica de falla a tierra.
<b>Luminarias</b>		
Incendio y explosión, generado por un cortocircuito	No existen sellos a la entrada ni en la salida de la caja de conexiones para las luminarias.	Quemaduras Perdidas de equipos electronicos Pérdida de iluminación
<b>Pararrayos</b>		
Radiación ionizante	Pararrayos radioactivos	Pérdida de salud
<b>Trasnformadores</b>		
Cortocircuito y Explosión	No hay unión de neutro con tierra en el transformador	Electrocución, Quedar desenergizado todo el sistema. Pérdida de equipos.
<b>ILUMINACIÓN</b>		
<b>Cuarto de Control</b>		
Incendio y explosión, generado por un cortocircuito	Lámparas de Iluminación no son antiexplosivas.	Quemaduras Pérdida de iluminación

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA
Descarga eléctrica Incendio	Conductor en calibre no adecuado para el puente de unión equipotencial del tablero.	Quemaduras Pérdida de equipos eléctricos en el tablero
<b>Cuarto de Baterías</b>		
Concentración excesivas de gas hidrógeno liberado.	Ventilación no adecuada	Intoxicación, asfixia Quemaduras
Aumento de temperatura, Incendio	Extractor de aire no es a prueba de explosión, y no esta funcionando	Quemaduras Pérdida de equipos
Altos voltajes	Celdas conectadas en serie.	Choque eléctrico
Incendio de Baterías	Utilización de CO2	Daño en las jarras y tapas plásticas
Cortocircuito	Utilización de Herramientas no adecuadas.	Choque eléctrico y quemaduras
Incendio	Descuido del personal.	Quemaduras
Ser afectado por la acción corrosiva de ácido de las baterías	No utilizar el equipo de protección adecuado	Quemaduras
Contactos Directos	Defecto del aislamiento en el transformador de alta/baja tensión.	Electrocución
	Sobretensiones atmosféricas.	Choque eléctrico
	Envejecimiento del aislamiento de la carga o del aislamiento del cableado.	
	Partes en tensión que no cuentan con tensión suficiente	

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA
Contactos indirectos	Defecto del aislamiento en el transformador de alta/baja tensión.	Electrocución
	Sobretensiones atmosféricas.	Choque eléctrico
	Envejecimiento del aislamiento de la carga o del aislamiento del cableado.	
	Partes en tensión que no cuentan con tensión suficiente	
Incendio	Presencia de una Corriente de defecto a tierra persistente que provoca la falla del dispositivo de protección de sobretensiones	Quemaduras
Arco eléctrico	Cortocircuito fortuito provocado por: Desprendimiento de elementos conductores.	Fallos en dispositivos de maniobra o protección
	Deterioro de aislantes.	Quemaduras
	Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida. Actuaciones de animales Humedad Corrosión	

Figura 3,6 Análisis Preliminar de Peligros (final)

### **3.4 Listado de verificación de los peligros eléctricos (checklist).**

Las listas de verificación (checklist) es una técnica que usaremos como guía en la revisión de las condiciones de las instalaciones eléctricas, utilización de equipos de instrumentación, sistema de puesta a tierra, sistemas de iluminación y señalización y todo lo referente al diseño y construcción de la casa de bombas 3, con el propósito de evaluar el nivel mínimo aceptable de riesgo de las instalaciones, por lo cual hacemos uso de las normas nacionales e internacionales.

En el Anexo 4 se muestra una lista de verificación de propósito general, en donde se detallan todos los posibles peligros que pudiesen existir en el área de estudio basados en la experiencia y en la consideración de que existen posibles situaciones no necesariamente de origen eléctrico que resultan ser fuentes de peligros y nos pueden determinar graves accidentes. Tiene por objeto servir de verificación a nivel preliminar antes de iniciar la aplicación de otras técnicas de análisis de riesgos más complejas.

La aplicación de este método tiene las siguientes Ventajas:

- Sirve como preparación previa a la aplicación de técnicas de análisis de riesgos mas avanzadas.
- Puede ser empleadas por personal poco experimentado.

- Puede ser usada continuamente en un mismo sistema y ampliada de acuerdo a la experiencia que se acumule.

Además mencionamos las siguientes Desventajas:

- La preparación de listas de verificación para casos específicos resulta muy laboriosa.
- Solo incluye los aspectos relevantes de una instalación.
- No da flexibilidad para incorporar elementos variables.
- No permite cuantificar las consecuencias de los peligros detectados.

#### **Lista de Verificación Genérica**

<b>IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

Figura 3.7 Lista de verificación genérica.

Además en el anexo 4 detallamos la utilización de varios formatos basados en las Normas. Las cuales han sido extraídas de diversos documentos técnicos con el propósito de ayudar a determinar el

cumplimiento de las normas y prácticas de diseño que, por experiencia, se sabe que sirven para mitigar los peligros potenciales que pudiesen estar presentes en una instalación.

Estas listas no pretenden ser completas ni definitivas. En general, las listas fueron confeccionadas con la idea de destacar un resumen de los requisitos básicos más evidentes, pero los Códigos y Normas de referencia consultados contienen otros requerimientos adicionales que también deben ser seguidos.

### Listas de Verificación

Lista de chequeo de instalaciones eléctricas.	Cumple	No Cumple	No aplica	Normas aplicables

Figura 3.8 Lista de verificación.

A continuación presentamos dos de los formatos realizados para evaluar el riesgo en casa de bombas 3.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3**

**GRUPO DE TRABAJO:**  
LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Lista de Chequeo de Instalaciones Eléctricas		Cumple	No Cumple	No aplica	Normas aplicables
<b>Cuarto de Baterías</b>					
1	¿La sala de baterías dispone de suficiente ventilación para prevenir la acumulación de mezclas explosivas?		✓		NEC 2002 artículo 480 – 9(a) de la NFPA70
2	¿cada celda ventilada posee un dispositivo anti-deflagrante en el venteo. las celdas no ventiladas tendran un dispositivo de alivio de presion?		✓		NEC 2002 artículo 480 – 10(a) de la NFPA 70

Figura 3.8 a Lista de verificación cuarto de baterías

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3**

**GRUPO DETRABAJO:**  
LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Lista de Chequeo de Instalaciones Eléctricas		Cumple	No Cumple	No aplica	Normas aplicables
<b>Tableros eléctricos casa de control</b>					
1	Los puentes equipotenciales de los tableros, están hechos en la misma dimensión del conductor de tierra del circuito que lo alimenta?		✓		NEC – 2002 artículo 250.28 de la NFPA 70
2	El calibre de los conductores de tierra que acompañan los circuitos eléctricos cumplen con los calibres especificados?	✓			NEC -2002 tabla 250 – 122 de la NFPA 70
3	Las barras en los tableros de fuerza y control están montadas sobre aisladores y cumplen con las dimensiones correctas?	✓			NEC – 2002 Artículo 250.30(a)(4)(2) de la NFPA 70
4	¿Existen lámparas a prueba de explosión?		✓		NEC – 2002 Artículo 501.9(b) de la NFPA 70

Figura 3.8 b Lista de verificación cuarto de control

### 3.5 Estimación del riesgo.

Para valoración de las causas y los eventos asociados a cada peligro identificado, hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{GR = GD \times PO \times FE \times NP}$$

Donde:

GR = Grado de riesgo

GD = Gravedad del daño

PO = Probabilidad de ocurrencia

FE = Frecuencia de presencia o exposición

NP = Numero de personas en riesgo.

Por lo tanto, conocidos y cuantificadas cada uno de los parámetros de la ecuación arriba mencionada, es posible estimar el grado de riesgo.

#### 3.5.1 La Gravedad del daño (GD).

En este se tomará en cuenta lo siguiente:

Muerte de varias personas, accidentes que puedan ser graves, accidentes que ocasionan perdida de tiempo y accidente leves.

Especificando con un valor numérico la gravedad del daño en la figura 3.9

<b>La Gravedad del Riesgo (daño y/o pérdida)</b>	
<b>Definición</b>	<b>Categoría</b>
Varias muertes	10
Una sola muerte	8
Accidentes graves	6
Accidentes por pérdidas de tiempo	4
Accidentes leves	2

Figura 3.9 Gravedad del riesgo

### **3.5.2 Probabilidad de ocurrencia (PO).**

En la probabilidad de ocurrencia es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Frecuencia de las acciones y su duración
- En que lugar, sea en altura (andamios, escaleras), dentro de un espacio confinado (tanque), o aislado (sin supervisión).
- Las distracciones, el ruido, las alarmas (sirenas).

- Falta de visibilidad (iluminación)
- Sobre almacenamiento
- Dependientes de los elementos de control, de protección.

Especificaciones con valor numérico de la probabilidad de ocurrencia.

<b>La Probabilidad de Ocurrencia</b>	
<b>Definición</b>	<b>Categoría</b>
Fija e inminente	10
Altamente probable	8
Probable	6
Puede ocurrir	4
Improbable	2
Altamente improbable	1

Figura 3.10 Probabilidad de ocurrencia

### 3.5.3 Frecuencia de presencia o exposición (FE).

Especifiquemos con un valor de puntaje a la clasificación de la frecuencia a la exposición (presencia en el lugar) en la figura 3.11:

Frecuencia	Puntaje
Constante	5
A cada hora	4
Una vez al día	2,5
Una vez a la semana	1,5
Al mes	1
Al año	0,2
Infrecuente	0,1

Figura 3.11 Frecuencia de ocurrencia de un evento.

#### 3.5.4 Numero de Personas.

Especifiquemos con un valor de puntaje a la clasificación por el número de personas presentes:

<b>Nº de Personas</b>	<b>Puntaje</b>
Mayor de 50 Personas	12
De 16 a 50 Personas	8
De 8 a 15 Personas	4
De 3 a 7 Personas	2
De 1 a 2 Personas	1

Figura 3.12 Número de personas expuestas

### **3.6 Metodología del estudio del método de Hazop.**

El procedimiento de hazop (del inglés Hazard and Operability) involucra tener una descripción y documentación completa de la instalación de la casa de bombas 3 y sistemáticamente cuestionar cada parte, para identificar que no existan posibilidades de riesgo. Una vez que estos se han identificados, haremos una evaluación para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación de la planta.

Si se considera necesario estableceremos acciones para remediar la situación.

La mayoría de las empresas, admiten el hecho de que para realizar un estudio para una planta, el personal de diseño, actúa bajo presión, para cumplir con los tiempos de entrega. Esta presión generalmente resulta en errores y omisiones.

Un estudio de Hazop, es una oportunidad para corregir estos, antes de que tales cambios se hagan demasiado caros o imposibles de llevar a cabo.

Un elemento esencial en este proceso de análisis sistemático es el uso de palabras claves las cuales usaremos para centrarnos en las desviaciones y sus posibles causas. Estas palabras guías se dividen en dos clases:

Palabras primarias

Palabras secundarias

### **3.6.1 Palabras primarias-variables de un proceso**

Reflejan tanto el propósito como aspectos operacionales de la planta bajo estudio, son consideradas las magnitudes físicas de notificación de un proceso o sistema eléctrico tales como:

<b>Variables de un sistema eléctrico</b>	<b>Variables de un proceso</b>
Tensión	Presión
Corriente	Temperatura
Tiempo	Nivel
Frecuencia	Caudal o Flujo
Potencia	Velocidad
Voltaje	Tiempo

Figura 3.13 Variables de un proceso

### **3.6.2 Palabras secundarias**

Son aquellas que cuando se combinan con las primarias, sugieren desviaciones o problemas potenciales, un listado estándar de las palabras utilizadas se menciona a continuación:

<b>Palabra Guía</b>	<b>Significado</b>
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Mas	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico al intento
Otro que	Sustitución completa

Figura 3.14 Palabras secundarias/ Hazop

### 3.6.3 Guías para Procedimientos

No	No realiza el paso u operación. Un paso u operación importante en el proceso se omite
Mas	Se hace más que lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. se abre una válvula completamente cuando se requiere solo abrir parcialmente)
Menos	Se hace menos de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. purgar un depósito por 5 minutos en lugar de 10 minutos)
Además de	Se hace más de lo especificado en un sentido cualitativo. (ej. se abren las válvulas para varios tanques cuando solo se requiere para una)
Parte de	Se realiza un parte de un paso en un sentido cualitativo (Ej. se cierra solo una válvula cuando el procedimiento dice que se cierren todo el grupo y se abra la válvula de sangrado)
Reversa	Se hace lo opuesto a lo especificado. (ej. se abre una válvula cuando el procedimiento dice que se debe de cerrar)
Otro que	Se hace algo diferente a lo requerido (Ej. se abra la válvula equivocada)

Figura 3.15 Guías de procedimientos

### 3.6.4 Guías auxiliares para procedimiento

¿Cómo?	¿Cómo se logrará este paso? ¿Se proporcionan las facilidades requeridas al operador para realizar el paso como está especificado?
¿Por qué?	¿Hay una razón lógica para este paso? ¿Es el paso u operación realmente necesario? ¿Se requiere algo adicional?
¿Cuándo?	¿Es el tiempo importante en los pasos u operaciones?
¿Dónde?	¿Es importante dónde se efectuará el paso u operación?
¿Quién?	¿Es claramente obvio o está definido quién realizará cada parte del procedimiento?
Verificación	¿Cómo se puede verificar que el paso se haya realizado apropiadamente? ¿Es necesario que un supervisor revise nuevamente la operación?
Orden	Es importante y correcto el orden de los pasos realizados

Figura 3.16 Guía Auxiliar de procedimiento

### 3.6.5 Terminologías de Hazop

Los resultados del estudio de Hazop se registran en un formato de tabla o matriz con los siguientes encabezados principales.

<b>Desviación</b>	En una instalación eléctrica se puede producir una falla con la (NO) tensión del suministro
<b>Causa</b>	La presencia de una falla de aislamiento, un cortocircuito, una sobrecarga, operaciones fallidas del arranque de un equipo
<b>Consecuencia</b>	Si no existe una oportuna desconexión de un circuito, por un dispositivo de protección o que este no este debidamente calibrado, se ocasiona una elevación de temperatura con la consecuente generación de fuego
<b>Salvaguarda</b>	La presencia de varios operativos de control operativo de protección y de respaldos adicionales, impediría que un peligro produzca un accidente. (La coordinación de elementos de protección es importante)
<b>Acción</b>	Con la discusión del peligro encontrado y analizado el requerimiento necesario faltante, o el real ajuste del elemento de protección existente, y una decisión oportuna se mitigaría o evitaría cualquier daño.

Figura 3.17 Terminología de Hazop

### 3.7 Guía de aplicación de Hazop.

Para tener una guía de aplicación del método de Hazop mostramos el diagrama de la figura 3.18.

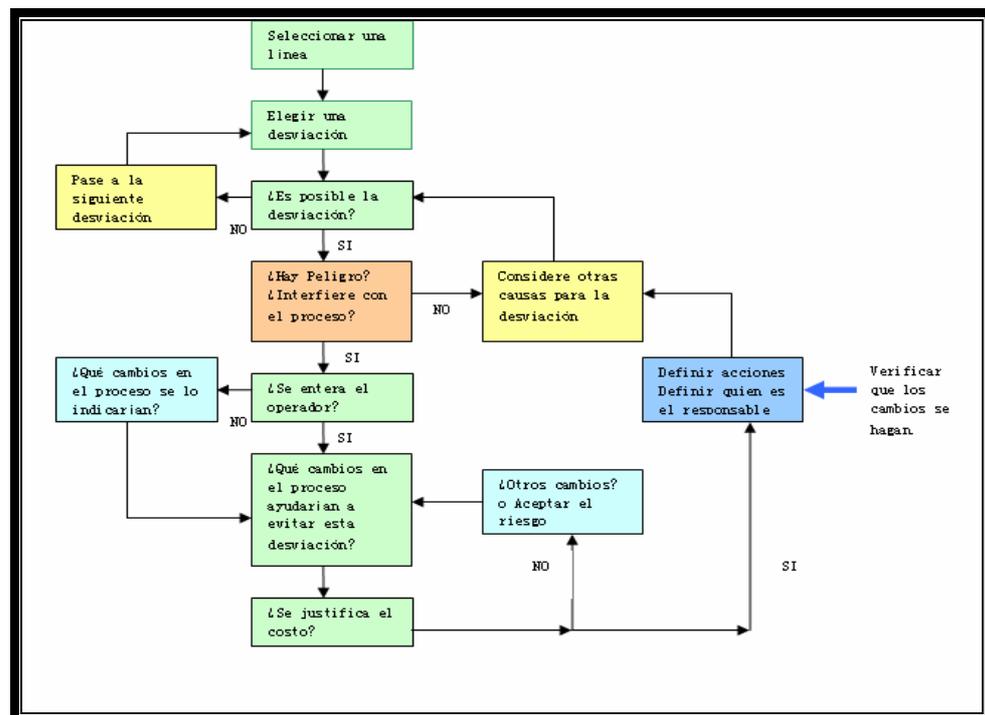


Figura 3.18 Guía de aplicación de Hazop

En la aplicación del método de Hazop utilizaremos el siguiente formato

**REFINERÍA LA LIBERTAD**  
**CASA DE BOMBAS 3**  
**INFORME TÉCNICO**  
**ANÁLISIS DE PELIGROS UTILIZANDO HAZOP**  
**GRUPO DE TRABAJO:**  
LORNA PETAO LEO **FECHA:**  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA **REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
----------	------------	-------	--------------	-------------	--------

Figura 3.19 Formato de Hazop

No podemos pasar a la siguiente fase de este trabajo sin mencionar las ventajas en la aplicación de este método:

- Estimula la creatividad para la identificación de peligros.
- Integra grupos multidisciplinarios y aumenta por tanto la experticia utilizada en el análisis.
- Es un método sistemático que reduce la posibilidad de omisiones o aspectos no considerados.

Este método también presenta una desventaja, que es la siguiente:

Los resultados son cualitativos, ya que no cuantifica la frecuencia de ocurrencia del evento ni el impacto económico de las consecuencias.

### **3.7.1 Listado de peligros encontrados en casa de bombas 3**

#### **Aplicando el Método de Hazop.**

Iniciamos este análisis con el estudio detallado de las instalaciones eléctricas de la casa de bombas, herramienta principal para este desarrollo es el diagrama unifilar, Es Importante tener conocimiento de los equipos de protección utilizados: Disyuntores, relees. Así también de los equipos requeridos para cumplimiento de los procesos, se obtienen las características a través de los manuales de cada uno de ellos como son los variadores, motores, bombas, celdas de media y baja tensión.

Seguidamente en las sesiones de trabajo definiremos los nodos y procedemos con el estudio de las posibles desviaciones que se originarían en cada uno de ellos al aplicar las palabras guías: No tensión, Mas Corriente, Mas Frecuencia, etc.

Cada sesión comprende un brainstorming o tormenta de ideas, de tal manera que encontremos la mayor cantidad de desviaciones o fallas. Para cada riesgo identificado se determina su probabilidad de ocurrencia y se realizan recomendaciones para mitigar o eliminar dichas situaciones peligrosas.

En la figura 3.20 mostramos el estudio de Hazop aplicado al diagrama unificar de casa de bombas 3.

El diagrama de nodos simplificado lo presentamos en el anexo 5.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 1	Falla de generador de 4 MW. Interruptor de protección abierto. Desconexión por Sobrecorriente. Error humano. Eventos externos	Cortocircuito, el cual puede producir incendio y explosion. Arco eléctrico, por utilizar herramientas no aisladas.
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 2	Falla del interruptor de protección de sobrecorriente de la celda de media tensión. Error Humano Eventos externos.	Cortocircuito,el cual puede producir incendio,por las chispas que genera.
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 2	Falla en los dispositivos de protección por niveles de sobrecorriente (50/51). Error Humano. Eventos externos	Electrocución. Arco eléctrico Perforación de aislamiento endispositivos de protección. Daños en equipos de medición. Sobrecarga.
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 3	Falla del transformador T2. Disparo del transformador por sobrepresión, o por sobré temperatura disparado por el rele buchholz . Error humano. Eventos externos	Cortocircuito, el cual puede producir incendio y quemaduras, por la sobrettemperatura. Daño en los equipos de medición.
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 3	Falla en los dispositivos de sobrecorriente (50/51) los cuales pueden causar: un cortocircuito, o una sobrecarga. Error humano Eventos externos	Electrocución por contactos directos o indirectos. Arco eléctrico
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN	Falla del interruptor de	No funcionamiento del variador

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia
	NODO 4	sobrecorriente. Error humano. Eventos externos.	de frecuencia. Cortocircuito, el cual puede producir incendio y quemaduras
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 4	Falla en los dispositivos de sobrecorriente (50/51) los cuales pueden causar: un cortocircuito, o una sobrecarga. Rotor trabado del motor. Error humano. Eventos externos	Electrocución. Arco eléctrico. Daño del variador de frecuencia.
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 5	Motor tiene sobrecarga y lo protege el variador. Posible cortocircuito en el motor. Posible sobre carga en el motor. Error humano. Eventos externos	-Arco eléctrico. Aumento de temperaturas
<b>TENSIÓN</b>	MÁS TENSIÓN NODO 5	Exceso de tensión por parte de la fuente principal que en este caso es el generador de 4 MW. Error humano. Eventos externos	Aumento de la temperatura. Deterioro del aislamiento. Daño en los equipos de medición.
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 6	Falla del interruptor de sobrecorriente. Error humano. Eventos externos	No funcionamiento del variador de frecuencia. Cortocircuito y aumentos de temperatura.
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 6	Falla en los dispositivos de sobrecorriente (50/51) los cuales pueden causar: un cortocircuito, o una sobrecarga. Error humano. Eventos externos	Electrocución. Arco eléctrico. Daño del variador de frecuencia.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

<b>Variable</b>	<b>Desviación</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 7	Motor con sobrecarga. Rotor trabado. Transformador con nivel de rigidez dieléctrica bajo. Seccionador abierto. Error humano. Eventos externos	Daño del motor. Falla en el variador. Cortocircuito. Aumento de temperaturas

Figura 3.20 Formato de riesgos utilizando Hazop(final)

## **CAPÍTULO 4**

### **4 VALORACIÓN DEL GRADO DE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS ENCONTRADOS EN REFINERÍA “LA LIBERTAD” APLICANDO EL MÉTODO DE HAZOP**

#### **Introducción.**

Toda operación productiva tiene riesgos, y si bien éstos no pueden ser eliminados completamente, hay técnicas que permiten identificarlos, acotarlos y minimizarlos.

Las metodologías de análisis de riesgos, conocidas generalmente como PHA (Process Hazards Analysis), se están convirtiendo rápidamente en un

estándar de la industria a nivel mundial. Algunas metodologías para identificar riesgos ya han sido reconocidas en capítulos anteriores.

En este capítulo una vez identificado y analizado los peligros de las instalaciones eléctricas de la casa de bombas 3, en base a los procedimientos ya mencionados continuaremos a valorizar los riesgos utilizando rangos con valores numéricos, con el fin de evaluar si un riesgo es alto, donde las medidas correctivas a tomar son casi inmediatas. Si el riesgo es medio, existe un tiempo tolerable en el cual se deberán definir las acciones correctivas a seguir. Por consiguiente si el riesgo es bajo en manos del grupo evaluador quedará el definir si vamos a despreciar o no el mismo.

#### **4.1 Análisis de aplicación del APP en las instalaciones eléctricas.**

##### **4.1.1 Área de motores**

###### **4.1.1.1 Caso 1** (Manguera de conexión no es a prueba de explosión).

Gravedad del daño=2; De producirse una explosión en el área, causaría un accidente como fracturas permanente y quemaduras.

Probabilidad de ocurrencia=8; El peligro es altamente probable ya que el área de trabajo es un área inminentemente peligrosa.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario

GR=40

#### **4.1.1.2 Caso 2 (Instalación no apropiada para las bombas)**

Gravedad del daño=2; en caso de producirse quemaduras o accidentes leves

Probabilidad de ocurrencia=6; Es probable la ocurrencia de este peligro.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario.

GR=30

### **4.1.2 Iluminación del área de bombas**

**4.1.2.1 Caso 1** (No hay puente de unión equipotencial en las bandejas).

Gravedad del daño=2; Accidentes leves, fibrilación y quemaduras varias.

Probabilidad de ocurrencia=4; Puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario.

GR=20.

#### **4.1.3 Protección contra descargas atmosféricas del área de**

##### **Bombas.**

Gravedad del daño= 2; La presencia de radiación causaría enfermedades permanentes leves pero con el tiempo pueden llegar a ser fatales.

Probabilidad de ocurrencia=8; Es altamente probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario

GR=40

#### **4.1.4 Área de transformadores** (no hay unión de neutro con tierra en el transformador).

Gravedad del daño=6; Accidentes graves producidos por electrocución.

Probabilidad de ocurrencia=8; altamente probable.

Frecuencia de exposición=2.5; una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR=120.

#### **4.1.5 Iluminación Cuarto de Control.**

##### **4.1.5.1 Caso 1** (Lámparas de Iluminación no son antiexplosivas).

Gravedad del daño=2; Accidentes leves producidos por pérdida de iluminación.

Probabilidad de ocurrencia=8; Altamente probable.

Frecuencia de exposición=5; Constante

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 80.

##### **4.1.5.2 Caso 2**(conductor en calibre no adecuado para el puente de unión equipotencial del tablero).

Gravedad del daño=6; Accidentes graves debido a pérdidas equipos eléctricos en el tablero.

Probabilidad de ocurrencia=6; probable.

Frecuencia de exposición=5; Constante

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 180

#### **4.1.6 Cuarto de baterías.**

##### **4.1.6.1 Caso 1 (Ventilación no adecuada).**

Gravedad del daño=6; Accidentes graves producidos por la concentración excesiva de gas hidrógeno liberado lo cual puede producir intoxicación y asfixia.

Probabilidad de ocurrencia=6; Probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 90.

##### **4.1.6.2 Caso 2 (Extractor de aire no es a prueba de explosión).**

Gravedad del daño=6; Accidentes graves debido al recalentamiento del equipo, puede ocasionar incendio y explosiones.

Probabilidad de ocurrencia=6; Es altamente probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 90.

#### **4.1.6.3 Caso 3 (Alto Voltaje).**

Gravedad del daño=2; Accidentes leves; debido a la conexión en serie de las baterías, se producen altos voltajes, lo cual puede ocasionar un cortocircuito.

Probabilidad de ocurrencia=6; Es probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 30.

#### **4.1.6.4 Caso 4 (Incendio de baterías).**

Gravedad del daño=2; Accidentes leves, daños en las baterías.

Probabilidad de ocurrencia=8; Altamente probable debido a la utilización del CO<sub>2</sub>.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 40

#### **4.1.6.5 Caso 5 (Utilización de Herramientas no adecuadas).**

Gravedad del daño=6; Dependiendo de los voltajes que se manejan en el área e independientemente de las baterías el utilizar herramientas no apropiadas puede causar severos daños tanto a las personas como en las instalaciones.

Probabilidad de ocurrencia=8; Altamente probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operarios

GR= 120

#### **4.1.6.6 Caso 6 (No utilizar el equipo de protección adecuado).**

Gravedad del daño=6; Puede producir accidentes graves en las personas, desde quemaduras hasta desmembraciones.

Probabilidad de ocurrencia=8; Altamente probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 120

#### **4.1.7 Otras causas de peligros en las instalaciones.**

##### **4.1.7.1 Caso 1** (Defecto del aislamiento en el transformador de alta/baja tensión).

Sobretensiones atmosféricas.

Envejecimiento del aislamiento de la carga o del aislamiento del cableado.

Partes en tensión que no cuentan con tensión suficiente

Gravedad del daño= 6; Con cualquiera de estas fallas, de no protegerse contra los contactos directos se pueden producir accidentes graves en las personas y las instalaciones eléctricas.

Probabilidad de ocurrencia=8; Altamente probable.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día

Nº de Personas=1; Operario.

GR= 120

**4.1.7.2 Caso 2 (contactos indirectos).**

Gravedad del daño= 6

Probabilidad de ocurrencia= 5

Frecuencia de exposición= 4

Nº de Personas= 1

GR= 120.

**4.1.7.3 Caso 3.**

Presencia de una Corriente de defecto a tierra persistente que provoca la falla del dispositivo de protección de sobrecorrientes.

Gravedad del daño= 2

Probabilidad de ocurrencia=4

Frecuencia de exposición= 4

Nº de Personas=1

GR= 32

#### **4.1.7.4 Caso 4.-Cortocircuito fortuito provocado por:**

Desprendimiento de elementos conductores:

Deterioro de aislantes.

Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida.

Actuaciones de animales

Humedad

Corrosión

Gravedad del daño= 6

Probabilidad de ocurrencia=4

Frecuencia de exposición= 4

Nº de Personas=1

GR= 96.

## **4.2 Análisis de aplicación del método Hazop en las instalaciones**

### **Eléctricas.**

Una vez identificado los riesgos que pueden afectar las instalaciones eléctricas de casa de bombas 3, estamos en condiciones de iniciar la evaluación de riesgo y calcular su magnitud.

#### **4.2.1 Nodo 1(no tensión).**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=8; El peligro es altamente probable ya que el área de trabajo es un área inminentemente peligrosa.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 160.

#### **4.2.2 Nodo 2(no tensión)**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 80

#### **4.2.3 Nodo 2(más corriente).**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=2.5; Una vez al día.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 80

#### **4.2.4 Nodo 3(no tensión).**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 160

#### **4.2.5 Nodo 3(más corriente).**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=6; es probable que ocurra.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 240

#### **4.2.6 Nodo 4(no tensión).**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 160

#### **4.2.7 Nodo 4(más corriente).**

Gravedad del daño=8; es probable que ocurra una sola muerte

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 160

#### **4.2.8 Nodo 5(no tensión).**

Gravedad del daño=4; Accidentes por pérdidas de tiempo.

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 80

#### **4.2.9 Nodo 5(más tensión)**

Gravedad del daño=4; Accidentes por pérdidas de tiempo.

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 80

#### **4.2.10 Nodo 6(no tensión).**

Gravedad del daño=4; Accidentes por pérdidas de tiempo.

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 80

#### **4.2.11 Nodo 7(no tensión).**

Gravedad del daño=4; Accidentes por pérdidas de tiempo.

Probabilidad de ocurrencia=4; El peligro puede ocurrir.

Frecuencia de exposición=5; constante.

Nº de Personas=1; Operario

GR= 80.

#### 4.3. Clasificación de los rangos valorizados de riesgos en el APP.

CASA DE BOMBAS 3		REFINERÍA LA LIBERTAD						Revisión	Página
		EVALUACIÓN DE RIESGOS						N°	Fecha
N°	RIESGO - EVENTO	IMPACTO EN ÁREA- PROCESO	GR	MAGNITUD DEL RIESGO				GRADO DE RIESGO	APRECIACIÓN
				GD	PO	FE	NP		
1	Incendio y explosión	Motores	40	2	8	2.5	1	MEDIO	1 MES
2	Corto circuito	Motores	30	2	6	2.5	1	MEDIO	1 MES
3	Descarga eléctrica	Luminarias	20	2	4	2.5	1	MEDIO	1 MES
4	Radiación ionizante	Protección contra descargas atmosféricas en el área de bombas	40	2	8	2.5	1	MEDIO	1 MES
5	Cortocircuito y explosión	Transformadores	120	6	8	2.5	1	MUY ALTO	1DIA
6	Incendio y Explosión	Luminaria /Cuarto de control.	80	2	8	5	1	ALTO	1 SEMANA
7	Descarga eléctrica e incendio	Cuarto de control	180	6	6	5	1	MUY ALTO	1 DIA
8	Concentración excesiva de gas hidrógeno liberado e Incendio	Cuarto de Baterías	90	6	6	2.5	1	ALTO	1 SEMANA
9	Aumentos de temperaturas e Incendios	Cuarto de Baterías	90	6	6	2.5	1	ALTO	1 SEMANA

CASA DE BOMBAS 3		REFINERÍA LA LIBERTAD						Revisión	Página
		EVALUACIÓN DE RIESGOS						N°	Fecha
N°	RIESGO - EVENTO	IMPACTO EN ÁREA- PROCESO	GR	MAGNITUD DEL RIESGO				GRADO DE RIESGO	APRECIACIÓN
				GD	PO	FE	NP		
10	Altos Voltajes	Cuarto de Baterías	30	2	6	2.5	1	MEDIO	1 MES
11	Incendio de Baterías	Cuarto de Baterías	40	2	8	2.5	1	MEDIO	1 MES
12	Cortocircuito e Incendio	Cuarto de Baterías	120	6	8	2.5	1	MUY ALTO	1 DIA
13	Ser afectado por la acción corrosiva del ácido de las baterías.	Cuarto de Baterías	120	6	8	2.5	1	MUY ALTO	1 DIA
14	Contactos directos	Instalaciones Eléctricas	120	6	5	4	1	MUY ALTO	1 DIA
15	Contactos indirectos	Instalaciones Eléctricas	120	6	5	4	1	MUY ALTO	1 DIA
16	Incendio	Instalaciones Eléctricas	32	2	4	4	1	MEDIO	1 MES
17	Arco eléctrico	Instalaciones Eléctricas	96	6	4	4	1	ALTO	1 SEMANA

Figura 4.1 Evaluación de Riesgos /APP

#### 4.4. Clasificación de los rangos valorizados de riesgos aplicados Hazop

		REFINERÍA LA LIBERTAD						Revisión	página
CASA DE BOMBAS 3		EVALUACIÓN DE RIESGOS						N°	Fecha
N°	RIESGO - EVENTO	IMPACTO EN ÁREA-PROCESO	GR	MAGNITUD DEL RIESGO				GRADO DE RIESGO	APRECIACIÓN
				GD	PO	FE	NP		
1	NO TENSION NODO1	Subestación de 11 KV	160	8	8	2,5	1	MUY ALTO	1 DIA
2	NO TENSION NODO2	Celda de media tensión	80	8	4	2,5	1	ALTO	1 SEMANA
3	MÁS CORRIENTE NODO 2	Celda de media tensión	80	8	4	2,5	1	ALTO	1 SEMANA
4	NO TENSION NODO 3	MCC	160	8	4	5	1	MUY ALTO	1 DIA
5	MÁS CORRIENTE NODO 3	MCC	240	8	6	5	1	MUY ALTO	1 DIA
6	NO TENSION NODO 4	MCC	160	8	4	5	1	MUY ALTO	1 DIA
7	MÁS CORRIENTE NODO 4	MCC	160	8	4	5	1	MUY ALTO	1 DIA
8	NO TENSION NODO 5	MCC	80	4	4	5	1	ALTO	1SEMANA
9	MÁS TENSION NODO 5	MCC	80	4	4	5	1	ALTO	1SEMANA
10	NO TENSION NODO 6	MCC	80	4	4	5	1	ALTO	1SEMANA
11	MÁS CORRIENTE NODO 6	MCC	80	4	4	5	1	ALTO	1SEMANA
12	NO TENSION NODO 7	MCC	80	4	4	5	1	ALTO	1SEMANA

Figura 4.2 Evaluación de Riesgos/ HAZOP

#### 4.5 Comparación con criterios de aceptación.

El grado de riesgo mostrado en la valoración se realizó en base a los criterios de aceptación mostrados en la tabla siguiente.

Rango	Grado de riesgo	Apreciación
(0 - 1)	Despreciable	Riesgo aceptable
(1 - 5)	Muy bajo	1 año
(5 - 10)	Bajo	3 meses
(10 - 50)	Medio	1 mes
(50 - 100)	Alto	1 semana
(100 - 500)	Muy alto	1 día
(500 - 1000)	Extremo	Inmediato
>1000	Inaceptable	Paro de actividades

Figura 4.3

Por lo cual, podemos decir que los riesgos encontrados merecen ser analizados inmediatamente, por lo que enfocaremos el estudio a disminuir y minimizar los riesgos encontrados en el siguiente capítulo.

# **CAPÍTULO 5**

## **5 MECANISMOS DE MINIMIZACIÓN DE RIESGOS ENCONTRADOS.**

### **Introducción.**

En la valorización de riesgos, obtuvimos la clasificación de los mismos de acuerdo a la gravedad que presentan, por consiguiente se aplicarán medidas o acciones necesarias que permitan la minimización de los riesgos.

En las matrices del APP y del análisis de HAZOP presentaremos las acciones requeridas a tomar según normas en cada una de las desviaciones encontradas.

## 5.1 Análisis de los resultados obtenidos.

Se puede llevar a cabo una clasificación cualitativa de las consecuencias identificadas.

En la aplicación de **Hazop** en las instalaciones eléctricas una vez analizadas las desviaciones y las causas podemos presentar las siguientes consecuencias.

- Paralización del proceso.
- Paralización de la subestación.
- Electrocutión.
- Arco eléctrico.
- Perforación de aislamiento de dispositivos de protección.
- Daños en equipos de medición.
- Falta de funcionamiento del variador de frecuencia.
- Paro de la bomba # 1 de 300 Hp.
- Daño del variador de frecuencia.
- Paro de la bomba # 3 de 600 Hp.

En la aplicación del Análisis Preliminar de Peligros (APP), una vez analizados los peligros y sus causas, se encontraron las siguientes consecuencias.

- Electrocutión.
- Paro de la bomba.
- Electrocutión por contacto indirecto ya que se puede generar una corriente eléctrica de falla a tierra.
- Perdida de iluminación.
- Perdida de vida humana.
- Quedar desenergizado todo el sistema.
- Pérdida de equipos.
- Intoxicación, asfixia.
- Quemaduras.
- Choque eléctrico.
- Fallos en dispositivos de maniobra o protección.

Para minimizar estas desviaciones nos basaremos en la aplicación de los artículos de las normas NEC 2002, NFPA 70E, NOM 199 y otras normas internacionales.

## **5.2 Planificación y organización del análisis de los peligros.**

En esta parte detallaremos cada caso del análisis preliminar de peligros (APP), mencionando los requerimientos necesarios para realizar correcciones, basándonos en las normas especificadas.

### **5.2.1 Área de motores.**

**5.2.1.1 Caso 1** (Manguera de conexión no es a prueba de explosión y la instalación no es apropiada para las bombas) por lo cual para eliminar riesgos se requiere Colocar una manguera a prueba de explosión, para áreas clase 1 división 2 y Colocar charolas portacables para la alimentación de los motores mencionada en normas **NEC 2002 artículo 501-4b.**

No hay puentes de unión equipotencial entre las bandejas porta cable que van desde el cuarto de control hasta los motores, dichas bandejas tienen unión entre estructura por contacto tipo tuercas, lo cual prohíbe la norma **NEC 2002 en el artículo 440.4G1 de áreas clasificadas como peligrosas.**

## **5.2.2 Iluminación del área de bombas.**

### **5.2.2.1 Caso 1** (No hay puente de unión equipotencial en las bandejas).

No existen sellos a la entrada ni en la salida de la caja de conexiones para las luminarias por lo cual es importante colocar sellos a prueba de explosión, para áreas clase 1 división 2 considerando las normas **NEC 2002 artículo 501-5b**

## **5.2.3 Protección contra descargas atmosféricas del área de bombas.**

En casa de bombas 3, existe un pararrayo radioactivo el cual tiene aproximadamente 0,5 mCi de Am 241; estos terminales de captación son prohibidos en el mundo, y no están instalados de acuerdo con los métodos descritos anteriormente.

El pararrayo tipo ESE, cuya metodología de instalación no cumple con los procedimientos indicados en la **IEC 62305-3** descritos anteriormente. **La norma oficial mexicana, NOM-022-1999,**

Electricidad Estática en los Centros de trabajo – Condiciones de Seguridad e Higiene, en su ítem 8.1, se prohíbe la utilización de pararrayos que funcionen a base de materiales radioactivos.

#### **5.2.4 Área de transformadores.**

No hay unión de neutro con tierra en cada uno de los transformadores de 450/630KVA por lo que esto nos puede ocasionar una electrocución, el sistema se puede desenergizar y también podemos tener pérdida de equipos. Por todo lo mencionado se debe conectar el neutro al aterrizaje del transformador y asegurarse que existe un buen sistema de puesta a tierra.

#### **5.2.5 Iluminación Cuarto de Control.**

##### **5.2.5.1 Caso 1 (Lámparas de Iluminación no son antiexplosivas).**

Mediante la inspección se verificó que las lámparas de iluminación no son antiexplosivas por lo que ante esta exposición se corre el riesgo de pérdida.

de iluminación, para eliminar este riesgo es imprescindible Colocar las lámparas antiexplosivas para áreas clase 1 división 2 basadas en las normas **NFPA70 artículo 501-9b.**

**5.2.5.2 Caso 2** (conductor en calibre no adecuado para el puente de unión equipotencial del tablero).

Dimensionar el conductor según lo establecido por el **NEC 2002 Art. 250 28**

#### **5.2.6 Cuarto de baterías.**

Consideraciones tomadas del **NEC 2002 artículos 480.1 al 480.9 de la NFPA 70**

**5.2.6.1 Caso 1** (Ventilación no adecuada).

**5.2.6.2 Caso 2** (Extractor de aire no es a prueba de explosión).

**5.2.6.3 Caso 3** (Alto Voltaje).

**5.2.6.4 Caso 4** (Incendio de baterías).

#### **5.2.6.5 Caso 5 (Utilización de Herramientas no adecuadas)**

#### **5.2.6.6 Caso 6 (No utilizar el equipo de protección adecuado).**

Constatamos que el cuarto de baterías no tiene una ventilación adecuada, el extractor de aire no es a prueba de explosión y no está funcionando, las Celdas están conectadas en serie, se Utiliza CO<sub>2</sub>, la utilización de Herramientas no es adecuada y No utilizan el equipo de protección adecuado.

Bajo estas condiciones es propicio que se den: Intoxicaciones, asfixia, pérdida de equipos, Choque eléctrico, Daño en las jarras y tapas plásticas, electrocución, y quemaduras.

Al tomar acciones requeridas se debe instalar una ventilación adecuada, de igual manera un extractor de aire apropiado para áreas clase 1 división 1. Se debe evitar fumar y necesario colocar letreros "prohibido fumar". Evitar acercar materiales encendidos y en lo posible no causar chispas. Se recomienda usar un extintor tipo halógeno. Aislar las herramientas utilizadas para apretar las tuercas de conexión.

No colocar objetos metálicos sobre la batería ni los bornes. No usar anillos ni prendas metálicas cuando se trabaja con baterías.

Ropa protectora, guantes de caucho y anteojos de protección cuando manipule baterías y electrolito, Protección contra contactos directo, Protección contra contactos indirectos, Utilizar un dispositivo de protección adicional como son los interruptores diferenciales.

### **5.2.7 Otras Causas de peligros en las instalaciones.**

**5.2.7.1 Caso 1** (Defecto del aislamiento en el transformador de alta/baja tensión).

Sobretensiones atmosféricas.

Envejecimiento del aislamiento de la carga o del aislamiento del cableado.

Partes en tensión que no cuentan con tensión suficiente

**5.2.7.2 Caso 2** (Contactos indirectos).

**5.2.7.3 Caso 3.-** Presencia de una Corriente de defecto a tierra

persistente que provoca la falla del dispositivo de protección de sobre intensidades.

#### **5.2.7.4 Caso 4.- Cortocircuito fortuito provocado por:**

Desprendimiento de elementos conductores, deterioro de aislantes, aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida, actuaciones de animales, humedad, corrosión.

### **5.3 Correcciones de las desviaciones en una condición normal de proceso.**

#### **5.3.1 Protección contra la formación de arcos eléctricos.**

La norma NFPA 70E 2005 (2-1.1.2) dice:

- Solo se permitirá que las personas calificadas trabajen en los conductores o parte de los circuitos eléctricos que han sido puestos en una condición de trabajo eléctricamente segura. Es decir que el trabajador posea suficiente conocimiento y capacitación para desarrollar la actividad, porque un poco de conocimiento es algo peligroso. Si la tarea se encuentra mas allá de la capacidad del trabajador, estará poniendo en peligro

su vida, las vidas de sus compañeros y un equipo eléctrico de gran valor.

- Se deben acatar procedimientos.
- Trabajar en sistemas desenergizados
- Utilización de equipos de seguridad( herramientas aisladas, pértigas)
- Implementación de programa de candado-etiqueta
- La NFPA 70E 2005 exige que todos los empleados que trabajen con electricidad realicen una evaluación del peligro de cualquier labor que implique mas de 50 voltios en donde haya posibilidades de un incidente con arco eléctrico, por lo cual se establecería el nivel de peligro al que se encuentra expuesto el empleado.
- Información sobre el equipo.
- Amperaje y voltaje
- Abertura del arco
- Distancia del trabajador a la fuente del arco
- Duración del arco basada en ciclos (del interruptor, fusible, etc.)
- Configuración del sistema (arco en caja o abierto).

### 5.3.2 Seguridad eléctrica para el personal entrenado y calificado.

El electricista debe ser una persona calificada para la realización de los trabajos donde existan riesgos eléctricos, ésta calificación es obtenida de la revisión de su hoja de vida donde constarán sus estudios, lugares de trabajo. Entrenado en el uso correcto de equipos y herramientas así como de equipos de protección personal.

Herramientas:

- Guantes de protección:

- Los guantes de caucho aislados y guantes protectores deben ser usadas para proteger las manos y otras partes del cuerpo cuando exista un potencial de choque por contacto con partes energizadas principalmente cuando se realizan trabajos eléctricos en caliente.

- Guantes de caucho aisladores son usados de acuerdo a la clase y al voltaje del circuito se deben utilizar cuando se realicen trabajos eléctricos en calientes.

Clasificación de los guantes V Máximo (voltaje línea a tierra).

00 500

0 1000

1 7500

2 17000

- Los guantes de cauchos aisladores deben cumplir los requerimientos de ANSI/ASTM D 120, o su equivalente.
  
- Mangas aisladoras de caucho.
  - ⊕ Las mangas aisladoras de caucho se deben usar en conjunto con los guantes aisladores de caucho cuando se trabaje en o cerca de equipo eléctrico energizado cuando una protección adicional es requerida por la situación exigente del trabajo o de la configuración del equipo.
  - ⊕ Las mangas aisladoras de caucho deben cumplir los requerimientos de ANSI/ASTM D 1051 o su equivalente.
  
- Esferas aisladoras de caucho
  - ⊕ Las esferas aisladoras de caucho deben ser utilizadas cuando son requeridas y/o solicitadas por

exigencia en un permiso para trabajo peligroso extendido.

- ⊕ Las esferas aisladoras de caucho deben cumplir con los requerimientos de ANSI/ASTM D 178. o su equivalente.

### **5.3.3 Protección contra sobrecorrientes según NFPA 70E 2005.**

Artículo 410.9 (A) (1) Los conductores y los equipos, se deben proteger contra sobrecorrientes, de acuerdo con su capacidad para transportar corriente de manera segura.

Artículo 410.9(A)(2)Conductores puestos a tierra: No se debe conectar ningún dispositivo de protección contra sobrecorriente en serie con un conductor que este intencionalmente puesto a tierra a menos que se cumpla una de las 2 condiciones siguientes:

- (1) El dispositivo de sobrecorriente abre todos los conductores del circuito, incluido el conductor puesto a tierra y esta deseado de manera que ningún polo pueda operar independientemente.

- (2) En donde se exija para protección contra sobre carga del motor.

#### **5.4 Lista Preliminar de las medidas a tomar obtenidas.**

A continuación presentamos una lista preliminar debidamente estudiada en función de otros criterios (otras soluciones técnicas, consecuencia en la instalación, etc.) y cuando se disponga de elementos de decisión

En la aplicación de **Hazop** podemos presentar las siguientes medidas a tomar.

##### **5.4.1 No Tensión Nodo 1.**

Acción requerida:

- Colocar protecciones para sobre corriente.

##### **5.4.2 No Tensión Nodo 2.**

Acción requerida: Colocar una alarma audible que se active al realizarse la falla en el interruptor.

#### **5.4.3 Más Corriente Nodo 2.**

Acción requerida: verificación del estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada.

#### **5.4.4 No tensión nodo 3.**

Acción requerida: Instalar dispositivo de límites de protección de Cargas.

#### **5.4.5 Más corriente nodo 3.**

Acción requerida: verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada.

#### **5.4.6 No tensión nodo 4.**

Acción requerida: Colocar una alarma audible la cual se activara cuando se presente una falla en el interruptor.

#### **5.4.7 Más corriente nodo 4**

Acción requerida: verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada.

#### **5.4.8 No tensión nodo 5.**

Acción requerida: Programación de parámetros del variador para limitación de corriente, emitiendo una alarma audible o visual.

#### **5.4.9 Más tensión nodo 5.**

Acción requerida: Programación de parámetros del variador para sobrevoltaje, emitiendo una alarma audible o visual.

#### **5.4.10 No tensión nodo 6.**

Acción requerida: Colocar una alarma audible la cual ese activará cuando se presente una falla en el interruptor.

**5.4.11 Más corriente nodo 6.**

Acción requerida: verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada.

**5.4.12 No tensión nodo 7.**

Acción requerida: Cerrar seccionador.

**5.5 Acciones requeridas de eliminación de riesgos.**

Las acciones requeridas para la eliminación de riesgos la presentamos en los siguientes formatos de Análisis Preliminar de Peligros (APP) en la figura 5.1 y el formato de análisis de Hazop en la figura 5.2 respectivamente.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA	ACCIÓN REQUERIDA
<b>Motores</b>			
Incendio y explosión, generado por un cortocircuito	Manguera de conexión no aprueba de explosión	Quemaduras	Colocar manguera a prueba de explosión, para áreas clase 1 división 2
Corto circuito, generado por la corrosión del electroducto.	Instalación no apropiada para las bombas.	Quemaduras Paro de la bomba.	Colocar tubería rígida con cajas conduct.
Descarga eléctrica debido a la corrosión del puente metálico.	No hay puente de unión equipotencial en las bandejas	Electrocución por contacto indirecto ya que se puede generar una corriente eléctrica de falla a tierra.	Colocar los puentes de unión equipotencial en las bandejas.
<b>Luminarias</b>			
Incendio y explosión, generado por un cortocircuito	No existen sellos a la entrada ni en la salida de la caja de conexiones para las luminarias.	Quemaduras Perdidas de equipos electronicos Pérdida de iluminación	Colocar sellos a prueba de explosión, para áreas clase 1 división 2
<b>Pararrayos</b>			
Radiación ionizante	Pararrayos radioactivos	Pérdida de salud	Instalar los pararrayos, de acuerdo a las normas
<b>Trasnformadores</b>			
Cortocircuito y Explosión	No hay unión de neutro con tierra en el transformador	Electrocución, Quedar desenergizado todo el sistema. Pérdida de equipos.	Conectar el neutro al aterrizaje del trafo y asegurarse que existe un buen sistema de puesta a tierra.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA	ACCIÓN REQUERIDA
<b>ILUMINACIÓN</b>			
<b>Cuarto de Control</b>			
Incendio y explosión, generado por un cortocircuito	Lámparas de Iluminación no son antiexplosivas.	Quemaduras. Pérdida de iluminación	Colocar lámparas antiexplosivas para áreas clase 1 división 2
Descarga eléctrica Incendio	Conductor en calibre no adecuado para el puente de unión equipotencial del tablero.	Quemaduras. Pérdida de equipos eléctricos en el tablero	Dimensionar el conductor según las normas establecidas
<b>Cuarto de Baterías</b>			
Concentración excesivas de gas hidrógeno liberado.	Ventilación no adecuada	Intoxicación, asfixia Quemaduras	Instalar ventilación adecuada
Aumento de temperatura, incendio	Extractor de aire no es a prueba de explosión, y no esta funcionando	Quemaduras. Perdida de equipos	Instalar el extractor de aire apropiado, para áreas clase 1, división 1
Altos voltajes	Celdas conectadas en serie.	Choque eléctrico	No fume, no acerque materiales encendidos a las baterías ni haga nada que pueda causar chispa
Incendio de Baterías	Utilización de CO2	Daño en las jarras y tapas plásticas	Se recomienda usar un extintor tipo halógeno
Cortocircuito	Utilización de Herramientas no adecuadas.	Choque eléctrico y quemaduras	Aislar las herramientas utilizadas para apretar las tuercas de conexión.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA	ACCIÓN REQUERIDA
Incendio	Descuido del personal.	Quemaduras	No coloque objetos metálicos sobre la batería ni los bornes. No use anillos ni prendas metálicas cuando trabaje con baterías.
Ser afectado por la acción corrosiva de ácido de las baterías	No utilizar el equipo de protección adecuado	Quemaduras	Ropa protectora, guantes de caucho y anteojos de protección cuando manipule baterías y electrolito.
Contactos Directos	Defecto del aislamiento en el transformador de alta/baja tensión.	Electrocución	Aislar los conductores con materiales adecuados:
	Sobretensiones atmosféricas.	Choque eléctrico	-Utilización de barreras o envoltentes que posea un grado de protección adecuado.
	Envejecimiento del aislamiento de la carga o del aislamiento del cableado.		-Diseño de la instalación con distancias de seguridad adecuadas.
	Partes en tensión que no cuentan con tensión suficiente		-Protección complementaria utilizando interruptores diferenciales $\leq 30\text{mA}$ .
Contactos indirectos	Defecto del aislamiento en el transformador de alta/baja tensión.	Electrocución	Se usan diferentes métodos de protección:

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA	ACCIÓN REQUERIDA
	Sobretensiones atmosféricas.	Choque eléctrico	Utilización de materiales que aseguren protección de clase II.
	Envejecimiento del aislamiento de la carga o del aislamiento del cableado.		Protección en entornos no conductores.
	Partes en tensión que no cuentan con tensión suficiente		Protección mediante conexiones equipotenciales locales en instalaciones no puestas a tierra.
			Protecciones mediante aislamiento (galvánico) eléctrico.
			Protección mediante desconexión automática de la instalación.
Incendio	Presencia de una Corriente de defecto a tierra persistente que provoca la falla del dispositivo de protección de sobrecorrientes	Quemaduras	Utilizar un dispositivo de protección adicional como son los interruptores diferenciales.

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

PELIGROS	CAUSA	CONSECUENCIA	ACCIÓN REQUERIDA
Arco eléctrico	Cortocircuito fortuito provocado por: Desprendimiento de elementos conductores.	Fallos en dispositivos de maniobra o protección.	Utilización de barreras o envolventes.
	Deterioro de aislantes. Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida. Actuaciones de animales. Humedad. Corrosión	Quemaduras	Logrando que las instalaciones estén en las adecuadas condiciones de seguridad y que las personas actúen de forma segura con relación a los riesgos que existan

Figura 5.1 Análisis Preliminar de Peligros (final)

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 1	Falla de generador de 4 MW. Interruptor de protección abierto. Desconexión por Sobre corriente. Error humano. Eventos externos	Cortocircuito, el cual puede producir incendio y explosión. Arco eléctrico, por utilizar herramientas no aisladas.	-Colocar protecciones para sobre corriente. -Colocar protecciones por perdida de fase. -Colocar un diferencial de tensión entre la entrada y la salida del breaker 52-3/1250	-Colocar protecciones para sobre corriente. Colocar protecciones por perdida de fase. Colocar un diferencial de tensión entre la entrada y la salida del breaker 52-3/1250
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 2	Falla del interruptor de protección de sobrecorriente de la celda de media tensión. Error Humano Eventos externos.	Cortocircuito, el cual puede producir incendio, por las chispas que genera. Cortocircuito.	Colocar una alarma luminosa y una audible las cuales se activaran cuando se presente una falla en el interruptor	Colocar una alarma luminosa y una audible las cuales se activaran cuando se presente una falla en el interruptor
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 2	Falla en los dispositivos de protección por niveles de	Electrocución - Arco eléctrico Perforación de aislamiento	Instalar dispositivos de protección de buena calidad.	Verificación del estado actual de dispositivos

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
		sobrecorriente (50/51) Error Humano Eventos externos	endispositivos de protección. Daños en equipos de medición. Sobrecarga. Cortocicuito	Realizar bien la coordinación de protecciones. Verificación del estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada	de protección por una empresa certificada
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 3	Falla del transformador T2. Disparo del transformador por sobrepresión, o por sobre temperatura disparado por el rele buchholz. Error humano Eventos externos	Cortocircuito, el cual puede producir incendio y quemaduras, por la sobretemperatura. Daño en los equipos de medición.	-Instalar dispositivo de limites de protección de cargas	Instalar dispositivo de limites de protección de cargas

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 3	-Falla en los dispositivos de sobrecorriente (50/51) los cuales pueden causar: un cortocircuito, o una sobrecarga. Error humano Eventos externos	Electrocución por contactos directos o indirectos. Arco eléctrico	Instalar dispositivos de protección de buena calidad. Realizar bien la coordinación de protecciones. Verificación del estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada	Verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 4	-Falla del interruptor de sobrecorriente. Error humano. Eventos externos	No funcionamiento del variador de frecuencia. Cortocircuito, el cual puede producir incendio y quemaduras	-Colocar una alarma luminosa y una audible las cuales se activaran cuando se presente una falla en el interruptor	Colocar una alarma audible la cual se activara cuando se presente una falla en el interruptor

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 4	Falla en los dispositivos de sobrecorriente (50/51) los cuales pueden causar: un cortocircuito, o una sobrecarga. Rotor trabado del motor. Error humano Eventos externos	-Electrocución. - Arco eléctrico. - Daño del variador de frecuencia.	-Instalar dispositivos de protección de buena calidad - Realizar bien la coordinación de protecciones Verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada	Verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 5	Motor tiene sobrecarga y lo protege el variador. Posible cortocircuito en el motor. Posible sobrecarga en el motor. Error humano. Eventos externos	-Arco eléctrico. Aumento de temperaturas	Programación de parámetros del variador para limitación de corriente, emitiendo una alarma audible o visual	Programación de parámetros del variador para limitación de corriente, emitiendo una alarma audible o visual

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
<b>TENSIÓN</b>	MÁS TENSIÓN NODO 5	Exceso de tensión por parte de la fuente principal que en este caso es el generador de 4 MW. Error humano. Eventos externos	Aumento de la temperatura. Deterioro del aislamiento. Daño en los equipos de medición.	Programación de parámetros del variador para sobrevoltaje, emitiendo una alarma audible o visual,	Programación de parámetros del variador para sobrevoltaje, emitiendo una alarma audible o visual,
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 6	Falla del interruptor de sobrecorriente. Error humano. Eventos externos	No funcionamiento del variador de frecuencia. Cortocircuito y aumentos de temperatura.	-Colocar una alarma luminosa y una audible las cuales se activaran cuando se presente una falla en el interruptor	Colocar una alarma audible la cual se activara cuando se presente una falla en el interruptor
<b>CORRIENTE</b>	MÁS CORRIENTE NODO 6	Falla en los dispositivos de sobrecorriente (50/51) los cuales pueden causar: un cortocircuito, o una sobrecarga.	-Electrocución. Arco eléctrico - Daño del variador de frecuencia.	-Instalar dispositivos de protección de buena calidad Realizar bien las coordinación de protecciones Verificación de estado actual de	Verificación de estado actual de dispositivos de protección por una empresa certificada

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3  
INFORME TÉCNICO  
FORMATO DE RIESGOS UTILIZANDO HAZOP**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:**

**REVISIÓN:**

Variable	Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción
		Error humano Eventos externos		dispositivos de protección por una empresa certificada	
<b>TENSIÓN</b>	NO TENSIÓN NODO 7	Motor con sobrecarga. Rotor trabado - Transformador con nivel de rigidez dieléctrica bajo. Seccionador abierto. Error humano. Eventos externos	Daño del motor. Falla en el variador. Cortocircuito. Aumento de temperaturas	Cerrar seccionador. Cambio de aceite dieléctrico del transformador	Cerrar seccionador. Cambio de aceite dieléctrico del transformado

Figura 5.2 Método de Hazop (final)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones.

En base a los resultados obtenidos durante el estudio de las instalaciones eléctricas podemos concluir:

1.- El área de casa de bombas 3 mediante el estudio realizado de áreas peligrosas esta clasificada como área clase 1 división 2. Mediante el documento **NRF-036-PEMEX-2003 artículo 8.1.9.2 de la norma PEMEX** que muestra los limites de tal área, podemos decir que el área peligrosa abarca hasta el cuarto de baterías, el cual ya es un área peligrosa por el hidrogeno existente, esto hace que también el cuarto de control se convierta en un área peligrosa.

- En el cuarto de baterías no existe equipos a prueba de explosión, tales como iluminación ya que las lámparas existentes no son a prueba de explosión, mucho menos las instalaciones eléctricas de las mismas,

debe existir equipos detectores de hidrógeno. No existe ventilación, ya que el extractor de aire esta dañado y no es a prueba de explosión.

- El cuarto de control no tiene ventilación adecuada, la iluminación no es a prueba de explosión.

2.- Casa de bombas 3 no cuenta con un plan de mantenimiento periódico y programado de sus equipos e instalaciones, de cada área.

3.- A simple vista casa de bombas 3 es un área que no cuenta con señales de seguridad para las personas, talvez quienes conocen sus instalaciones puedan tomar precauciones pero alguien ajeno sería una fuente de peligro latente.

4.- Mediante las visitas realizadas pudimos constatar que el personal operativo de casa de bombas 3 no cuenta con el equipo de protección personal requerido para tal área.

### **Recomendaciones.**

Es necesario considerar las siguientes recomendaciones

1.- Las instalaciones eléctricas en casa de bombas 3 necesitan se realicen inmediatamente las acciones correctivas propuestas en el capítulo 5.

- 2.- Instalar en el cuarto de baterías equipos a prueba de explosión, para la ventilación, iluminación y detectores de hidrógeno
- 3.- Se requiere la implementación de planes de mantenimientos preventivos y correctivos de las instalaciones eléctricas y de sus equipos tanto de fuerza y control.
- 4.- Se deberán establecer procedimientos y reglas de trabajo a seguir. Estas deben localizarse en lugares visibles al personal involucrado, especialmente junto a sus puestos de trabajo.
- 5.- Es imprescindible la colocación de señales de seguridad en las áreas de riesgos, Casa de bombas es un área que mayormente llama a la implementación de Señales de Prohibición, Señales de advertencia, Señales imperativas y de salvamento.
- 6.- Utilizar equipo de protección personal, se deberá capacitar a todo el personal involucrado sobre el uso adecuado del equipo de protección eléctrico, impartir conocimiento de cuando utilizarlo y de que tipo es el requerido así también deberán conocer sus limitaciones.

En general todo proceso industrial ubicado en atmósferas explosivas, no es menos común que exista una planificación del mantenimiento, no obstante en estos emplazamientos, desde el punto de vista de riesgo, es tan importante o más el mantenimiento de los requisitos esenciales de seguridad (RES) de los equipos eléctricos en ellos instalados, que aquellos parámetros que afectan a la producción.

Los empresarios o sus representantes que disponen de procesos industriales en emplazamientos ubicados en atmósferas explosivas deben entender y aceptar el hecho, las pérdidas de una determinada productividad de un proceso industrial por fallo de la instalación es recuperable (1), en cambio las pérdidas por fallo de seguridad de las instalaciones normalmente son irrecuperables (2) además, como únicos responsables desde el punto de vista de seguridad de las instalaciones, deben arbitrar y controlar mecanismos de acuerdo con la legislación vigente para hacer entender y aceptar que la seguridad en emplazamientos de atmósferas explosivas no depende exclusivamente de las normas y procedimientos que pueden dictar sus directores o responsables, si no que depende además del buen criterio de actuación de todo el personal que en ellos se mueve.

## BIBLIOGRAFIA

- NEC 2002 DE LA NFPA 70
- NFPA 70 E 2005
- PETROLEOS MEXICANOS PEMEX 2003
- NORMAS MEXICANAS NOM 2002
- TOPICO DE GRADUACIÓN DEL Ing. JUAN GALLO
- TALLER DE ANÁLISIS DE RIESGOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS LISARDO LOURIDO AGOSTO 2004
- ISA – THE INSTRUMENTATION SYSTEM AND AUTOMATION SOCIETY, ART 001- MARZO
- CUADERNO TÉCNICO # 158 SCHNEIDER (ESTUDIOS DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO).
- PUBLICACIÓN TÉCNICA SCHNEIDER PT 009

## **ANEXO 1**

# **LÍMITES DE LAS ÁREAS PELIGROSAS**









PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE BOMBAS

PLANTA DE BOMBAS DE AGUA POTABLE

PLANTA DE BOMBAS DE AGUA POTABLE

PLANTA DE BOMBAS DE AGUA POTABLE



SEAL TADA

# Espol

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE BOMBAS

PLANTA DE BOMBAS DE AGUA POTABLE

NO. DE OBRAS	1
FECHA DE OBRAS	2023
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE BOMBAS DE AGUA POTABLE
CLIENTE	COMUNIDAD AUTÓNOMA DE BAHAMAS
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS ESPOL
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE BOMBAS DE AGUA POTABLE
CLIENTE	COMUNIDAD AUTÓNOMA DE BAHAMAS
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS ESPOL

## **ANEXO 2**

# **DIAGRAMA UNIFILAR CASA DE BOMBA 3**





## **ANEXO 3**

# **ESTUDIO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO**

## CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN CASA DE BOMBAS 3

## METODO DE PUNTO A PUNTO

## Punto 1 desde T1 hasta MCC

## DATOS:

Transformador Trifasico KVA = 4000 KVA  
 %Z = 6,7%  
 ELL = 480 V  
 Voltaje de Transformador V = 480 V

## PROCEDIMIENTO :

## Paso 1

Cálculo de la corriente a plena carga del transformador I FLA

$$I FLA = (KVA \times 1000) / (ELL \times 1.732)$$

$$I FLA = (4000 \times 1000) / (480 \times 1.732)$$

$$I FLA = 4.811,390 \text{ Amp.}$$

## Paso 2

Encontrar Factor multiplicador del Transformador

$$\text{Multiplicador} = 100 / (\%Z) = \text{Multiplier} = 100 / (6,7)$$

$$\text{Multiplier} = 14,930$$

## Paso 3

Encontrar la corriente de cortocircuito del transformador I I SCA

$$I I SCA (L-L-L) = I FLA \times \text{Multiplier} = 4811,39 \times 14,93$$

$$I I SCA (L-L-L)) = 71.834,053 \text{ Amp.}$$

## Paso 4

Encontrar factor f

$$\text{Para fallas trifásicas ( f ) } f = ( 1.732 \times L \times I I SCA (L-L-L) ) / ( C \times n \times EL-L )$$

L = longitud en pies del cable

C = constante del conductor ver tabla 2

n = numero de conductores por fase

I = corriente de cortocircuito calculada al inicio del circuito  
(en este caso en el secundario del transformador)

L = 65,6 pies

para cable 8x1000 MCM Tabla 2 C = 25.278

conductor por fase n = 8,0

$$\text{Para fallas trifásicas ( f ) } f = ( 1.732 \times L \times I I SCA (L-L-L) ) / ( C \times n \times EL-L )$$

$$( 1.732 \times 393,7 \times 71834,053 ) / ( 8 \times 25278 \times 480 )$$

$$f = 0,0840000$$

## Paso 5

encontrar multiplicador (M)  $M = 1 / (1+f) = 1 / (1+ 0.084 )$ 

$$M = 0,92$$

**Paso 6**

encontrar la corriente de cortocircuito simetrical RMS (ISCA )

$$ISCA = I_{SCA} \times M = 71834,053 \times 0,92$$

$$ISCA \text{ (punto1)} = \mathbf{66.087,330 \text{ Amp}}$$

Corriente de contribucion de los motores  $I_{sc} = (4 \times IFLA) \times (2 \text{ motores}) = 4 \times 4811,39 \times 2 = 38491,12$

Corriente de cortocircuito total  $ISCA = 66087,33 + 38491,12 = \mathbf{104578,45 \text{ Amp}}$

**Punto 2 desde MCC hasta bomba # 1 de 300HP****Paso 4**

L = 32,8 pies

Cable 2 x 250 MCM, C = 16483 ver tabla 2

$$\begin{aligned} f &= (1.732 \times L \times I_{SCA} (L-L-L)) / (C \times n \times EL-L) = \\ &= (1.732 \times 20 \times 36779,035) / (2 \times 16483 \times 480) \\ &= 0,237 \end{aligned}$$

**Paso 5**

$$M = 1 / (1+f) = 1 / (1+ 0,237)$$

$$= 0,808$$

**Paso 6**

$$ISCA \text{ (punto2)} = 66087,33 \times 0,808 = \mathbf{53398,56 \text{ Amp}}$$

Iscmotor contribucion =  $2 \times 4 \times IFLA = 2 \times 4 \times 4811,39$   
 $= 19245,56 \text{ Amp}$

ICA total =  $53398,56 + 19245,56$   
 $= \mathbf{72644,122 \text{ Amp}}$

# Point-To-Point Method Of Short-Circuit Calculation

## Calculation Of Short-Circuit Currents — Point-To-Point Method.

Adequate interrupting rating and protection of electrical components are two essential aspects required by the National Electrical Code in Sections 110-9, 110-10, 240-1, 250-2(d), 250-90, 250-96(a) and Table 250-122 Note. The first step to ensure that system protective devices have the proper interrupting rating and provide component protection is to determine the available short-circuit currents. The application of the Point-To-Point method permits the determination of available short-circuit currents with a reasonable degree of accuracy at various points for either  $\beta_0$  or  $\beta_r$  to electrical distribution systems. This method assumes unlimited primary short-circuit current (infinite bus).

### Basic Short-Circuit Calculation Procedure.

Procedure	Formula
<b>Step 1</b> Determine transf. full-load amperes from either: a) Name plate b) Tables 3A & 3B c) Formula	$3\phi \text{ transf. } I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{L-L} \times 1.73}$ $1\phi \text{ transf. } I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{L-L}}$
<b>Step 2</b> Find transf. multiplier	$\text{Multiplier} = \frac{100}{\text{Transf. \% Z}}$
<b>Step 3</b> Determine transf. let-through short-circuit current (Table 5 or formula).	$I_{SCA} = \text{Transf. } I_{FLA} \times \text{multiplier}$
<b>Step 4</b> Calculate "f" factor.	$3\phi \text{ faults } f = \frac{1.73 \times L \times I_{L-L}}{C \times E_{L-L}}$ $1\phi \text{ line-to-line (L-L) faults on } 1\phi \text{ center-tapped transformers } f = \frac{2 \times L \times I_{L-L}}{C \times E_{L-L}}$ $1\phi \text{ line-to-neutral (L-N) faults on } 1\phi \text{ center-tapped transformers } f = \frac{2 \times L \times I_{L-N}^*}{C \times E_{L-N}}$ <p>L = length (feet) of conduit to the fault. C = constant from Tables 1, 2. For parallel runs, multiply C values by the number of conductors per phase. I = available short-circuit current in amperes at beginning of circuit.</p>
<b>Step 5</b> Calculate "M" (multiplier) or take from Table 4.	$M = \frac{1}{1 + f}$
<b>Step 6</b> Compute the available short-circuit current (symmetrical) at the fault.	$I_{SCA} \text{ at fault} = I_{SCA} \text{ at beginning of circuit} \times M$

\*Note 1. Motor short-circuit contribution, if significant, may be added to the transformer secondary short-circuit current value as determined in Step 3. Proceed with this adjusted figure through Steps 4, 5, and 6. A practical estimate of motor short-circuit contribution is to multiply the total load current in amperes by 4.

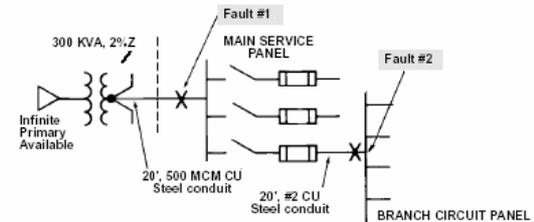
\*Note 2. The L-N fault current is higher than the L-L fault current at the secondary terminals of a single-phase center-tapped transformer. The short-circuit current available (I) for this case in Step 4 should be adjusted at the transformer terminals as follows:

At L-N center tapped transformer terminals  

$$I_{L-N} = 1.5 \times I_{L-L} \text{ at Transformer Terminals}$$

At some distance from the terminals, depending upon wire size, the L-N fault current is lower than the L-L fault current. The 1.5 multiplier is an approximation and will theoretically vary from 1.33 to 1.67. These figures are based on change in turns ratio between primary and secondary, infinite source available, zero feet from terminals of transformer, and  $1.2 \times \%X$  and  $1.5 \times \%R$  for L-N vs. L-L resistance and reactance values. Begin L-N calculations at transformer secondary terminals, then proceed point-to-point.

## Example Of Short-Circuit Calculation



FAULT #1	
<b>Step 1</b>	$I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{L-L}} = \frac{300 \times 1000}{240} = 833A$
<b>Step 2</b>	$\text{Multiplier} = \frac{100}{11.9\% \text{ Transf. \% Z}} = \frac{100}{11.9} = 55.55$
<b>Step 3</b>	$I_{SCA} = 833 \times 55.55 = 46,273$ At Transformer Secondary
<b>Step 4</b>	$f = \frac{1.73 \times L \times I_{L-L}}{C \times E_{L-L}} = \frac{1.73 \times 20 \times 46,273}{22,185 \times 208} = .347$
<b>Step 5</b>	$M = \frac{1}{1 + f} = \frac{1}{1 + .347} = .742$ (See Table 4)
<b>Step 6</b>	$I_{SCA} = 46,273 \times .742 = 34,343A$ Fault #1

FAULT #2 (Use $I_{SCA}$ @ Fault #1 to calculate)	
<b>Step 4</b>	$f = \frac{1.73 \times 20 \times 34,343}{5,906 \times 208} = .968$
<b>Step 5</b>	$M = \frac{1}{1 + f} = \frac{1}{1 + .968} = .508$ (See Table 4)
<b>Step 6</b>	$I_{SCA} = 34,343 \times .508 = 17,447A$ Fault #2

\*\*For simplicity, the motor contribution and voltage variance was not included. See Notes 1 and 4.

††Transformer % Z is multiplied by .9 to establish a worst case condition. See Note 3.

Note 3: The marked impedance values on transformers may vary  $\pm 10\%$  from the actual values determined by ANSI / IEEE test. See U.L. Standard 1561. Therefore, multiply transformer % Z by .9.

Note 4. Utility voltages may vary  $\pm 10\%$  for power, and  $\pm 5.8\%$  for 120-volt lighting services. Therefore, for worst case conditions, multiply values as calculated in Step 3 by 1.1 and/or 1.058 respectively.

Note 5: Bolted fault approximations:  
 L-L-L 100% of Step 6.  
 L-L 87% of Step 6.  
 L-G, L-N 25-125% of Step 6. (Use 50% as typical)

Note 6: Arcing fault approximation for sustained arcs (percentages of L-L-L bolted fault values)

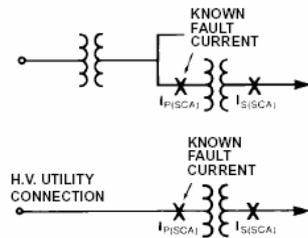
	480 Volts	208 Volts
L-L-L	89%	12%
L-L	74%	2%
L-G	38%	—
L-L-L with one primary open	80%	—

Electrical Plan Review

# Point-To-Point Method Of Short-Circuit Calculation

## Calculation Of Short-Circuit Currents At Second Transformer In System.

Use the following procedure to calculate the level of fault current at the secondary of a second, downstream transformer in a system when the level of fault current at the transformer primary is known.



## Procedure For Second Transformer in System

Procedure	Formula
<b>Step 1</b> Calculate "f" ( $I_{P(SCA)}$ , known). 3 $\phi$ transformer ( $I_{P(SCA)}$ and $I_{S(SCA)}$ are 3 $\phi$ fault values). $f = \frac{I_{P(SCA)} \times V_P \times 1.73 (\%Z)}{100,000 \times KVA_{TRANS.}}$ 1 $\phi$ transformer ( $I_{P(SCA)}$ and $I_{S(SCA)}$ are 1 $\phi$ fault values; $I_{S(SCA)}$ is L-L.) $f = \frac{I_{P(SCA)} \times V_P \times (\%Z)}{100,000 \times KVA_{TRANS.}}$	
<b>Step 2</b> Calculate "M" (multiplier) or take from Table 4.	$M = \frac{1}{1 + f}$
<b>Step 3</b> Calculate short-circuit current at secondary of transformer. (See Note 1 under "Basic Procedure")	$I_{S(SCA)} = \frac{V_P}{V_S} \times M \times I_{P(SCA)}$

$I_{P(SCA)}$  = Available fault current at transformer primary.  
 $I_{S(SCA)}$  = Available fault current at transformer secondary.  
 $V_P$  = Primary voltage L-L.  
 $V_S$  = Secondary voltage L-L.  
 $KVA_{TRANS.}$  = KVA rating of transformer.  
 $\%Z$  = Percent impedance of transformer.  
 Note: To calculate fault level at the end of a conductor run, follow Steps 4, 5, and 6 of Basic Procedure.

Table 1. "C" Values for Busway.

Ampacity	Busway				
	Plug-In	Feeder		High Impedance	
	Copper	Aluminum	Copper	Aluminum	Copper
225	28700	23000	18700	12000	—
400	38900	34700	23900	21300	—
600	41000	38300	36500	31300	—
800	46100	57500	49300	44100	—
1000	69400	89300	62900	56200	15600
1200	94300	97100	76900	69900	16100
1350	119000	104200	90100	84000	17500
1600	129900	120500	101000	90900	19200
2000	142900	135100	134200	125000	20400
2500	143800	156300	180500	166700	21700
3000	144900	175400	204100	188700	23800
4000	—	—	277800	256400	—

Note: These values are equal to one over the impedance per foot for impedance in a survey of industry.

Table 3A. Three-Phase Transformer—Full-Load Current Rating (In Amperes).

Voltage (Line-to-Line)	Transformer KVA Rating								
	150	167	225	300	500	750	1000	1500	2000
208	417	464	625	834	1388	2080	2776	4164	5552
220	394	439	592	788	1315	1970	2630	3940	5260
240	362	402	542	722	1203	1804	2406	3609	4812
440	197	219	296	394	657	985	1315	1970	2630
460	189	209	284	378	630	945	1260	1890	2520
480	181	201	271	361	601	902	1203	1804	2406
600	144	161	216	289	481	722	962	1444	1924

Table 3B. Single-Phase Transformer—Full-Load Current Rating (In Amperes).

Voltage	Transformer KVA Rating									
	25	50	75	100	150	167	200	250	333	500
115/230	109	217	326	435	652	726	870	1087	1448	2174
120/240	104	208	313	416	625	696	833	1042	1388	2083
230/460	54	109	163	217	326	363	435	544	724	1087
240/480	52	104	156	208	313	348	416	521	694	1042

Table 2. "C" Values for Conductors

(Note: These values are equal to one over the impedance per foot for impedances found in IEEE Std. 241-1990, IEEE Recommended Practice for Commercial Building Power Systems.)

Copper						
AWG or kcmil	Three Single Conductors			Three-Conductor Cable		
	Steel Conduit	Nonmagnetic		Steel Conduit	Nonmagnetic	
	600V	5KV	15KV	600V	5KV	15KV
14	389	389	389	389	389	389
12	617	617	617	617	617	617
10	981	981	981	981	981	981
8	1557	1551	1557	1558	1555	1558
6	2425	2406	2389	2430	2417	2406
4	3806	3760	3695	3825	3789	3752
3	4760	4760	4760	4802	4802	4802
2	5906	5736	5574	6044	5926	5809
1	7292	7029	6758	7493	7306	7108
1/0	8924	8543	7973	9317	9033	8590
2/0	10755	10061	9389	11423	10877	10318
3/0	12843	11804	11021	13023	13048	12360
4/0	15082	13605	12542	16673	15351	14347
250	16483	14924	13643	18593	17120	15965
300	18176	16292	14768	20867	18975	17408
350	19703	17385	15678	22736	20526	18672
400	20565	18235	16365	24296	21786	19731
500	22185	19172	17492	26706	23277	21329
600	22965	20567	17962	28033	25203	22097
750	24136	21386	18888	28303	25430	22690
1000	25278	22539	19923	31490	28063	24887

Electrical Plan Review

# Point-To-Point Method Of Short-Circuit Calculation

Table 4. "M" (Multiplier).\*

f	M	f	M
0.01	0.99	1.50	0.40
0.02	0.98	1.75	0.36
0.03	0.97	2.00	0.33
0.04	0.96	2.50	0.29
0.05	0.95	3.00	0.25
0.06	0.94	3.50	0.22
0.07	0.93	4.00	0.20
0.08	0.93	5.00	0.17
0.09	0.92	6.00	0.14
0.10	0.91	7.00	0.13
0.15	0.87	8.00	0.11
0.20	0.83	9.00	0.10
0.25	0.80	10.00	0.09
0.30	0.77	15.00	0.06
0.35	0.74	20.00	0.05
0.40	0.71	30.00	0.03
0.50	0.67	40.00	0.02
0.60	0.63	50.00	0.02
0.70	0.59	60.00	0.02
0.80	0.55	70.00	0.01
0.90	0.53	80.00	0.01
1.00	0.50	90.00	0.01
1.20	0.45	100.00	0.01

$$* M = \frac{1}{1 + f}$$

Table 5. Short-Circuit Currents Available from Various Size Transformers

Voltage And Phase	KVA	Full Load Amps	% Impedance <sup>††</sup> (Nameplate)	Short Circuit Amps <sup>†</sup>
120/240 1 ph.*	25	104	1.59	11,574
	37 1/2	156	1.56	17,351
	50	209	1.54	23,122
	75	313	1.6	32,637
	100	417	1.6	42,478
120/208 3 ph.**	187	695	1.8	60,255
	25	69	1.6	4,791
	50	139	1.6	9,652
	75	208	1.11	20,821
	100	278	1.11	27,828
277/480 3 ph.**	150	416	1.07	43,198
	225	625	1.12	62,004
	300	833	1.11	83,393
	500	1388	1.24	124,373
	750	2082	3.5	66,095
2500	1000	2776	3.5	88,167
	1500	4164	3.5	132,190
	2000	5552	5.0	123,377
	2500	6950	5.0	154,444
	112 1/2	135	135	1.0
150		181	1.2	16,759
225		271	1.2	25,092
300		361	1.2	33,426
500		601	1.3	51,362
750	902	902	3.5	28,410
	1000	1203	3.5	38,180
	1500	1804	3.5	57,261
	2000	2406	5.0	53,461
	2500	3007	5.0	66,822

\* Single phase values are L-N values at transformer terminals. These figures are based on change in turns ratio between primary and secondary, 100,000 KVA primary, zero feet from terminals of transformer, 1.2 (%X) and 1.5 (%R) multipliers for L-N vs. L-L reactance and resistance values and transformer X/R ratio = 3.

\*\* Three-phase short-circuit currents based on "infinite" primary.

†† U.L. listed transformers 25 KVA or greater have a ±10% impedance tolerance. Short-circuit amps reflect a "worst case" condition.

† Fluctuations in system voltage will affect the available short-circuit current. For example, a 10% increase in system voltage will result in a 10% increase in the available short-circuit currents shown in the table.

Aluminum AWG or Conduit kcmil	Three Single Conductors						Three-Conductor Cable					
	Steel			Nonmagnetic			Steel			Nonmagnetic		
	600V	5KV	15KV	600V	5KV	15KV	600V	5KV	15KV	600V	5KV	15KV
14	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236
12	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
10	598	598	598	598	598	598	598	598	598	598	598	598
8	951	950	951	951	950	951	951	951	951	951	951	951
6	1480	1476	1472	1481	1478	1476	1481	1480	1478	1482	1481	1479
4	2345	2332	2319	2350	2341	2333	2351	2347	2339	2353	2349	2344
3	2948	2948	2948	2958	2958	2958	2948	2956	2948	2958	2958	2958
2	3713	3669	3626	3729	3701	3672	3733	3719	3693	3739	3724	3709
1	4645	4574	4497	4678	4631	4580	4686	4663	4617	4699	4681	4646
1/0	5777	5669	5493	5838	5766	5645	5852	5820	5717	5875	5851	5771
2/0	7186	6968	6733	7301	7152	6986	7327	7271	7109	7372	7328	7201
3/0	8826	8466	8163	9110	8851	8527	9077	8980	8750	9242	9164	8977
4/0	10740	10167	9700	11174	10749	10396	11184	11021	10642	11408	11277	10968
250	12122	11460	10848	12862	12343	11847	12796	12636	12115	13236	13105	12651
300	13909	13009	12192	14922	14182	13491	14916	14698	13973	15494	15299	14658
350	15484	14280	13288	16812	15857	14954	15413	16490	15540	17635	17351	16500
400	16670	15355	14198	18505	17321	16233	18461	18063	16921	19587	19243	18154
500	18755	16827	15657	21390	19503	18314	21304	20606	19314	22987	22381	20978
600	20093	18427	16484	23451	21718	19635	23633	23195	21348	25750	25243	23204
750	21766	19685	17686	25976	23701	20934	26431	25789	23750	29036	28262	25976
1000	23477	21235	19005	28778	26109	23482	29864	29049	26608	32338	31919	29135

## **ANEXO 4**

### **LISTAS DE CHEQUEOS**

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3**

**GRUPO DETRABAJO:**

LORNA PETAO LEON  
GINGER GILER CEDEÑO  
DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:****REVISIÓN:**

<b>LISTA DE CHEQUEO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>		<b>Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>No aplica</b>	<b>Normas aplicables</b>
<b>Cuarto de baterías</b>					
1	¿La sala de baterías dispone de suficiente ventilación para prevenir la acumulación de mezclas explosivas?		✓		NEC 2002 artículo 480 – 9(a) de la NFPA 70
2	¿cada celda ventilada posee un dispositivo anti-deflagrante en el venteo. las celdas no ventiladas tendran un dispositivo de alivio de presión?		✓		NEC 2002 artículo 480 – 10(a) de la NFPA 70
<b>Pararrayos</b>					
3	¿Los pararrayos existentes están instalados correctamente y son aprobados por las normas?		✓		IEC 62305-3

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3**

**GRUPO DETRABAJO:**

LORNA PETAO LEON

GINGER GILER CEDEÑO

DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:****REVISIÓN:**

<b>LISTA DE CHEQUEO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>		<b>Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>No aplica</b>	<b>Normas aplicables</b>
<b>Tableros eléctricos casa de control</b>					
1	Los puentes equipotenciales de los tableros, estan hechos en la misma dimensión del conductor de tierra del circuito que lo alimenta?		✓		NEC 2002 artículo 250.28 de la NFPA 70
2	El calibre de los conductores de tierra que acompañan los circuitos eléctricos cumplen con los calibres especificados? 2005.	✓			NEC 2002 tabla 250 - 122 de la NFPA 70
3	Las barras en los tableros de fuerza y control están montadas sobre aisladores y cumplen con las dimensiones correctas?	✓			NEC 2002 artículo 250.30(a)(4)(c) de la NFPA 70
4	¿Existen lámparas a prueba de explosión?		✓		NEC 2002 artículo 501.9(b) de la NFPA 70

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON

GINGER GILER CEDEÑO

DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:****REVISIÓN:**

<b>LISTA DE CHEQUEO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>		<b>Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>No aplica</b>	<b>Normas aplicables</b>
<b>Área de motores</b>					
1	¿Las conexiones eléctricas son a prueba de explosión para áreas clasificadas como peligrosas?		✓		NEC 2002 artículo 501 - 4b de la NFPA 70
2	¿Los instrumentos electrónicos y equipo eléctrico están marcados y especifican el área y la división a que pertenecen?	✓			NEC 2002 artículo 505-10 (b)(1) de la NFPA 70
3	¿Existen puentes de unión equipotencial e entre las bandejas porta cable que van desde el cuarto de control hasta los motores y están debidamente instalados?		✓		NEC 2002 artículo 440.4G1 de la NFPA 70
4	¿Se utilizan lámparas a prueba de explosión?	✓			NEC 2002 artículo 501 - 9 de la NFPA 70

**REFINERÍA LA LIBERTAD  
CASA DE BOMBAS 3**

**GRUPO DE TRABAJO:**

LORNA PETAO LEON

GINGER GILER CEDEÑO

DAVID PALMA MONCADA

**FECHA:****REVISIÓN:**

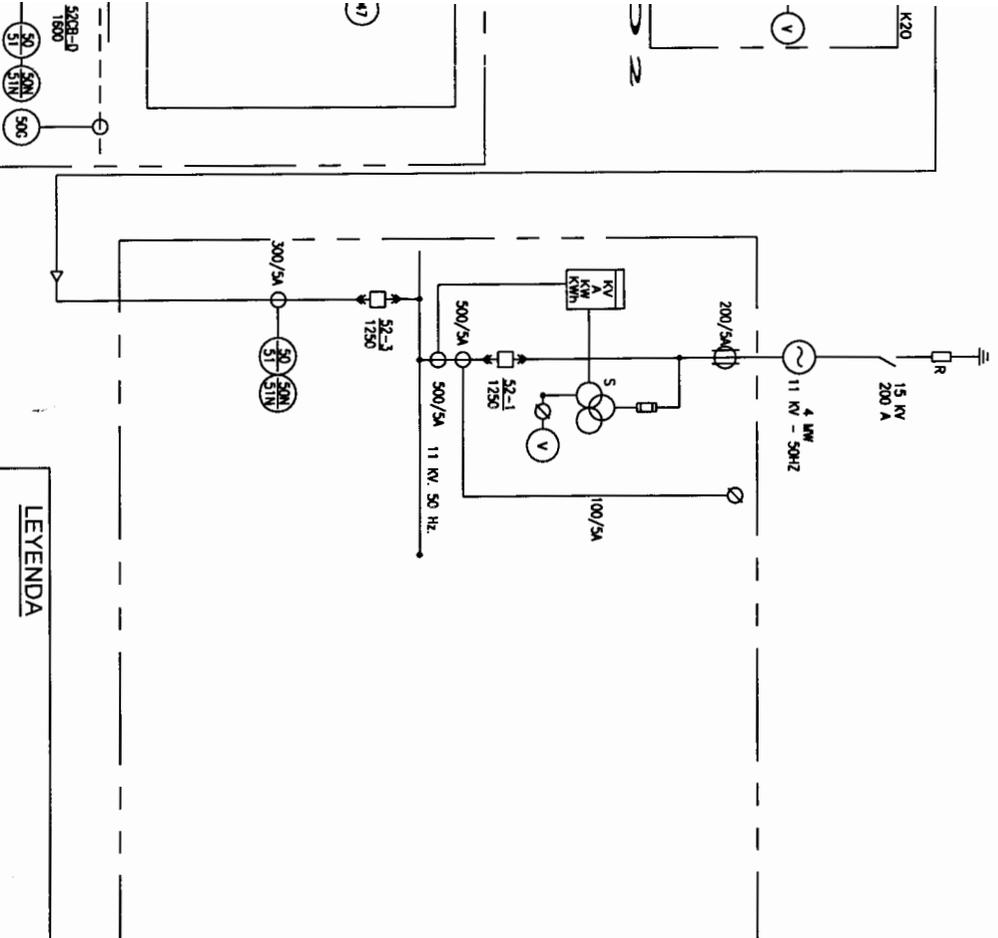
<b>LISTA DE CHEQUEO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>		<b>Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>No aplica</b>	<b>Normas aplicables</b>
5	¿ Existen sellos a la entrada y la salida de la caja de conexiones que alimenta a las luminarias?		✓		NEC 2002 artículo 501 – 5b de la NFPA 70
6	¿Los conductores además del aislamiento están protegidos de algún material a prueba de explosión?	✓			NEC 2002 artículo 501-13 de la NFPA 70

## **ANEXO 5**

**DIAGRAMA DE NODOS**

**SIMPLIFICADO**





**LEYENDA**

**SIMBOLOGIA**

25	RELE DE SINCRONIZACION	⏏	INTERRUPTOR
27	RELE DE BAJA VOLTAJE	⏏	INTERRUPTOR DE POTENCIA EXTRAIBLE MOTORIZADO
37	RELE DE BAJA CORRIENTE / MINIMA CARGA	⊖	GENERADOR
38	RELE DE SOBRETEMPERATURA COINTE DE MOTOR	Ⓜ	MOTOR
46	RELE DE DESBALANCE	Ⓜ	TRANSFORMADOR
47	RELE DE INMERSION DE FASES	— —	SECCIONADOR FUSIBLE
48	RELE DE DETECCION DE MOTOR BLOQUEADO	↓	TERMINAL DE CABLE
49	RELE DE SOBRETEMPERATURA DE ESTATOR	Ⓜ	VARIAOR DE VELOCIDAD
50	RELE INSTANTANEO DE SOBRECORRIENTE	⏏	INTERRUPTOR TERMOELECTRICO
51	TEMPORIZADO DE SOBRECORRIENTE	⏏	FUSIBLE
50C	RELE INSTANTANEO DE FALLA A TIERRA	Ⓜ	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
59	RELE DE SOBREVOLTAJE	Ⓜ	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
67	RELE DIFERENCIAL	⊗	LUZ INDICADORA DE NEON
87	RELE DIFERENCIAL	Ⓜ	MEDIDOR MULTIRRUNCION
3P	TRES POLOS	Ⓜ	DISPOSITIVO DE PROTECCION Y MEDICION
1P	UN POLO	Ⓜ	LANE CONMUTADORA
52	INDICA EL NOMBRE Y CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR	Ⓜ	SECCIONADOR 15 KV 200 A
1200	FRECUENCIA	Ⓜ	PARARAYOS
F <sub>s</sub>	FASMETRO	Ⓜ	REACTANCIA
		Ⓜ	FILTRO SENOIDAL
		Ⓜ	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TOTALIZADOR

**ESPOL**

ESTADO DEL PROYECTO: **PROYECTADA DE EJECUCION** - LA LIBERTAD

TITULO: **CAJA DE ENCLAVES 3**

**DIAGRAMA DE NODOS**

FECHA: \_\_\_\_\_

REVISION: \_\_\_\_\_

PROYECTADO: \_\_\_\_\_

REVISADO: \_\_\_\_\_

APROBADO: \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISION: \_\_\_\_\_

FECHA DE REVISION: \_\_\_\_\_

FECHA DE APROBACION: \_\_\_\_\_

FECHA DE EJECUCION: \_\_\_\_\_

FECHA DE CANCELACION: \_\_\_\_\_

FECHA DE BAJA: \_\_\_\_\_

FECHA DE ALTA: \_\_\_\_\_

FECHA DE RETIRO: \_\_\_\_\_

FECHA DE REINICIO: \_\_\_\_\_

FECHA DE CANCELACION: \_\_\_\_\_

FECHA DE BAJA: \_\_\_\_\_

FECHA DE ALTA: \_\_\_\_\_

FECHA DE RETIRO: \_\_\_\_\_

FECHA DE REINICIO: \_\_\_\_\_

0.41 / 4.16KV  
30 / 75MVA  
450 / 630KVA  
10 - 80 HZ

TA  
TP  
PV

IP 21

**NODO 7**

**NODO 6**

INTERRUPTOR APT  
VF-4

52C3-D  
1600  
50  
51  
50C

47

K20  
V

2

4 MW  
11 KV, 50 HZ

15 KV  
200 A

R

200/5A  
500/5A  
500/5A  
100/5A

52-1  
1250

52-2  
1250

50  
51  
50C

5

V