



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos en  
Subestaciones Eléctricas en Baja Tensión de la FIEC”

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**Especialización: Electrónica y Automatización  
Industrial**

**Presentado por:**

Milton Ernesto Eras Yaguana  
Iván Enrique Pilligua Castillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2009

## **AGRADECIMIENTO**

Gratitud infinita a DIOS y a nuestras familias que en todo momento depositaron su confianza y apoyo al desarrollo de nuestras carreras.

Un agradecimiento para el Ing. Juan Gallo Galarza quien nos brindo su apoyo de forma desinteresada con sus conocimientos para la culminación de este proyecto de graduación.

## DEDICATORIA

A mi familia  
por el apoyo brindado,  
en especial a mi madre  
que ha sido mi fuerza moral  
y un digno ejemplo a seguir.  
A mi novia Laura a quien amo  
y admiro por su persistencia  
en la culminación de sus estudios.

Iván Enrique

## DEDICATORIA

A mis padres

Lcda. Mariana Yaguana

Y Econ Franco Eras

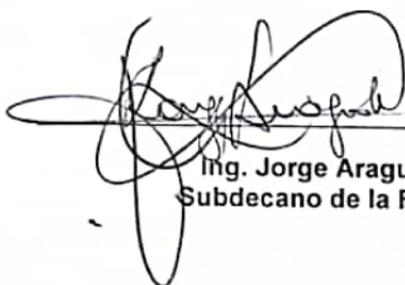
Quienes con su esfuerzo

Y apoyo hicieron de mi lo que soy

Sin ustedes no hubiese llegado hasta aquí

Milton Ernesto

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



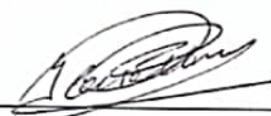
---

Ing. Jorge Aragundi  
Subdecano de la FIEC



---

Ing. Juan Gallo G.  
Director del Proyecto de Graduación



---

Ing. Holger Cevallos U.  
Miembro del Tribunal



---

Ing. Gustavo Bermudez  
Miembro del Tribunal

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

Art. 12 del Reglamento de Graduación

---

Milton Ernesto Eras Yaguana

---

Iván Enrique Pilligua Castillo

## RESUMEN

El presente trabajo desarrollado es sobre el **“ANALISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRITICOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC”**. Las subestaciones a estudiar constan de un cuarto (agrupando transformadores y tableros de distribución) ubicados en las inmediaciones de nuestra facultad, además se analizara la subestación del nuevo edificio de la FIEC (consta de un transformador trifásico tipo padmounted y su respectivo cuarto distribuidor). Cabe indicar que el transformador trifásico se localiza en los exteriores de este edificio, mientras que el cuarto distribuidor esta al interior del mismo.

- En el primer capítulo se describen las subestaciones eléctricas de la FIEC (incluida la tipo Padmounted) que serán el objeto de nuestro análisis. Aquí se mencionara acerca de su ubicación, tipo

de edificación, dispositivos (transformadores, sistema protección, etc.) y las dimensiones de dichas subestaciones.

- En el segundo capítulo mediante listas de chequeo llenadas en el sitio (subestaciones eléctricas) se identificaron los peligros y los riesgos asociados. Además se elaboraron planos de las zonas con riesgo de incendio así como también planos de la extensión de áreas clasificadas todo esto con respecto a las subestaciones eléctricas de la FIEC, a fin de analizar con mas detalles aspectos como: materiales adecuados en la edificación, iluminación y ventilación adecuada, etc.
- En el tercer capítulo definimos las normas de seguridad eléctrica que usaremos para indicar de una manera técnica las falencias encontradas en las subestaciones de la FIEC. Los aspectos más importantes a considerar son: espacios de seguridad alrededor de equipos, iluminación, ventilación, señalización de seguridad, entre otras.
- En el cuarto capítulo explicamos a breves rasgos los métodos de valorización de riesgos; para este trabajo escogimos el Método “FINE” por su facilidad de aplicación y entendimiento. Además se clasificaron los factores de riesgos encontrados a partir de la lista de chequeo realizadas con anterioridad. Se describe también

criterios para la administración de control riesgos con respecto a las subestaciones de la FIEC.

- En el quinto capítulo aplicamos la valoración de riesgos con el método Fine en las subestaciones de la FIEC, a fin de conocer los puntos de control críticos (riesgos de criticidad alta) que serán prioritarios tener en consideración al momento de realizar mantenimiento alguno en las subestaciones eléctricas.
- En el sexto capítulo se darán sugerencias para disminuir la criticidad de los riesgos encontrados a fin de precautelar la integridad del personal de mantenimiento así como también de lo material que integran las subestaciones.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XXII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>

### **CAPÍTULO I**

#### **DESCRIPCION GENERAL DE LAS SUBESTACIONES**

<b>ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC</b> .....	<b>2</b>
1.1 Introducción .....	2
1.2 Alimentación de las subestaciones electricas .....	3
1.2.1 Alimentación principal de distribución eléctrica para la FIEC (ESPOL) .....	4
1.2.2 Alimentación del cuarto de celda de media tensión de la FIEC .....	5

1.2.3	Esquema de conexión entre celda de media tensión y subestaciones electricas de la FIEC.....	6
1.2.4	Ubicación de las subestaciones electricas.....	7
1.2.4.1	Subestacion eléctrica “C/T 23”.....	7
1.2.4.2	Subestacion eléctrica “C/T 21”.....	8
1.2.4.3	Subestacion eléctrica “C/T 22”.....	8
1.2.4.4	Subestacion eléctrica tipo Padmounted.....	9
1.3	Configuración de las subestaciones eléctricas.....	12
1.3.1	Descripción del tipo de edificación de las subestaciones electricas.....	13
1.3.1.1	Subestacion eléctrica “C/T 23”.....	13
1.3.1.2	Subestacion eléctrica “C/T 21”.....	15
1.3.1.3	Subestacion eléctrica “C/T 22”.....	16
1.3.1.4	Subestacion eléctrica tipo Padmounted.....	18
1.3.2	Elementos y dispositivos de fuerza y control presente en las subestaciones electricas en baja tensión de la FIEC.....	19
1.3.2.1	Configuración subestación eléctrica “C/T 23”....	20
1.3.2.1	Configuración subestación eléctrica “C/T 21”....	22
1.3.2.1	Configuración subestación eléctrica “C/T 22”....	24
1.3.2.1	Configuración subestación eléctrica tipo	

Padmounted.....	26
1.3.3 Dimensiones actuales en las subestaciones electricas...	27
1.3.3.1.1 Subestacion eléctrica “C/T 23” .....	27
1.3.3.1.2 Subestacion eléctrica “C/T 21” .....	27
1.3.3.1.3 Subestación eléctrica “C/T 22” .....	28
1.3.3.1.4 Subestación eléctrica tipo Padmounted.....	28

## **CAPÍTULO II**

<b>IDENTIFICACION DE PELIGROS Y RIESGOS EN LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC.....</b>	<b>33</b>
2.1 Generalidades.....	33
2.2 Definiciones.....	34
2.3 Tipos de peligros.....	42
2.3.1 Aplicación de listas de chequeo.....	43
2.3.2 Peligros y sus respectivos riesgos encontrados en las subestaciones electricas de la FIEC.....	48
2.3.2.1 Peligros debido a la seguridad. ....	48
2.3.2.2 Peligros eléctricos.....	50
2.3.2.3 Peligros debido al ambiente/lugar de trabajo.....	52

2.3.2.4 Peligros físicos.....	54
2.3.2.5 Otros peligros. ....	56
2.4 Zonas de riesgo en las subestaciones electricas en baja tensión de la FIEC.....	67
2.4.1 Extensión de zona con riesgo de incendio en las subestaciones en baja tensión de la FIEC.....	68
2.4.1.1 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 23”.....	69
2.4.1.2 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 21”.....	71
2.4.1.3 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 22”.....	73
2.4.1.4 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica tipo Padmounted.....	75
2.4.2 Área clasificada presente en las subestaciones electricas de la FIEC.....	77
2.4.2.1 Área clase 1 división 1.....	78
2.4.2.2 Área clase 1 división 2.....	79
2.4.2.3 Extensión de las áreas clasificadas en las subestaciones electricas.....	79

## **CAPÍTULO III**

<b>NORMAS Y ESTANDARES DE APLICACIÓN EN LA SEGURIDAD DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC.....</b>	<b>84</b>
3.1 Importancia de las normas de seguridad eléctrica para el funcionamiento normal y óptimo de la subestación eléctrica en baja tensión .....	84
3.1.1 Generalidades.....	85
3.1.2 Clases o tipos de normas de seguridad eléctrica.....	86
3.1.3 Aplicación de normas electricas en las subestaciones en baja tensión .....	87
3.2 Espacio de trabajo en las subestaciones electricas en baja. tensión de la FIEC.....	88
3.2.1 Distancias mínimas de seguridad requeridas en las subestaciones electricas en baja tensión.....	90

3.3 Iluminación en una subestación eléctrica en baja tensión.....	91
3.3.1 Iluminación mínima requerida en las subestaciones eléctricas en baja tensión.....	92
3.3.2 Método de lúmenes para el cálculo de iluminación.....	92
3.4 Ventilación en una subestación eléctrica en baja tensión.....	95
3.4.1 Ventilación natural o artificial en las subestaciones eléctricas en baja tensión.....	96
3.4.2 Normas para ventilación en subestaciones eléctricas en baja tensión.....	97
3.5 Señalización y medidas de seguridad en las subestaciones eléctricas en baja tensión.....	99
3.5.1 Sistemas de candado y etiqueta.....	100
3.5.2 Letreros de seguridad.....	101
3.5.3 Colores y señales de seguridad.....	102
3.6 Verificación de normas en las subestaciones eléctricas en baja tensión de la FIEC.....	105
3.6.1 Subestacion eléctrica “C/T 23”.....	105
3.6.2 Subestacion eléctrica “C/T 21”.....	110
3.6.3 Subestacion eléctrica “C/T 22”.....	111

3.6.4 Subestacion eléctrica tipo Padmounted.....	112
--	-----

## **CAPÍTULO IV**

### **METODO DE VALORACION DE RIESGOS EN LAS**

### **SUBESTACIONES EN BAJA TENSION DE LA FIEC..... 113**

4.1 Introducción.....	113
4.2 Metodología de aplicación Fine para valoración de riesgos en una subestación eléctrica en baja tensión.....	114
4.2.1 Planeación para usar el Método Fine.....	115
4.2.2 Factores de Riesgo.....	116
4.2.2.1 Peligros debido a la seguridad.....	117
4.2.2.2 Peligros eléctricos.....	117
4.2.2.3 Peligros debido al ambiente/lugar de trabajo....	117
4.2.2.4 Peligros físicos.....	118
4.2.2.5 Otros peligros.....	118
4.2.3 Escalas para valoración de factores de riesgo.....	118
4.3 Actividades para administración de control de riesgos en una subestación eléctrica.....	121

4.3.1	Identificación del trabajo.....	121
4.3.1.1	El área de trabajo.....	122
4.3.1.2	Herramientas de trabajo.....	123
4.3.1.3	El trabajo a realizar.....	123
4.3.1.4	Implementos de trabajo.....	124
4.3.2	Estándares o normas.....	124
4.3.2.1	Normatividad para espacio de trabajo alrededor de equipos.....	125
4.3.2.2	Normatividad para iluminación en las subestaciones electricas.....	126
4.3.2.3	Normatividad para ventilación en las subestaciones electricas.....	127
4.3.2.4	Normatividad para transformadores en las subestaciones electricas.....	128
4.3.2.5	Normatividad para conductores en baja tensión.....	132
4.3.2.6	Normatividad para tableros de distribución....	133
4.3.2.7	Normatividad para barras en tableros de distribución.....	134
4.3.2.8	Normatividad para dispositivos de protección.....	135
4.3.3	Medición.....	136

4.3.3.1 Mediciones realizadas en subestación eléctrica	
“C/T 23” .....	136
4.3.3.2 Mediciones realizadas en subestación eléctrica	
“C/T 21” .....	137
4.3.3.3 Mediciones realizadas en subestación eléctrica	
“C/T 22” .....	138
4.3.3.4 Mediciones realizadas en subestación eléctrica	
tipo Padmounted.....	139
4.3.4 Evaluación.....	140
4.3.4.1 Subestacion eléctrica “C/T 23” .....	141
4.3.4.2 Subestacion eléctrica “C/T 21” .....	142
4.3.4.3 Subestacion eléctrica “C/T 22” .....	143
4.3.5 Correcciones.....	144
4.3.5.1 Subestacion eléctrica “C/T 23” .....	144
4.3.5.2 Subestacion eléctrica “C/T 21” .....	146
4.3.5.3 Subestacion eléctrica “C/T 22” .....	148
4.3.5.4 Subestacion eléctrica tipo Padmounted.....	150

## **CAPÍTULO V**

### **VALORACION DE RIESGOS EN LAS SUBESTACIONES**

#### **DE LA FIEC MEDIANTE EL METODO FINE PARA**

#### **IDENTIFICACION DE PUNTOS DE CONTROL CRITICOS..... 151**

5.1 Aplicaciones del método de valoración “Fine” en las subestaciones electricas.....	151
5.1.1 Riesgos de seguridad.....	153
5.1.2 Riesgos eléctricos.....	153
5.1.3 Ambiente y lugar de trabajo.....	154
5.1.4 Riesgos físicos.....	154
5.1.5 Otros riesgos.....	155
5.2 Resultados de valoración de riesgos en las subestaciones electricas de la FIEC.....	155
5.2.1 Tabla de valoración de riesgos en la subestación eléctrica "C/T 23".....	156
5.2.2 Tabla de valoración de riesgos en la subestación	

eléctrica "C/T 21".....	157
5.2.3 Tabla de valoración de riesgos en la subestación eléctrica "C/T 22".....	158
5.2.4 Tabla de valoración de riesgos en la subestación eléctrica tipo "Padmounted".....	159
5.2.5 Puntos de control crítico encontrados en las subestaciones eléctrica de la FIEC.....	160

## **CAPÍTULO VI**

### **SOLUCIONES PARA LA PREVENCION DE LOS**

### **RIESGOS CRITICOS EN LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS**

<b>EN BAJA TENSION DE LA FIEC.....</b>	<b>165</b>
6.1 Definiciones.....	165
6.2 Protecciones contra riesgos eléctricos en las subestaciones eléctricas en baja tensión.....	167
6.3 Protecciones contra efectos térmicos en las subestaciones eléctricas en baja tensión.....	168

6.4 Protección contra incendios.....	169
6.5 Procedimientos de seguridad para trabajar en las subestaciones electricas.....	171
6.5.1 Normas básicas de seguridad en las subestaciones electricas.....	172
6.5.2 Procedimientos para realizar mantenimiento en subestaciones electricas.....	173
6.5.3 Importancia de los implementos de seguridad eléctrica.....	174
6.5.4 Clasificación del material de protección personal....	175
6.6 Aplicaciones del mantenimiento de subestaciones electricas en baja tensión.....	176
6.6.1 Inspección.....	177
6.6.2 Procedimiento de mantenimiento aplicado.....	178
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>180</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## ***ÍNDICE DE FIGURAS***

		Página
Fig. 1	Montaje para acometida subterránea trifásica.	5
Fig. 1.a	Celda de media tensión de la FIEC.	5
Fig. 2	Diagrama unifilar de conexión entre celda de media Tensión y subestaciones eléctricas de la FIEC	6
Fig. 3	Ubicación de las subestaciones eléctricas de la FIEC	10
Fig. 4	Ubicación de la subestación eléctrica tipo Padmounted	11
Fig. 5	Vista exterior subestación eléctrica "C/T 23"	14
Fig. 6	Vista exterior subestación eléctrica "C/T 21"	16
Fig. 7	Vista exterior subestación eléctrica "C/T 22"	17
Fig. 8	Vista exterior transformador trifásico tipo Padmounted	18
Fig. 9	Banco de transformadores reductores conexión y-y	19
Fig. 10	Banco de transformadores subestación eléctrica "C/T 23"	21
Fig. 11	Tableros de distribución en subestación eléctrica "C/T 23"	22

Fig. 12	Banco de transformadores subestación eléctrica “C/T 21”	23
Fig. 13	Tableros de distribución en subestación eléctrica “C/T 21”	23
Fig. 14	Banco de transformadores subestación eléctrica “C/T 22”	25
Fig. 15	Tableros de distribución en subestación eléctrica “C/T 22”	25
Fig. 16	Tableros de distribución en subestación eléctrica tipo Padmounted.	26
Fig. 17	Vista de planta de las dimensiones actuales en subestación eléctrica “C/T 23”.	29
Fig. 18	Vista de planta de las dimensiones actuales en subestación eléctrica “C/T 21”.	30
Fig. 19	Vista de planta de las dimensiones actuales en subestación eléctrica “C/T 22”.	31
Fig. 20	Vista de planta de las dimensiones actuales en cuarto distribuidor de subestación eléctrica tipo Padmounted	32
Fig. 21	Transformadores con ausencia de foso de recogida de aceite.	58
Fig. 22	Transformadores sin el debido espacio de seguridad.	58
Fig. 23	Terminales de baja tensión sobrecargados de conductores.	59
Fig. 24	Evidencia de retiro incorrecto de revestimiento en conductores.	59
Fig. 25	Formas de cómo retirar el revestimiento a los	60

conductores.

Fig. 26	Presencia de polvo por falta de limpieza.	60
Fig. 27	Dimensiones incorrectas e incómodas para trabajar.	61
Fig. 28	Dimensiones incorrectas en cuarto distribución de subestación eléctrica tipo Padmounted.	61
Fig. 29	Tableros de distribución sin señales de seguridad.	62
Fig. 30	Iluminación insuficiente en subestación eléctrica "C/T 23".	62
Fig. 31	Iluminación mal ubicada subestación eléctrica "C/T 21".	63
Fig. 32	Aberturas de ventilación subestación eléctrica "C/T 22".	63
Fig. 33	Celosías para ventilación subestación eléctrica "C/T 22".	64
Fig. 34	Aberturas de ventilación subestación eléctrica "C/T 21".	64
Fig. 35	Corrosión en soportes de conductores.	65
Fig. 36	Corrosión en base de transformadores.	65
Fig. 37	Forma errónea de colocar una funda sellada.	66
Fig. 38	Conductores pelados sin un encintado de seguridad.	66
Fig. 39a	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica "C/T 23" (vista frontal).	69
Fig. 39b	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica "C/T 23" (vista superior).	69
Fig. 40a	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica "C/T 21" (vista frontal).	69
Fig. 40b	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica "C/T 21"	72

	(vista superior)	
Fig. 41a	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica “C/T 22” (vista frontal).	73
Fig. 41b	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica “C/T 22” (vista superior).	74
Fig. 42a	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica tipo Padmounted (vista frontal).	75
Fig. 42b	Zonas con riesgo incendio subestación eléctrica tipo Padmounted” (vista superior).	76
Fig. 43	Área clasificada presente subestación eléctrica “C/T 23”.	80
Fig. 44	Área clasificada presente subestación eléctrica “C/T 21”.	81
Fig. 45	Área clasificada presente subestación eléctrica “C/T 22”.	82
Fig. 46	Área clasificada presente subestación eléctrica tipo Padmounted”.	83
Fig. 47	Distancias mínimas de seguridad alrededor de equipos.	90
Fig. 48	Circuito de ventilación.	97
Fig. 49	Diagrama unifilar subestación eléctrica “C/T 23”.	106
Fig. 50	Altura de ubicación para luminarias en subestación eléctrica “C/T 23”.	108
Fig. 51	Diagrama unifilar subestación eléctrica “C/T 21”.	ANEX 3
Fig. 52	Diagrama unifilar subestación eléctrica “C/T 22”.	ANEX 3
Fig. 53	Diagrama unifilar subestación eléctrica tipo Padmounted	ANEX 3

Fig. 54 Distancias mínimas de seguridad alrededor de equipos ANEX 3 en subestación eléctrica tipo Padmounted

### **ÍNDICE DE TABLAS**

		Página
Tabla 1	Características en edificación subest. eléctrica “C/T 23”	14
Tabla 2	Características de edificación subest. eléctrica “C/T 21”	15
Tabla 3	Características de edificación subest. eléctrica “C/T 22”	17
Tabla 4	Características de edificación en cuarto distribuidor de subestación eléctrica tipo Padmounted”	18
Tabla 5	Lista de chequeo para identificación de peligros	43
Tabla 6	Lista de chequeo realizada en subest. eléctrica “C/T 23”.	44
Tabla 7	Lista de chequeo realizada en subest. eléctrica “C/T 21”.	45
Tabla 8	Lista de chequeo realizada en subest. eléctrica “C/T 22”.	46
Tabla 9	Lista de chequeo realizada en subestación eléctrica tipo Padmounted”.	47
Tabla 10	Espacios de trabajo alrededor de equipos.	89
Tabla 11	Niveles de iluminación.	91
Tabla 12	Niveles de iluminación mínima.	92
Tabla 13	Factor de utilización para lámparas tipo fluorescentes.	93
Tabla 14	Factor de reflexión techo, pared y piso.	94

Tabla 15	Factores de mantenimiento de luminarias.	94
Tabla 16	Señales de seguridad.	103
Tabla 16a	Señalización mínima de seguridad a existir en las subestaciones electricas.	104
Tabla 17	Calculo de conductores y dispositivos de protección en subestación eléctrica “C/T 23”.	107
Tabla 18	Calculo de iluminación subestación eléctrica “C/T 23”.	108
Tabla 19	Calculo de conductores y dispositivos de protección subestación eléctrica “C/T 21”.	ANEX 3
Tabla 20	Calculo de iluminación subestación eléctrica “C/T 21”.	ANEX 3
Tabla 21	Calculo de conductores y dispositivos de protección en subestación eléctrica “C/T 22”.	ANEX 3
Tabla 22	Calculo de iluminación subestación eléctrica “C/T 22”.	ANEX 3
Tabla 23	Calculo de conductores y dispositivos de protección en subestación eléctrica tipo Padmounted”.	ANEX 3
Tabla 24	Calculo de iluminación en subestación eléctrica tipo Padmounted.	ANEX 3
Tabla 25	Niveles de consecuencias del riesgo.	119
Tabla 26	Niveles de exposición a un riesgo.	119
Tabla 27	Niveles de probabilidad del riesgo.	120
Tabla 28	Niveles del grado de riesgo.	120

Tabla 29	Área mínima de los cuartos para transformadores.	128
Tabla 30	Niveles de voltaje y corriente tomados en entrada de tableros de distribución subestación eléctrica “C/T 23”.	136
Tabla 31	Calculo capacidad carga en sub. eléctrica “C/T 23”.	137
Tabla 32	Niveles de voltaje y corriente tomados en entrada de tableros de distribución subestación eléctrica “C/T 21”.	137
Tabla 33	Calculo de capacidad de carga en la subestación eléctrica “C/T 21”.	138
Tabla 34	Niveles de voltaje y corriente tomados en entrada de tableros de distribución subestación eléctrica “C/T 22”.	138
Tabla 35	Calculo de capacidad de carga en la subestación eléctrica “C/T 22”.	139
Tabla 36	Niveles de voltaje y corriente tomados en la salida del transformador trifásico tipo Padmounted.	139
Tabla 37	Calculo de capacidad de carga en la subestación eléctrica tipo Padmounted.	140
Tabla 38	Dimensiones comparativas en subestación eléctrica “C/T 23”.	141
Tabla 39	Dimensiones comparativas en subestación eléctrica “C/T 21”.	142
Tabla 40	Dimensiones comparativas en subestación eléctrica “C/T 22”.	143

Tabla 41	Modelo de tabla para valoración de riesgos.	152
Tabla 42	Valoración de Riesgos subestación eléctrica “C/T 23”.	156
Tabla 43	Valoración de Riesgos subestación eléctrica “C/T 21”.	157
Tabla 44	Valoración de Riesgos subestación eléctrica “C/T 22”.	158
Tabla 45	Valoración de Riesgos subestación eléctrica tipo Padmounted.	159
Tabla 46	Resultado de valoración de riesgos en subestación eléctrica “C/T 23”.	161
Tabla 47	Resultado de valoración de riesgos en subestación eléctrica “C/T 21”.	162
Tabla 48	Resultado de valoración de riesgos en subestación eléctrica “C/T 22”.	163
Tabla 49	Resultado de valoración de riesgos en subestación eléctrica tipo Padmounted.	164
Tabla 50	Normas aplicadas al material de protección personal.	175
Tabla 51	Lista de chequeo de los dispositivos en la subestación eléctrica.	178
Tabla 52	Acciones realizadas en el mantenimiento de las subestaciones eléctricas.	179

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo 1

Tabla de conductores

### Anexo 2

Tablas de factores de utilización para luminaria

Flujo luminoso de fluorescentes de 40 W

### Anexo 3

Figura 53: Diagrama unifilar subestación eléctrica “C/T 21”

Tabla 19: Calculo de conductores y dispositivo de protección en subestación eléctrica “C/T 21 “

Tabla 20: Calculo de iluminación en subestación eléctrica “C/T 21”

Ventilación en subestación eléctrica “C/T 21”

Figura 54: Diagrama unifilar subestación “C/T 22”

Tabla 21: Calculo de conductores y dispositivo de protección

en subestación eléctrica “C/T 22 “

Tabla 22: Calculo de iluminación en subestación eléctrica  
“C/T 22”

Ventilación en subestación eléctrica “C/T 22”

Figura 55: Diagrama unifilar subestación tipo “Padmounted”

Tabla 23: Calculo de conductores y dispositivo de protección  
en subestación eléctrica tipo “Padmounted “

Tabla 24: Calculo de iluminación en Cuarto de distribución de  
subestación eléctrica tipo “Padmounted”

Ventilación en Cuarto de distribución de subestación eléctrica  
tipo “Padmounted!

Figura 56: Distancias mínimas de seguridad alrededor de  
equipos en cuarto de distribución de subestación tipo  
“Padmounted”

#### Anexo 4

Dimensiones en cuartos para transformadores NORMAS  
“NATSIM” (CENEL-ECUADOR)

#### Anexo 5

Régimen laboral Ecuatoriano – Capítulo IV “De las indemnizaciones en caso de accidentes”

## GLOSARIO DE TERMINOS.

KV.- Kilo voltio

CU.- Cobre

m.- metro

cm.- centímetro

mm.- milímetro

C/T.- Cuarto de transformadores

S/E.- Subestación eléctrica

UPS.- Fuente de poder ininterrumpida

1 Ø.- Monofásico

3 Ø.- Trifásico

A.- Amperios

°C.- Grados centígrados

IEC.- Comisión electrotécnica internacional

KVA.- kilo voltio amperio

MCM.- Unidad de calibre de cable (mil circular mil)

FIEC.- Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación.

AWG.- Calibre estadounidense para cables. Los AWG son unidades utilizadas para expresar los tamaños de conductores.

NEC.- Estándar para las instalaciones eléctricas seguras mínimas, adoptado de alguna manera como ley en los 50 estados de Estados Unidos.

NFPA 70E.- Corolario del NEC conocido como estándar para la seguridad eléctrica en el lugar de trabajo, es también utilizado por OSHA para dictar los lineamientos de la seguridad en el trabajo.

NATSIM.- Normas de acometida, Cuartos de transformación y sistemas de Medición para suministro de Electricidad

# INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es el de contar con documentos de seguridad eléctrica basados en normas internacionales y establecer las áreas peligrosas en las subestaciones eléctricas que enfocamos primordialmente en las subestaciones de la FIEC. Lograremos dar soporte a la identificación de riesgos y designar instrucciones de seguridad durante los trabajos de mantenimiento en estas áreas; a fin de hacer una ponderación del grado de riesgo o peligros que podrían ocurrir en estas subestaciones. Nos valemos del sistema de valorización de riesgos de FINE para visualizar de una manera más clara los puntos críticos dentro de este análisis.

En el desarrollo de este tema se establecen las principales causas, peligros y zonas de riesgos que estén involucrados a la hora del mantenimiento, revisión, supervisión o reparación de algunos de los dispositivos eléctricos dentro de las subestaciones eléctricas de la FIEC.

# CAPITULO 1

## DESCRIPCION GENERAL DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC.

### 1.1. Introducción.

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de dirigir la energía de una manera optima, es decir, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los equipos y para el personal de operación y mantenimiento. Los criterios de confiabilidad, las condiciones físicas del lote, la disposición de líneas de llegada y salida, los requerimientos de accesos internos, serán fundamentales en la determinación de la disposición y configuración eléctrica de la subestación.

En este capítulo pretendemos explicar y describir brevemente el escenario donde se va a desarrollar el análisis de esta investigación; que lo constituyen todos los cuartos que alojan bancos de transformadores, los mismos los llamaremos subestaciones eléctricas en baja tensión. Otro escenario serán el

transformador trifásico tipo “Padmounted” y su respectivo cuarto distribuidor de energía.

## **1.2. Alimentación de las subestaciones eléctricas en baja tensión de la FIEC.**

La Subestación Eléctrica MAPASINGUE que tiene una relación de transformación de 69KV / 13.8KV es la encargada de suministrar la energía eléctrica al Campus Gustavo Galindo ubicado en el sector la Prosperina. El Campus Politécnico cuenta con varios cuartos de transformadores para distribuir la energía hacia los diferentes sectores del recinto universitario.

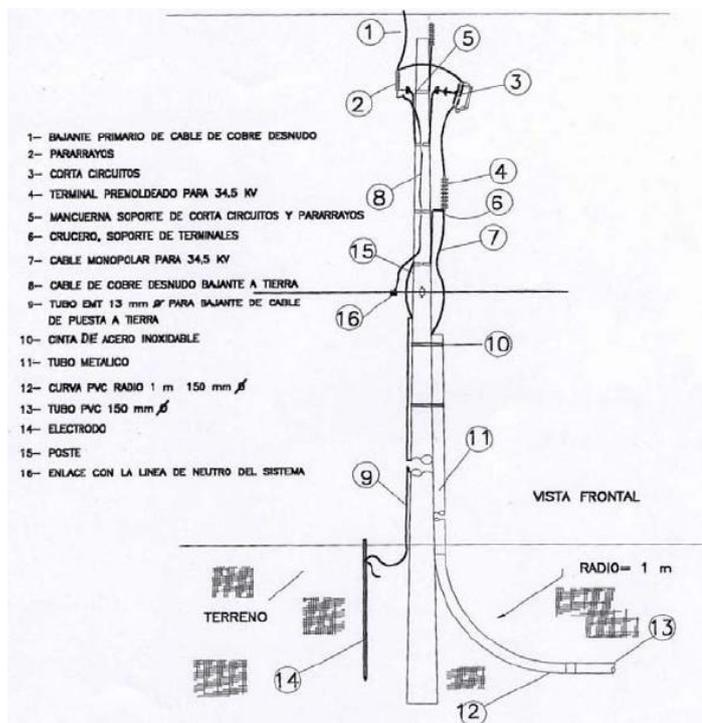
### **1.2.1 Alimentación principal de distribución eléctrica para la FIEC.**

La tensión eléctrica de 13.8 KV circula a lo largo de las líneas primarias de distribución sostenidas por postes de hormigón armado, llega a unas cuchillas fusibles bifurcándose entre el

cuarto de maniobras y un cuarto de transformadores que alimenta el Centro de Difusión y Publicación. Desde las cuchillas fusibles sale una acometida subterránea de 3 conductores con características 3 x (2 – AWG – Cu – XLP – 15KV) cubriendo una distancia de 257m hasta llegar a otra cuchilla fusible ubicada en la celda de media tensión. La figura 1 muestra mejor los detalles de esta alimentación, con la diferencia que no se aprecia la conexión con la celda de media tensión.

### **1.2.2 Alimentación del cuarto de celda de media tensión de la FIEC.**

La celda de media tensión tiene seccionadores trifásicos que permiten abrir o cerrar el circuito de tensión eléctrica alimentando a las 3 subestaciones electricas que en su interior constan de bancos trifásicos a partir de transformadores monofásicos y a la subestación trifásica tipo padmounted, objetos de nuestro estudio. En la figura abajo mostrada se presenta los exteriores de la celda de media tensión llamado también cuarto de maniobras.



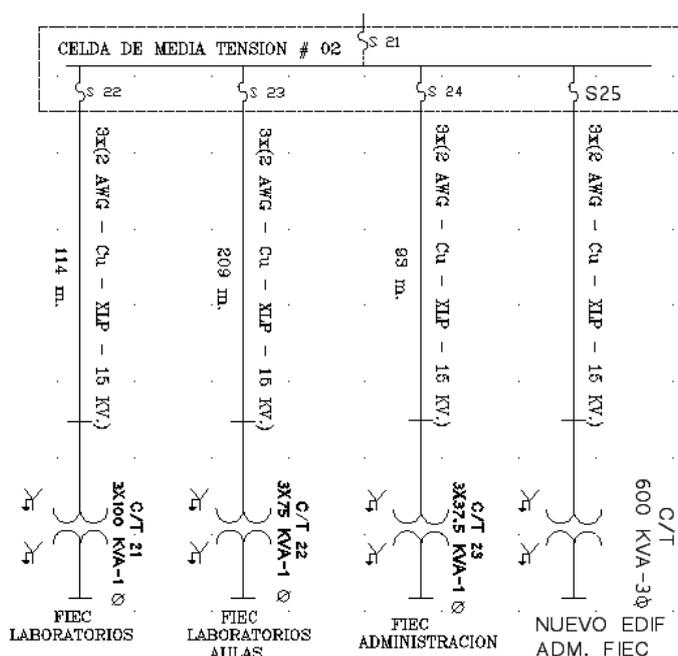
**Figura 1. Montaje para acometida subterránea trifásica.**



**Figura 1a. Celda de media tensión para la FIEC.**

### 1.2.3 Esquema de conexión entre celda de media tensión con subestaciones eléctricas de la FIEC.

La celda de media tensión y todo el Campus Politécnico son alimentados por la subestación eléctrica Mapasingue. Las subestaciones eléctricas de la FIEC se conectan con la celda de media tensión mediante una conexión tipo radial debido a que tiene solo una vía de alimentación, ósea, cualquier punto de consumo es alimentado por un solo camino eléctrico. En la figura muestra el esquemático de conexión entre la celda de media tensión con las diferentes subestaciones eléctricas de la FIEC.



**Figura 2. Diagrama unifilar de conexión entre celda de media tensión y subestaciones eléctricas de la FIEC.**

#### 1.2.4 Ubicación de las subestaciones electricas.

Las subestaciones eléctricas de la FIEC están repartidas a fin de poder abastecer de energía a toda la facultad, cabe mencionar que las subestaciones a estudiar, son alimentadas en forma subterránea. A continuación detallamos la ubicación de cada una de ellas:

#### **1.2.4.1 Subestación eléctrica “C/T 23”.**

Localizada justo atrás del ex–edificio de gobierno y administración de la FIEC frente al parqueadero de profesores, siendo independiente de alguna otra estructura. Desde el cuarto de celda de media tensión salen 3 conductores en forma subterránea de características 3 x (2 AWG – Cu – XLP – 15KV) cubriendo una distancia de 93m hasta llegar a la subestación eléctrica. La figura 3 presenta en detalle la ubicación de la subestación mencionada.

#### **1.2.4.2 Subestación eléctrica “C/T 21”.**

Ubicada contiguo al laboratorio de sistemas de potencia y frente al laboratorio de electrónica de potencia. Desde el cuarto de celdas salen 3 conductores en forma subterránea de características 3 x (2 AWG – Cu – XLP – 15KV) cubriendo una distancia de 114m hasta la subestación eléctrica, abasteciendo de energía a oficinas de computación, laboratorios de maquinaria, sistemas de potencia, electrónica de potencia. La figura 3 presenta en forma detallada la ubicación de esta subestación.

#### **1.2.4.3 Subestación eléctrica “C/T 22”.**

Ubicada junto al laboratorio de redes eléctricas y a los baños, por los alrededores se encuentra la FEPOL. Desde el cuarto de celdas salen 3 conductores en forma subterránea de características 3 x (2 AWG – Cu – XLP – 15KV) cubriendo una distancia de 209m hasta la subestación eléctrica, abasteciendo de energía a los laboratorios de redes eléctricas, automatización, electrónica, sistemas digitales, robótica, comunicaciones y aulas de cátedra. La figura 3 presenta mejor los detalles de la ubicación de la subestación que se menciona.

#### **1.2.4.4 Subestación eléctrica tipo Padmounted.**

Está ubicado entre la celda de media tensión y el nuevo edificio de gobierno de la FIEC. Desde el cuarto de celdas salen 3 conductores en forma subterránea de características 3 x (2 AWG – Cu – XLP – 15KV)–cubriendo una distancia de 20m hasta llegar al transformador trifásico tipo padmounted de 600KVA. La energía eléctrica suministrada del transformador trifásico se reparte al cuarto de distribución ubicado al interior del edificio de la FIEC, en el mencionado cuarto existen 3 tableros de distribución eléctrica y un sistema de emergencia UPS. La figura 4 presenta en forma detallada la ubicación de la subestación que se menciona.



**Figura 3. Ubicación de las subestaciones eléctricas de la FIEC.**



**Figura 4. Ubicación de la subestación eléctrica tipo Padmounted.**

### **1.3 Configuración de las subestaciones electricas.**

Todas las subestaciones eléctricas de la FIEC salvo la tipo “Padmounted” están conformadas por un cuarto semi-cerrado que aloja el banco de transformadores, los conductores, tableros y demás dispositivos. Cabe mencionar que existe una reja divisora de seguridad en cada cuarto; para separar los bancos de transformadores y los tableros de distribución; con excepción de la subestación tipo Padmounted.

La subestación tipo “Padmounted” está conformada por el transformador trifásico Ecuatran de 600 KVA (ubicado a la intemperie) y un cuarto eléctrico o cuarto de distribución localizado al interior del edificio de gobierno de la FIEC.

### **1.3.1 Descripción del tipo de edificación de las subestaciones eléctricas.**

Es importante tener conocimiento acerca de: estructura de construcción de las subestaciones, las puertas de acceso, la dimensión de los ventanales, linderos para verificar si hay posibilidad de riesgos eléctricos, incendios u otros peligros. A continuación detallamos las características de cada subestación.

#### **1.3.1.1 Subestación eléctrica “C/T 23”.**

La tabla mostrada abajo indica algunas características de la estructura con la que cuenta dicha subestación; además en la figura se aprecia los exteriores de la subestación eléctrica para tener en claro como está constituida (materiales).

**Tabla 1. Características de edificación subestación eléctrica “C/T 23”.**

Características	Dato de instalación actual
Altura	3.37metros
Paredes	Bloques de hormigón
Piso	Losa de hormigón armado
Cubierta	Losa de hormigón armado
Rejillas de ventilación	frontal : 2.04m largo x 0.49m ancho posterior : 3.25m largo x 0.49m ancho lateral : 5m largo x 0.49m ancho 5m largo x 0.49m ancho
Dimensiones Puerta	2.10m de alto x 0.98m de ancho. Puerta de plancha metálica

**Figura 5. Vista exterior en subestación eléctrica “C/T 23”.**

### 1.3.1.2 Subestación eléctrica “C/T 21”.

La tabla mostrada abajo indica algunas características de la estructura con la que cuenta dicha subestación; además en la figura se aprecia los exteriores de la subestación eléctrica para tener en claro como está constituida (materiales).

**Tabla 2. Características de edificación subestación eléctrica “C/T 21”.**

Características	Dato de instalación actual
Altura	3.44metros
Paredes	Bloques de hormigón
Piso	Losa de hormigón armado
Cubierta	Losa de hormigón armado
Rejillas de ventilación	lateral: 3.22m largo x 0.60m ancho
Dimensiones Puerta	2.10 m de alto x 1.0m de ancho. Puerta de plancha metálica



**Figura 6. Vista exterior de subestación eléctrica “C/T 21”.**

#### **1.3.1.3 Subestación eléctrica “C/T 22”.**

La tabla mostrada abajo indica algunas características de la estructura con la que cuenta dicha subestación; además en la figura se aprecia los exteriores de la subestación eléctrica para tener en claro como está constituida (materiales).

**Tabla 3. Características de edificación subestación eléctrica “C/T 22”.**

Características	Dato de instalación actual
Altura	4.5metros
Paredes	Bloques de hormigón
Piso	Losa de hormigón armado
Cubierta	Losa de hormigón armado
Rejillas de ventilación	frontal: 1.80m largo x 0.63m ancho 1.60m largo x 0.63m ancho Lateral: 3.0m largo x 0.63m ancho
Dimensiones puerta	2.10 m de alto x 0.98m de ancho. Puerta de plancha metálica

**Figura 7. Vista exterior de subestación eléctrica “C/T 22”.**

#### 1.3.1.4 Subestación eléctrica tipo “Padmounted” 600 KVA.

Aquí damos las características de la estructura de distribución presente en la subestación eléctrica tipo Padmounted.

**Tabla 4. Características de edificación cuarto distribución de subestación eléctrica tipo Padmounted.**

Características	Dato de instalación actual
Altura	3,0 Metros
Paredes	Bloques de hormigón
Piso	Losa de hormigón armado
Cubierta	Losa de hormigón armado
Dimensiones Puerta de cuarto de Distribución	2 m de alto x 1.60 m de ancho. Puerta de madera



**Figura 8. Vista exterior de transformador trifásico tipo Padmounted.**

### 1.3.2 Elementos y/o dispositivos presentes en las subestaciones electricas.

Las subestaciones de la FIEC son trifásicas concebidas a partir de tres transformadores monofásicos de igual relación de transformación y la misma impedancia. Cada transformador lleva dos bornes de alta y tres de baja que se conectan entre sí para obtener la transformación trifásica deseada. Véase en la figura 11 el esquema explicado, con la diferencia que la figura presenta solo dos bornes de baja para cada transformador.

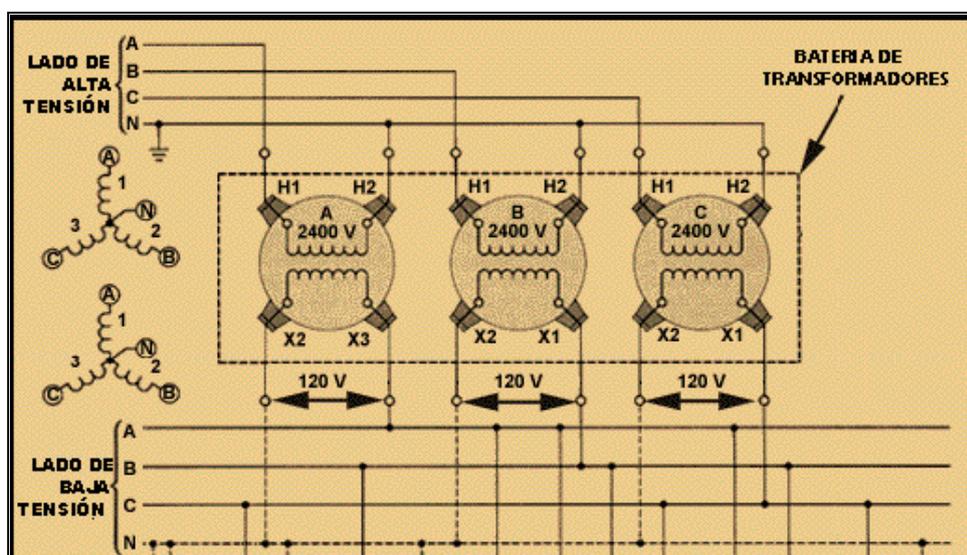


Figura 9. Banco de Transformadores Reductores Conexión Y-Y

(Información de Universidad San Simón Cochabamba)

El sistema proporciona una energía trifásica de 208 Volts para cargas de motores trifásicos, como un equipo pesado en el departamento de Maquinaria Industrial. Además energía monofásica de 208 volts para cargas pequeñas de motores

monofásicos, como equipo de laboratorio de controles industriales, evidentemente puede producir también una corriente monofásica de 120 volts para cargas de alumbrado, que se emplean en todos el edificios de gobierno y laboratorios de la FIEC.

#### **1.3.2.1 Configuración subestación eléctrica “C/T 23”.**

Esta S/E cuenta con las siguientes características:

- Banco de 3 transformadores 1Ø marca “Westinghouse” de potencia 37.5 KVA cada uno.
- Conexión Y – Y aterrizado
- 13800 / 220 – 127 V 3Ø
- Potencia total del banco de transformadores de 112.5 KVA
- Breaker principal del tablero de distribución de 350A - 3 polos.
- 2 tableros de distribución junto con caja porta breaker para el nuevo comedor de la FIEC.
- Transformador de corriente.

Cuenta con conductores de interconexión en alta y en baja tensión para la distribución de energía hacia los tableros de distribución.

En las figuras abajo mostradas apreciamos el banco de

transformadores y los tableros de distribución con los que cuenta la subestación.



**Figura 10. Banco de transformadores de subestación eléctrica “C/T 23”.**



### **Figura 11. Tableros de distribución en subestación eléctrica “C/T 23”.**

#### **1.3.2.2 Configuración subestación eléctrica “C/T 21”.**

Esta S/E cuenta con las siguientes características:

- 3 Transformadores 1Ø marca “Westinghouse” de potencia 100 KVA cada uno.
- Conexión Y – Y aterrizado
- 13800 / 220 – 127 V 3Ø
- Potencia total del banco de transformadores de 300 KVA
- Breaker principal del tablero de distribución de 800A – 3 polos.
- 1 tablero de distribución.
- 1 caja porta breaker 3 polos 200 A
- Transformador de corriente.

En las figuras se aprecia el banco de transformadores y los tableros de distribución con los que cuenta la subestación.



**Figura 12. Banco de transformadores en subestación eléctrica “C/T21”.**



**Figura 13. Tablero de distribución en subestación eléctrica “C/T21”.**

### **1.3.2.3 Configuración subestación eléctrica “C/T 22”.**

Esta S/E cuenta con las siguientes características:

- 3 Transformadores 1Ø marca “Westinghouse” de potencia 75 KVA cada uno.
- Conexión Y – Y aterrizado
- 13800 / 220 – 127 V 3Ø
- Potencia total del banco de transformadores de 225 KVA
- Breaker principal del tablero de distribución de 800A – 3 polos.
- 1 tablero de distribución, 1 transformador 20kva.

En las figuras abajo mostradas apreciamos el banco de transformadores y los tableros de distribución con los que cuenta la subestación.



**Figura 14. Banco de transformadores en subestación eléctrica “C/T 22”.**



**Figura 15. Tablero de distribución en subestación eléctrica “C/T22”.**

#### **1.3.2.4 Configuración subestación eléctrica tipo “Padmounted”.**

Esta S/E cuenta con las siguientes características:

- 1 transformador 3Ø marca “Ecuatran” de potencia 600KVA (intemperie).
- 13800 / 220 – 127 V 3Ø.
- 3 tableros de distribución, además 1 UPS (40 Kva).
- Breaker principal del tablero de distribución de 2000A – 3 polos.



**Figura 16. Tablero de distribución de subestación eléctrica tipo “Padmounted”.**

### **1.3.3 Dimensiones actuales en las subestaciones electricas.**

Para hacer una evaluación de los espacios de trabajo mínimos que deben existir, y las dimensiones mínimas entre dispositivos de la subestación, hemos realizado las mediciones correspondientes a cada cuarto y las mostramos a continuación.

#### **1.3.3.1 Subestación eléctrica “C/T 23”.**

La Fig.17 muestra las dimensiones con la que cuenta esta subestación; las que están dadas en m.

#### **1.3.3.2 Subestación eléctrica “C/T 21”.**

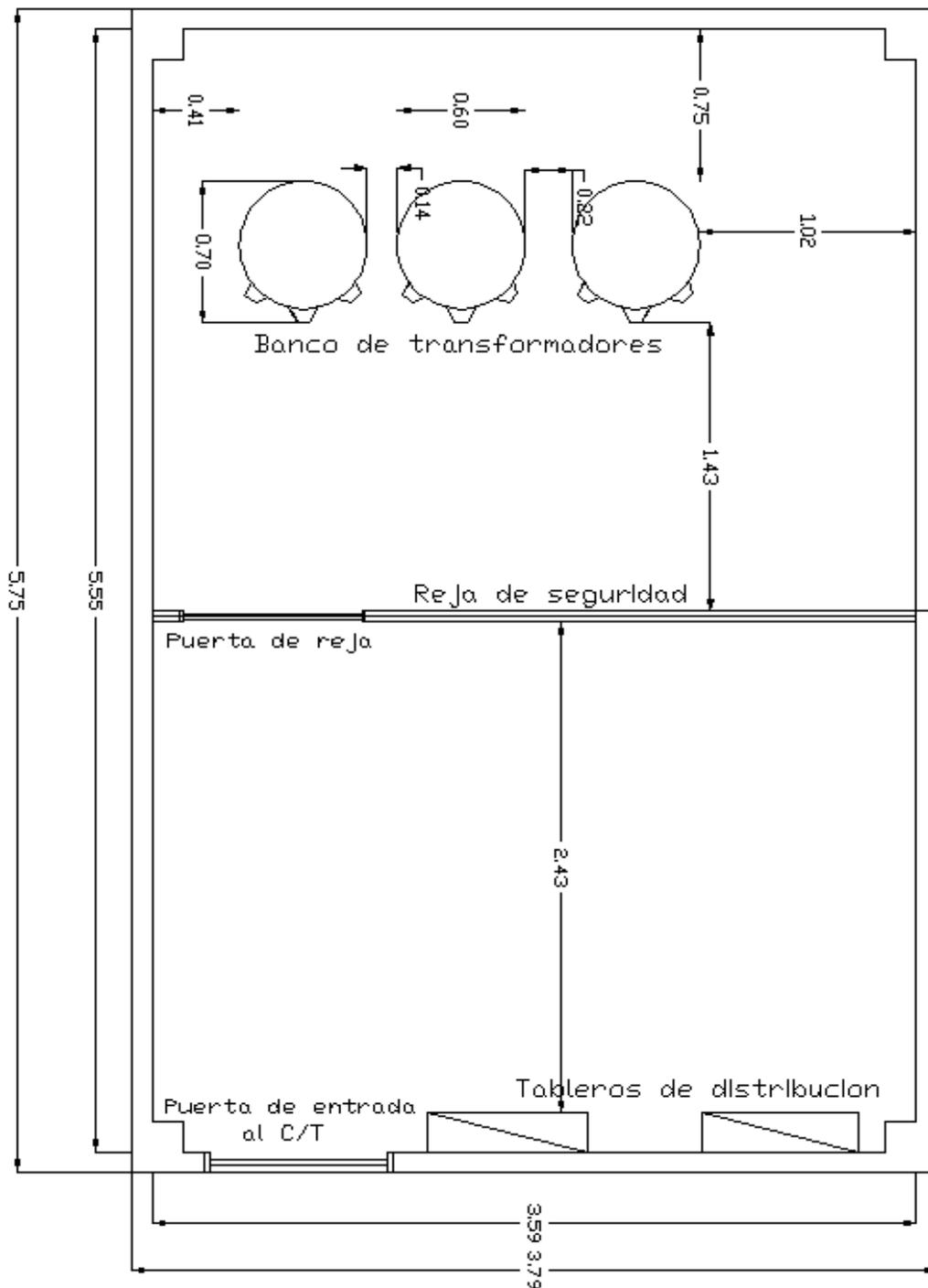
La Fig.18 muestra las dimensiones con la que cuenta esta subestación; las que están dadas en m.

#### **1.3.3.3 Subestación eléctrica “C/T 22”.**

La Fig.19 muestra las dimensiones con la que cuenta esta subestación; las que están dadas en m.

#### **1.3.3.4 Subestacion eléctrica tipo “Padmounted” 600 KVA.**

La Fig.20 muestra las dimensiones con la que cuenta esta subestación; las que están dadas en m.



**Figura 17. Vista de planta de las dimensiones actuales en subestación eléctrica “C/T 23”.**

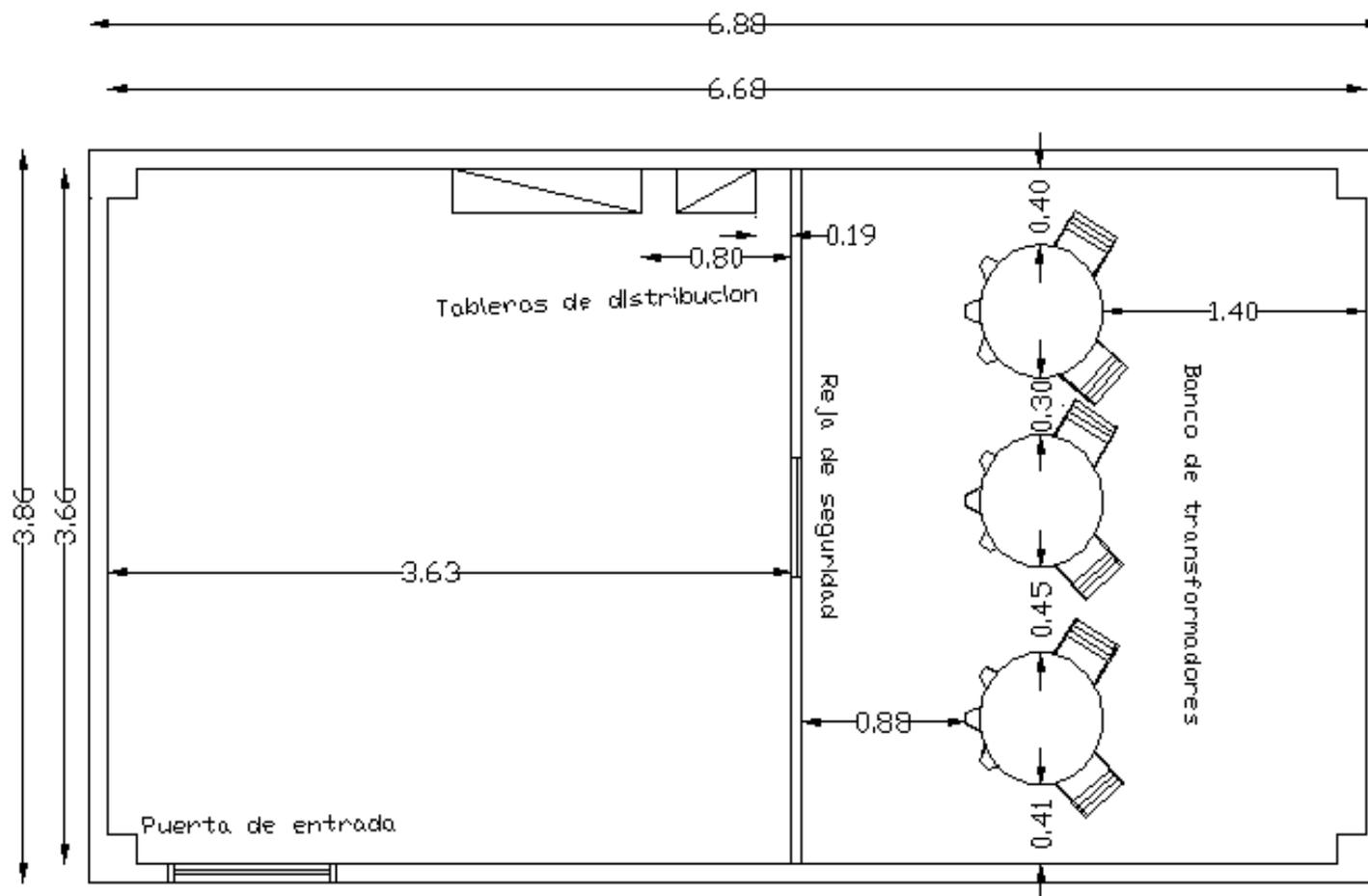


Figura 18. Vista de planta de las dimensiones actuales en subestación eléctrica "C/T 21".

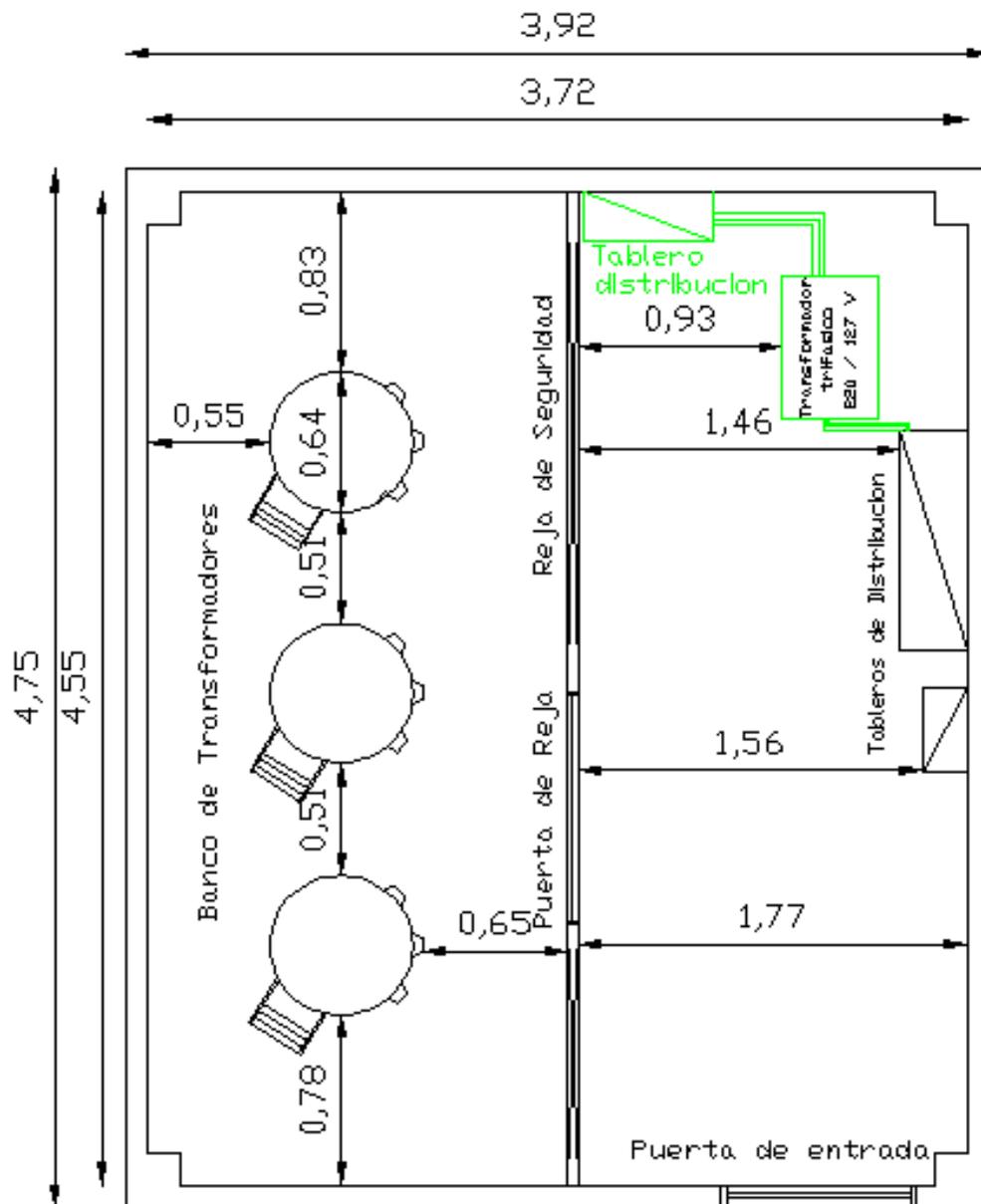
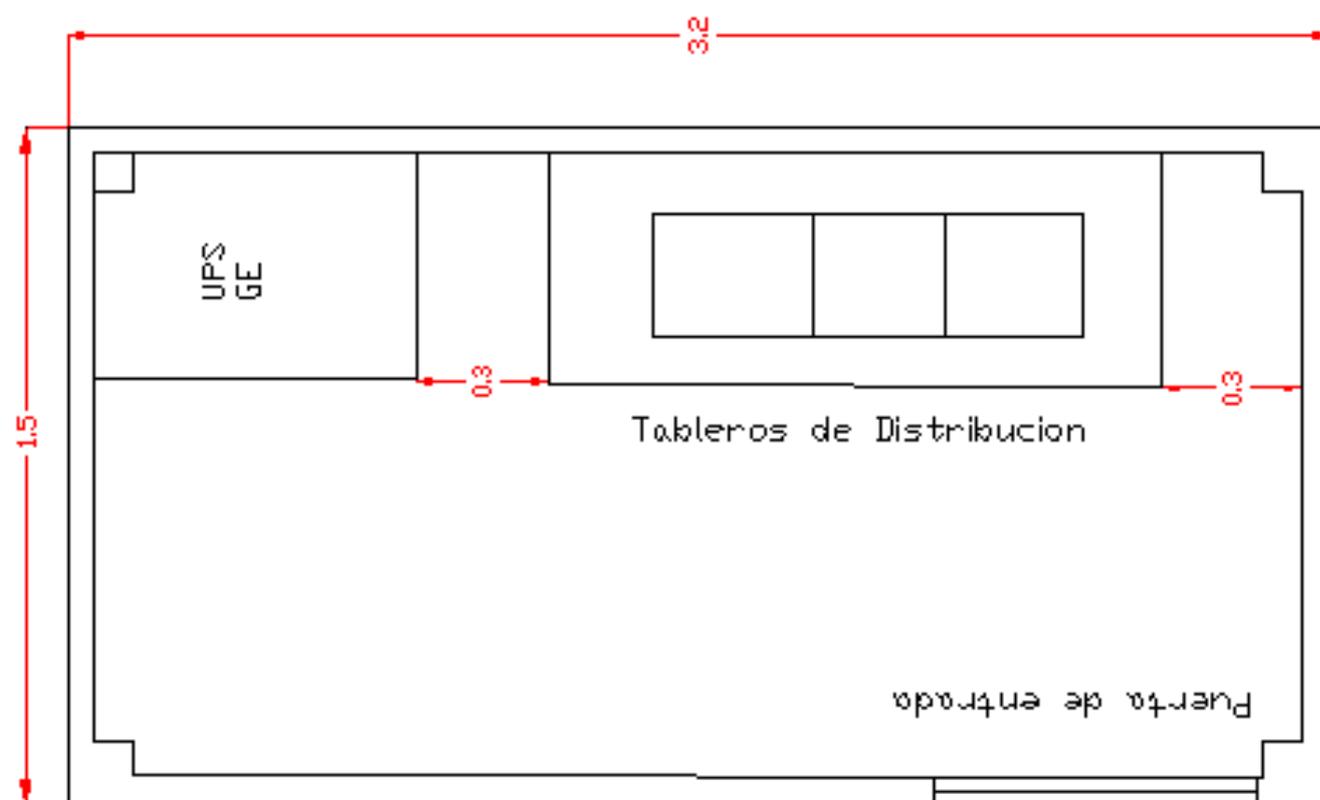


Figura 19. Vista de planta de las dimensiones actuales en subestación eléctrica "C/T 22".



**Figura 20. Vista de planta de dimensiones actuales en cuarto distribuidor de subestación eléctrica tipo Padmounted.**

## **CAPITULO 2**

### **IDENTIFICACION DE PELIGROS EN LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION DE LA FIEC.**

#### **2.1 Generalidades.**

Debemos considerar siempre que el factor humano va a estar presente manteniendo el correcto funcionamiento de una instalación eléctrica. Los riesgos eléctricos están asociados con los efectos de la electricidad y con el empleo de las instalaciones eléctricas; además unida al hecho de que la corriente eléctrica no es perceptible por los sentidos, hacen caer a las personas en una rutina, despreocupación y falta de prevención en su uso.

Cabe mencionar que los riesgos eléctricos afectan tanto a las personas como a las infraestructuras (edificaciones e instalaciones). Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en la evaluación de peligros y su correspondiente valoración para prevenir riesgos eléctricos.

## **2.2 Definiciones.**

ACOMETIDA.- Derivación de la red del servicio público correspondiente, que llega hasta el elemento de corte del inmueble.

ACCIDENTE ELECTRICO.- Daño ocasionado por un peligro debido a la presencia de un riesgo eléctrico no reducido.

ANÁLISIS DE RIESGO / PELIGRO.- Uso sistemático de la información disponible, para determinar la frecuencia con la que pueden ocurrir eventos específicos y la magnitud de sus consecuencias.

ARCO ELECTRICO.- Es una descarga de corriente a través del aire en los equipos eléctricos con un conductor vivo expuesto a otro a tierra. Cuando se forma un arco eléctrico, el aire del plasma se sobrecalienta en un período muy corto de tiempo, lo cual causa

una rápida expansión del aire circundante, produciendo una onda de presión que puede alcanzar presiones del orden de 1000 kg/m<sup>2</sup>.

AREA CLASE I.- 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.

AREA CLASE 1 DIVISION 1.- Es el área en la cual:

- Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
- Existen intermitentemente o periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de operación.
- Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

AREA CLASE I DIVISION 2.- Son lugares en donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores. Están contiguos a los de Clase I, División 1.

CARGA CONTINUA.- Aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más.

CAUSAS.- Fundamento u origen del riesgo o peligro en un proceso o entorno específico.

CONSECUENCIAS.- Alteración en el estado de salud de las personas y los daños materiales resultantes de la exposición a factores de riesgo ocupacionales.

CONTROLES.- Son todos los elementos o dispositivos requeridos para prevenir y reducir los peligros.

DEFENSAS.- Cuidados adicionales que nos van a reducir las consecuencias de un accidente, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia.

DISPOSITIVO.- Unidad en un sistema eléctrico diseñada para conducir, pero no para consumir energía eléctrica.

**DISTANCIA DE SEGURIDAD.-** Es la mínima distancia entre una línea energizada y una zona donde se garantiza que no habrá un accidente por acercamiento.

**EVALUACIÓN DEL RIESGO / PELIGRO.-** Proceso usado para determinar las prioridades de gestión del riesgo o peligro mediante la comparación del nivel del riesgo contra normas preestablecidas, niveles del riesgo objeto u otros criterios.

**EXPOSICIÓN.-** Frecuencia con que las personas los materiales, productos o la estructura de la empresa entran en contacto con los factores de riesgo.

**EXTINTOR.-** Aparato autónomo que contiene un agente para apagar el fuego, eliminando el oxígeno.

**FACTOR DE RIESGO.-** Es todo elemento cuya presencia o modificación, aumenta la probabilidad de producir un daño a quien está expuesto a él.

**FUEGO CLASE C.-** El originado en equipos eléctricos energizados.

**FUENTE DE PELIGRO.-** Es la parte o partes de un equipo de sus instalaciones por donde se escapan sustancias explosivas o inflamables al medio ambiente durante su operación o mantenimiento.

**FUSIBLE.-** Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica en un tiempo determinado.

**FRECUENCIA.-** Medida de la tasa de ocurrencia de un evento, expresada como el número de ocurrencias de un evento en un tiempo determinado.

**GESTIÓN DEL RIESGO.-** Cultura, procesos y estructuras que se dirigen hacia la gestión eficiente y eficaz en la prevención, control y los efectos adversos de los riesgos.

**GRADO DE PELIGROSIDAD.-** Es un dato cuantitativo obtenido para cada factor de riesgo identificado, el cual permite identificar que tan potencialmente dañino es éste en comparación con los demás factores de riesgo de la empresa en estudio.

**HIGIENE INDUSTRIAL.-** Estudia las condiciones que pueden producir una enfermedad a través de la identificación, evaluación y control de las concentraciones de los diferentes contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en los puestos de trabajo.

**IGNICION.-** Acción y efecto de estar un cuerpo encendido cuando es combustible, es decir se enciende y luego sigue en combustión independientemente de la causa que originó la ignición.

**ILUMINANCIA.-** Flujo luminoso por unidad de superficie que incide sobre una superficie. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

**INCIDENTE DE TRABAJO.-** Es un suceso repentino no deseado que ocurre por las mismas causas que se presentan los accidentes de trabajo, solo que por razones del azar no desencadena lesiones en las personas, daños a los bienes de la empresa o impactos significativos en los bienes de la empresa.

**INFLAMABLE.-** Capaz de encenderse fácilmente, incendiar intensamente o flama que se propaga fácilmente.

**NEUTRO.-** Conductor activo equipotencializado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, bien solidamente o a través de una impedancia limitadora.

**PARTES VIVAS.-** Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.

**PERSONA CALIFICADA.-** Quien en virtud de certificados expedidos por entidades competentes o títulos académicos acredita su formación profesional y un adecuado conocimiento del diseño, la instalación, construcción, operación o mantenimiento de los equipos eléctricos y de los riesgos asociados.

**PELIGRO.-** Circunstancia en la que es probable que suceda algún accidente.

**PROBABILIDAD.-** Posibilidad de que ocurra un evento o resultado específico.

**RIESGO.-** Es la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un período de tiempo definido.

**SOBRECARGA.-** Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.

**SOBRECORRIENTE.-** Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La corriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

**SUBESTACION.-** Conjunto de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinada a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

**SUBESTACION DE DISTRIBUCION.-** Subestación que toma potencia de circuitos de media tensión y la entrega al nivel requerido por el usuario.

**SUBESTACION DE PEDESTAL.-** Subestación que se instala a la intemperie y en la cual el transformador se monta sobre una base de concreto.

**TABLERO DE DISTRIBUCION.-** Conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales.

**TEMPERATURA DE IGNICION.-** Es la más baja temperatura a que una sustancia (sólida o líquida) debe ser calentada para iniciar una combustión que se sostenga por si misma independiente de las fuentes externas de calor.

**TEMPERATURA DE INFLAMACION.-** Relacionado con líquidos solamente. Es la mínima temperatura en la cual un líquido suelta suficiente vapor para formar una mezcla con aire que se encenderá bajo condiciones de prueba prescritas.

**TEMPERATURA DE FUEGO.-** También está relacionada solamente a líquidos, es la temperatura más baja en la que la combustión de un vapor causará el calor suficiente para continuar evaporando el líquido y mantener la combustión.

TEMPERATURA DE ENCENDIDO ESPONTANEO.- Es la temperatura más baja en la cual una sustancia en este caso un líquido o la fase de un gas se encenderá espontáneamente.

VENTILACION ADECUADA.- Ventilación (natural o artificial) que es suficiente para prevenir la acumulación en cantidades significativas de vapor-aire o mezcla gas-aire en concentraciones mayores del 25% de su límite (explosivo) inferior de inflamabilidad.

ZONA DE PELIGRO.- Espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión.

### **2.3. Tipos de peligros.**

Los aspectos principales relacionados con la prevención de los peligros en las subestaciones eléctricas se deben evaluar en una guía o manual técnico de reparación y mantenimiento, de esta forma se proporciona condiciones y prácticas seguras al trabajar al interior de ellas. Aquí se presenta el modelo de lista de chequeo que usamos para identificar los peligros en las subestaciones eléctricas.

### 2.3.1 Aplicación de listas de chequeo.

LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA FIEC			
LUGAR DE TRABAJO : .....	UBICACIÓN : .....		
EVALUADOR : .....	FECHA INSPECCION : .....		
TECNICO AYUDANTE AREA:			
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestacion en lugares seguros.			
2.- Dimensiones de la subestación acorde a normas establecidas.			
3.- Dimensiones de seguridad entre equipos (transformadores, tableros de distribución, etc.) acorde a normas establecidas.			
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.			
5.- Existencia de puerta de acceso acorde a normas establecidas.			
6.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.			
7.- Existencia de sistemas de detección o extinción de incendios.			
8.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.			
9.- Existencia de foso para recoger el aceite de transformadores.			
10.- Falta de limpieza en subestación.			
11.- Corrosión en partes metálicas de la subestación.			
12.- Sulfatacion en terminales de baja tension de transformadores			
13.- Elementos de subestación aterrizados.			
14.- Materiales adecuados en estructura de subestacion electrica.			
15.- Ventilación adecuada			
16.- Iluminación general (adecuada y ubicada correctamente).			
17.- Existencia de iluminación de emergencia.			
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS:			

Tabla 5. Lista de chequeo para identificación de peligros.

LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA FIEC			
LUGAR DE TRABAJO	SUBESTACION ELECTRICA "C/T 23"		UBICACIÓN INMEDIACIONES PARQUES DE LA FIEC
EVALUADOR	IVAN PILLIGUA		FECHA INSPECCION AGOSTO 24 2009
TECNICO AYUDANTE AREA: TEC MANTILLA			
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestación en lugares seguros.		✓	TIENE UNA EDIFICACION PROPIA PERO JUNTO A EDIFICIO DE CONCURRENCIA.
2.- Dimensiones de la subestación acorde a normas establecidas.		✓	NO CUMPLE EN AREA DE TRANSFORMADORES
3.- Dimensiones de seguridad entre equipos (transformadores, tableros de distribución, etc.) acorde a normas establecidas.		✓	RIESGOSO DAR MANTENIMIENTO ENTRE TRANSFORMADORES
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.		✓	NO EXISTE SEÑAL ALGUNA
5.- Existencia de puerta de acceso acorde a normas establecidas	✓		PUERTA PERMANECE CERRADA
6.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.		✓	SE DESCONOCE QUE CARGA SE ALIMENTA
7.- Existencia de sistemas de detección o extinción de incendios.		✓	FALTAN AMBOS
8.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.		✓	NO HAY
9.- Existencia de foso para recoger el aceite de transformadores.		✓	EVIDENCIA DE DERRAME DE ACEITE
10.- Falta de limpieza en subestación.	✓		EXISTENCIA DE BASURA
11.- Corrosión en partes metálicas de la subestación.	✓		EN BASE DE TRANSFORMADORES Y TABLEROS DISTRIBUCION
12.- Sulfatación en terminales de baja tensión de transformadores.		✓	SOLO SOBRECARGADOS DE CONDUCTORES
13.- Elementos de subestación aterrizados.		✓	ARMARIOS Y REJA SEGURIDAD NO ATERORIZADOS
14.- Materiales adecuados en estructura de subestación eléctrica.		✓	PAREDES CUARTEADAS
15.- Ventilación adecuada	✓		REVISAR LA VENTILACION EN PUERTA ACCESO
16.- Iluminación general (adecuada y ubicada correctamente).		✓	UBICADA ENCIMA DEL AREA DE TRANSFORMADORES
17.- Existencia de iluminación de emergencia.		✓	NO EXISTE
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS: ABERTURA DE VENTILACION ESTA UBICADA EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PUERTA PRINCIPAL. SIN LA AYUDA DEL TECNICO DE AREA SE DESCONOCERIA QUE CARGAS ALIMENTA CADA DISPOSITIVO PROTECCION (BREAKER), SOLO LOS TRANSFORMADORES ESTAN ATERORIZADOS; LA MALLA PROTECTORA (DIVIDE AREA DE TRANSFORMADORES Y AREA DE TABLEROS DE DISTRIBUCION) NO ESTA ATERORIZADA AL IGUAL QUE LOS ARMARIOS Y BANDEJAS PORTA CONDUCTORES. FALTA ILUMINACION CERCANA A LOS ARMARIOS.			

Tabla 6. Lista de Chequeo realizada en subestación eléctrica “C/T 23”.

LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA FIEC			
LUGAR DE TRABAJO SUBESTACION ELECTRICA "C/T 21"	UBICACIÓN		CONTIGUO AL LAB. ELECTRON. POTENCIA
EVALUADOR IVAN PILLIGUA	FECHA INSPECCION		AGOSTO 27- 2009
TECNICO AYUDANTE AREA: TEC MANTILLA			
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestacion en lugares seguros.		✓	CONTIGUO A LABORATORIOS
2.- Dimensiones de la subestación acorde a normas establecidas.		✓	NO CUMPLE EN EL AREA DE TRANSFORMADORES
3.- Dimensiones de seguridad entre equipos (transformadores, tableros de distribución, etc.) acorde a normas establecidas.		✓	RIESGOSO DAR MANTENIMIENTO ENTRE TRANSFORMADORES
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.		✓	NO EXISTE SEÑAL ALGUNA
5.- Existencia de puerta de acceso acorde a normas establecidas.	✓		Puerta permanece cerrada
6.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.		✓	SE DESCONOCE QUE CARGA SE ALIMENTA
7.- Existencia de sistemas de detección o extinción de incendios.		✓	FALTAN AMBOS
8.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.		✓	TRANSFORMADORES SOBRE CUARTONES DE MADERA
9.- Existencia de foso para recoger el aceite de transformadores.		✓	NO SE EVIDENCIA
10.- Falta de limpieza en subestación.	✓		RESTOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
11.- Corrosión en elementos de la subestación.	✓		PRESENTE EN BASE DE TRANSFORMADORES Y ARMARIOS (TABLEROS DISTRIBUCION)
12.- Sulfatacion en terminales de baja tension de transformadores		✓	SOLO SOBRECARGADOS DE CONDUCTORES
13.- Elementos de subestación aterrizados.		✓	ARMARIOS NO ATERRIZADOS
14.- Materiales adecuados en estructura de subestacion electrica.		✓	NO SE EVIDENCIA DETERIORO EN ESTRUCTURA
15.- Ventilación adecuada		✓	CELOSIAS DE VENTILACION ALEJADAS DE AREA TRANSFORMADORES
16.- Iluminación general (adecuada y ubicada correctamente).		✓	UBICADA INMEDIATAMENTE ARRISA DE TRANSFORMADORES
17.- Existencia de iluminación de emergencia.		✓	NO EXISTE
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS: LA ABERTURA DE VENTILACION EN LA PUERTA PRINCIPAL ES INSUFICIENTE, NO EXISTE UNA CORRECTA CIRCULACION DE AIRE; ESTO PROVOCA UN AMBIENTE CALUROSO. SIN LA AYUDA DEL TECNICO DE AREA SE DESCONOCE QUE CARGAS ALIMENTA CADA DISPOSITIVO DE PROTECCION (BREAKER), SOLO LOS TRANSFORMADORES ESTAN ATERRIZADOS, LA MALLA PROTECTORA (DIVIDE AREA DE TRANSFORMADORES Y AREA DE TABLEROS DE PROTECCION) NO ESTA ATERRIZADA AL IGUAL QUE LOS ARMARIOS Y BANDEJAS POR TACONDUCTORES. FALTA ILUMINACION CERCANA A LOS ARMARIOS.			

Tabla 7. Lista de Chequeo realizada en subestación eléctrica “C/T 21”.

LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA FIEC			
LUGAR DE TRABAJO	SUBESTACION ELECTRICA "C/T 22"		
UBICACIÓN	CONTIGUO A BAÑOS DE VARONES Y FEPOL		
EVALUADOR	MILTON ERAS		
FECHA INSPECCION	AGOSTO 31- 2009		
TECNICO AYUDANTE AREA:	TEC. MANTILLA		
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestacion en lugares seguros.		✓	CONTIGUO A BAÑOS
2.- Dimensiones de la subestación acorde a normas establecidas.		✓	NO CUMPLEN CON LO MINIMO REQUERIDO
3.- Dimensiones de seguridad entre equipos (transformadores, tableros de distribución, etc.) acorde a normas establecidas.		✓	RIESGOSO DAR MANTENIMIENTO ENTRE TRANSFORMADORES
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.		✓	NO EXISTE SEÑAL ALGUNA
5.- Existencia de puerta de acceso acorde a normas establecidas.	✓		PUERTA PERMANECE CERRADA
6.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.		✓	SE DESCONOCE QUE CARGA SE ALIMENTA
7.- Existencia de sistemas de detección o extinción de incendios.		✓	FALTAN AMBOS
8.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.		✓	NO SE EVIDENCIAN
9.- Existencia de foso para recoger el aceite de transformadores.		✓	NO EXISTE
10.- Falta de limpieza en subestación.	✓		BASURA Y POLVO ENCONTRADO
11.- Corrosión en elementos de la subestación.	✓		PRESENTE EN BASE DE TRANSFORMADORES Y ARMARIOS
12.- Sulfatacion en terminales de baja tension de transformadores			SOLO SOBRECARGADOS DE CONDUCTORES
13.- Elementos de subestación aterrizados.		✓	ARMARIOS NO ATERORIZADOS
14.- Materiales adecuados en estructura de subestacion electrica.		✓	NO SE EVIDENCIA DETERIORO EN ESTRUCTURA
15.- Ventilación adecuada		✓	CELOSIAS PARA VENTILACION CERRADAS
16.- Iluminación general (adecuada y ubicada correctamente).		✓	ARRIBA DE TRANSFORMADORES Y SIN FUNCIONAR
17.- Existencia de iluminación de emergencia.		✓	NO EXISTE
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS: LA ABERTURA DE VENTILACION EN LA PUERTA PRINCIPAL UBICADA EN LA PARTE SUPERIOR. LAS CELOSIAS PERMANECEN CERRADAS. SIN LA AYUDA DEL TECNICO DE AREA SE DESCONOCE QUE CARGAS ALIMENTA CADA DISPOSITIVO PROTECCION(BREAKER). SOLO LOS TRANSFORMADORES ESTAN ATERORIZADOS, LA MALLA PROTECTORA (DIVIDE AREA TRANSFORMADORES Y AREA TABLEROS DISTRIBUCION) NO ESTA ATERORIZADA AL IGUAL QUE LOS ARMARIOS Y BANDEJAS PORTACONDUCTORES. FALTA ILUMINACION CERCANA A LOS ARMARIOS.			

Tabla 8. Lista de Chequeo realizada en subestación eléctrica “C/T 22”.

LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA FIEC			
LUGAR DE TRABAJO: SUBESTACION ELECTRICA TIPO PADMOUNTED	UBICACIÓN: JUNTO A CELDA DE MEDIA TENSION (SOLO TRANSFORMADOR TRIFASICO)		
EVALUADOR: MILTON ERAS	FECHA INSPECCION SEPT 3- 2009		
TECNICO AYUDANTE AREA: TEC MANTILLA			
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestacion en lugares seguros.		✓	TRANSFORMADOR PADMOUNTED CERCAÑO A PARQUEADERO Y VENTANA DE BAÑOS; CONTIGUO A AREA DE ACCESO PUBLICO
2.- Dimensiones de la subestación acorde a normas establecidas.	✓		CUARTO DISTRIBUIDOR MUY ANGOSTO
3.- Dimensiones de seguridad entre equipos (transformadores, tableros de distribución, etc.) acorde a normas establecidas.	✓		TRANSFORMADOR APARTADO DE CUARTO DE DISTRIBUCION PERO AL INTERIOR NUEVO EDIFICIO (TRANSITO CONTINUO)
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.	✓		
5.- Existencia de puerta de acceso acorde a normas establecidas.	✓		PUERTA PERMANECE CERRADA
6.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.	✓		
7.- Existencia de sistemas de detección o extinción de incendios.		✓	FALTAN AMBOS
8.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.	✓		TRANSFORMADOR PAD MOUNTED 600 KVA 3Ø
9.- Existencia de foso para recoger el aceite de transformadores.	✓		NO SE EVIDENCIA
10.- Falta de limpieza en subestación.		✓	
11.- Corrosión en elementos de la subestación.		✓	
12.- Sulfatacion en terminales de baja tension de transformador.		✓	
13.- Elementos de subestación aterrizados.	✓		
14.- Materiales adecuados en estructura de subestacion electrica.		✓	NO SE EVIDENCIA DETERIORO EN ESTRUCTURA
15.- Ventilación adecuada	✓		CENTRAL DE AIRE PARA CUARTO DISTRIBUIDOR
16.- Iluminación general (adecuada y ubicada correctamente).	✓		
17.- Existencia de iluminación de emergencia.		✓	NO EXISTE
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS: EL TRANSFORMADOR 3Ø DE 600 KVA ESTA EN LA PARTE EXTERIOR Y EL TABLERO DISTRIBUIDOR ESTA AL INTERIOR DEL NUEVO EDIFICIO. EL ANCHO DEL CUARTO DISTRIBUIDOR NO PERMITE DAR UN MANTENIMIENTO OPTIMO NO SE CUMPLE CON LA MINIMA DISTANCIA DE SEGURIDAD PARA EL PERSONAL			

**Tabla 9. Lista de Chequeo realizada en subestación eléctrica tipo  
Padmounted.**

## **2.3.2 Peligros y sus respectivos riesgos encontrados en las subestaciones electricas de la FIEC.**

### **2.3.2.1 Peligros debido a la seguridad.**

- Inexistencia de sistemas de detección o extinción de incendios.

Las tres subestaciones analizadas no cuentan con extintores de incendio o sensores de incendios. Debido a la falta de lo mencionado pueden existir riesgos de:

- Incendios de gran proporción.
  - Daños a equipos eléctricos como consecuencia de incendios.
  - Perdidas materiales e inclusive humanas.
- Falta de manual de procedimiento de seguridad y equipo de protección personal.

La no utilización de los mismos provocaría al personal de mantenimiento:

- Descargas eléctricas.
- Cortes o lesiones leves.

- Falta de foso de recogida de aceite dieléctrico.

En la fig. 21 se muestra al banco de transformadores de la subestación eléctrica “C/T 21”, sobre cuartones de madera; cabe recalcar que incumple con la norma del NEC 450-27(d), mencionada en el capítulo 4 sección 4.3.2 en la parte Normas o Estándares, donde expresa que los transformadores deben estar sobre una base de hormigón y contar con un foso recolector de aceite. La falta de este foso para el aceite de los transformadores puede provocar:

- Posibles quemaduras.
  - Contaminación del ambiente en la subestación.
  - Incendios y daños a equipos eléctricos.
- Espacios de seguridad entre equipos incorrectos.

En la fig. 22 se aprecia claramente que los transformadores no cuentan con una separación de seguridad para brindar un correcto mantenimiento sin sufrir alguna consecuencia.

La falta de espacio entre equipos puede provocar:

- Cortocircuitos y electrocución.
- Enganches entre la vestimenta del personal y equipos eléctricos al momento de realizar alguna labor.
- Dificultad para realizar su mantenimiento respectivo.

### **2.3.2.2 Peligros eléctricos.**

- Mal dimensionamiento en equipos de fuerza y control.

El incorrecto dimensionamiento en equipos de fuerza y control puede provocar:

- Sobrecalentamiento en conductores.
- Cortocircuitos.

- Deficiente sistema de puesta a tierra.

La falta o el deficiente sistema de puesta a tierra pueden provocar:

- Corrientes indeseables.
- Tropiezos con posible electrocución del personal.

- Sobrecarga en terminales de baja tensión en transformadores.

La figura 23 muestra un terminal de baja tensión de uno de los transformadores con demasiados conductores lo que puede provocar la presencia de puntos calientes y unidos a la deficiente ventilación inclusive dar inicio a un posible incendio.

Este fenómeno puede acarrear:

- Calentamiento en terminales de baja tensión.
  - Deterioro prematuro de terminales de baja tensión de los transformadores.
- 
- Retiro incorrecto de revestimiento exterior de conductores.

La figura 24 muestra como quedan los conductores luego de hacer un retiro incorrecto de su revestimiento, esto puede provocar un cortocircuito al realizar algún movimiento involuntario de los conductores. La figura 25 presenta un ejemplo de cómo se debe dejar los conductores luego de quitar su revestimiento.

### 2.3.2.3 Peligros debido al ambiente / lugar de trabajo.

- Falta de limpieza.

La figura 26 muestra una clara evidencia de la falta de limpieza en las subestaciones electricas, lo que puede provocar:

- Enfermedades ambientales (alergias).
- Presencia de roedores.
- Deterioro de equipos.

- Tropiezos y/o caída de objetos.

- Golpes y lesiones físicas.
- Choques eléctricos.
- Electrocutión.
- Falta de energía eléctrica.

- Dimensiones incorrectas de edificación en subestaciones electricas.

La instalación debe permitir la circulación del personal garantizando que se mantengan una distancia mínima de seguridad entre el personal y el equipo energizado. Las figuras 27 y 28 dan un claro ejemplo que las subestaciones en la FIEC no cuentan con una distancia de seguridad ni para equipos ni para el personal dando mantenimiento. Las dimensiones incorrectas puede causar al personal:

- Impedimento al moverse libremente.
  - Electrocción del personal de mantenimiento.
  - Difícil acceso para la realización de algún mantenimiento.
- 
- No delimitación de zonas de trabajo.
  - Presencia de personal no autorizado.
  - Electrocción por falta de señalización.

- Deficiencias o ausencias de señalización.

La falta de señalización en los alrededores e interior de las subestaciones electricas puede ser un peligro en caso de no estar cerrados y entrar gente que desconozca de las normas de seguridad eléctrica, la figura 29 muestra que los tableros de distribución al interior de la subestación no cuentan con señal de seguridad alguna, esto puede provocar:

- Electrocción involuntaria.
- Tropiezos con cables conductores de electricidad.
- Cortocircuitos.
- Falta de energía.

#### **2.3.2.4 Peligros físicos.**

- Iluminación insuficiente y/o mal ubicada.

Se puede señalar que todas las subestaciones no cuentan con iluminación de emergencia. En la fig. 30 podemos apreciar una sola lámpara de fluorescente de 40 Wattios, iluminación insuficiente para una subestación en baja tensión.

La fig. 31 nos muestra la iluminación de la subestación eléctrica "C/T 21", que se encuentra en las inmediaciones del banco de transformadores. Estos detalles podrían causar al momento de trabajar:

- Cansancio físico y mental.
  - Error al realizar alguna conexión eléctrica o mantenimiento.
  - Choques eléctricos no deseados.
  - Tropiezos o caídas
  - Cortocircuitos.
- 
- Ventilación insuficiente.

En la fig. 32 y 33 se muestran las aberturas de ventilación de la subestación eléctrica "C/T 21" de celosías de vidrio que en la mayoría del tiempo permanecen cerradas. Existe una abertura de ventilación en la puerta principal. Podemos mencionar que el banco de transformadores se encuentra bien alejado hacia la parte derecha contigua a la pared, tomando para esta ubicación la referencia de que estamos situados frente a la puerta de ingreso.

En la fig. 34 se muestra las aberturas de ventilación de la subestación eléctrica "C/T 22", al igual que la anterior subestación cuenta con celosías en parte frontal pero con la diferencia que si permanecen abiertas. La falta de una correcta ventilación puede provocar:

- Sobrecalentamiento de los transformadores.
- Fatiga laboral al realizar trabajo alguno.
- Mal desempeño de los equipos eléctricos.

#### **2.3.2.5 Otros peligros.**

- Sulfatación en dispositivos de fuerza y corrosión en partes metálicas de subestación eléctrica.

En las figuras 35 y 36 se evidencia la presencia de corrosión en canaletas y bases de transformadores; también existe en los tableros de distribución entre otras. Esto puede provocar:

- Fisuras en transformadores
- Derrames de aceite dieléctrico.
- Mala conductividad de conductores eléctricos.
- Deterioro de canaletas y armarios de distribución de energía.

- Materiales no adecuados en la estructura de la subestación eléctrica.

Con esto se verían afectadas las edificaciones y consecuencias como:

- Filtración de agua
- Resquebrajamiento de la estructura de hormigón de la subestación (paredes, piso, etc.).

- Colocación indebida de materiales que alojaran conductores.

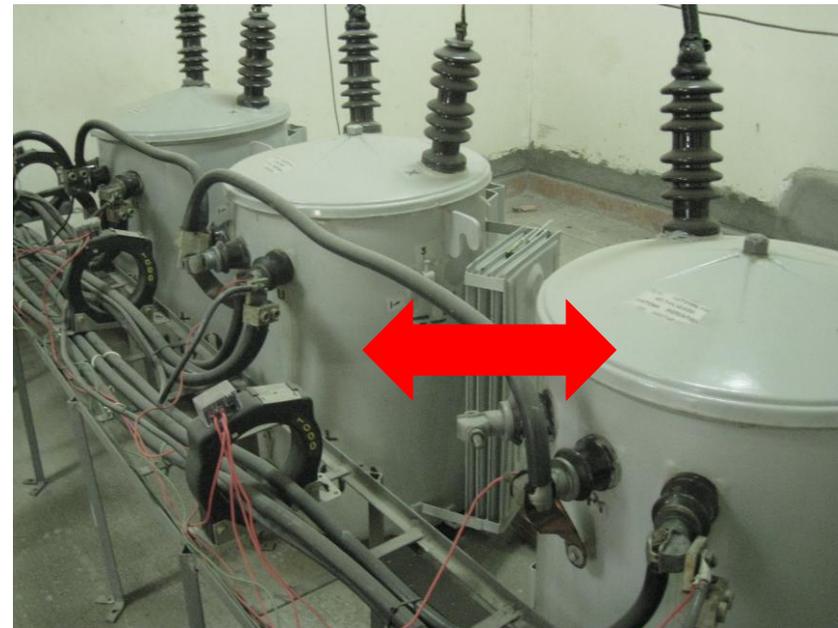
La figura 37 nos muestra un claro ejemplo de cómo debería quedar instalada una funda sellada y la forma errónea de colocarlo. Esto puede provocar cortes a los conductores que se encuentran al interior de la misma.

- Conductores pelados sin encintado de seguridad.

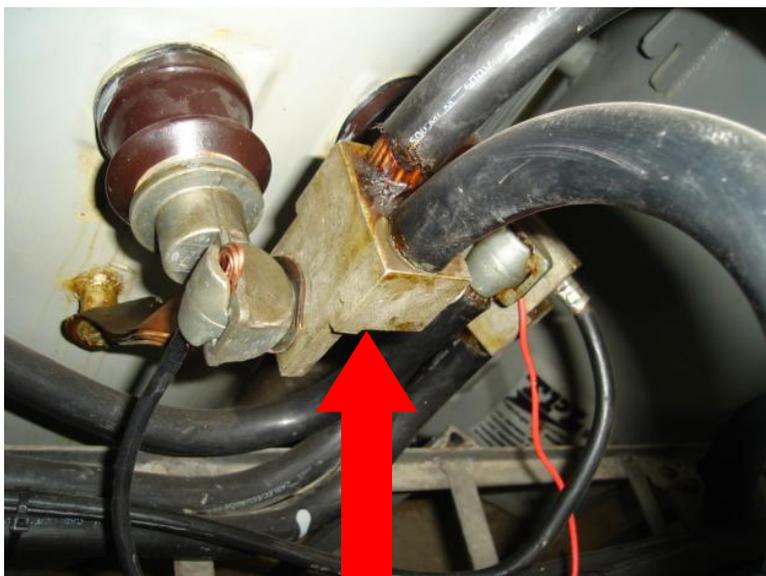
La figura 38 nos presenta unos conductores pelados, sin colocar cinta aislante a fin de evitar un posible contacto eléctrico.



**Figura 21. Transformadores con ausencia de foso de recogida aceite.**



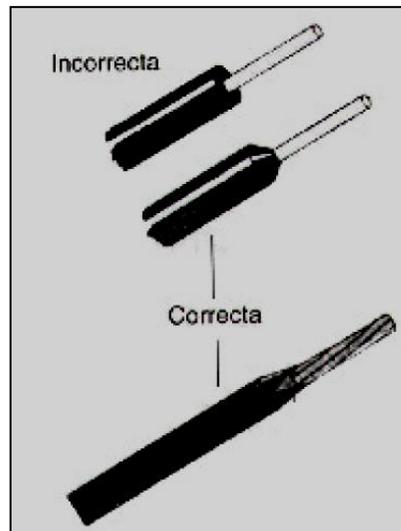
**Fig. 22. Transformadores sin el debido espacio de seguridad.**



**Figura 23. Terminales de baja tensión sobrecargada de conductores.**



**Figura 24. Evidencia del retiro incorrecto del revestimiento en conductores.**



**Figura 25. Formas de cómo retirar revestimiento en conductores.**



**Figura 26. Presencia de polvo por falta de limpieza.**



**Figura 27. Dimensiones incorrectas e incómodas para trabajar.**



**Figura 28. Dimensiones incorrectas en cuarto Distribución de subest. elect. tipo Padmounted.**



**Figura 29. Tableros de distribución sin letreros o señales de seguridad.**



**Figura 30. Iluminación insuficiente en subestación eléctrica "C/T 23".**



**Figura 31. Iluminación mal ubicada en subestación eléctrica “C/T 21”.**



**Figura 32. Aberturas de ventilación en subestación eléctrica “C/T 22”.**



**Figura 33. Celosías para ventilación en subestación eléctrica "C/T 22"**



**Figura 34. Aberturas de ventilación en subestación eléctrica "C/T 21".**



**Figura 35. Corrosión en soporte de conductores.**



**Figura 36. Corrosión en base de transformadores.**



**Figura 37. Forma errónea de instalar una funda sellada.**



**Figura 38. Conductores pelados sin un encintado de seguridad.**

## **2.4 Zonas de riesgo de las subestaciones electricas.**

En las subestaciones estudiadas con anterioridad las zonas con riesgo de incendio son las que imperan debido al líquido aislante contenido en los transformadores. La principal desventaja, es la relativamente baja temperatura de inflamación del aceite, y por tanto el riesgo de incendio con desprendimiento elevado de humos. El valor mínimo admisible de la temperatura de inflamación del aceite para transformadores, es de 140 °C.

La rotura del aceite causada por descargas eléctricas o por exposición prolongada a muy altas temperaturas puede producir cantidades suficientes de hidrocarburos para reducir el punto de inflamación del aceite. Un líquido es clasificado como inflamable si su punto de inflamación es bajo, suficiente para que pueda ser encendido en (menos de 38° C). Un líquido es clasificado como combustible cuando su punto de inflamación es igual o superior a 38° C. Aunque se trate de transformadores herméticos, sin contacto con el aire, puede producirse un incremento en su contenido de humedad, debido al envejecimiento del aislamiento de los arrollamientos, ya que la degeneración de la celulosa, desprende agua que va al aceite.

#### **2.4.1 Extensión de zona con riesgo de incendio en las subestaciones electricas.**

- Ningunas salida de incendio pública o ingreso / salida pasara a través de la zona de riesgo al fuego creada por la ubicación del cerramiento de la subestación.
- En dónde la subestación sea instalado dentro de 3m del lado de un limite de la propiedad, el encerramiento evaluado al fuego es requerido (esto es para proteger contra el evento que un edificio sea construido en la propiedad contigua a la zona de riesgo de fuego de la subestacion).
- La apertura hacia fuera de las puertas debe estar despejado sin barreras físicas dentro de un radio 2m de la abertura de la puerta.
- El apantallamiento y cualquier otro cimientto asociado o soporte no se extenderá más de 550mm por debajo del nivel del piso. Esto para proteger a los conductores que se encuentran en el sitio.

### 2.4.1.1 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 23”.

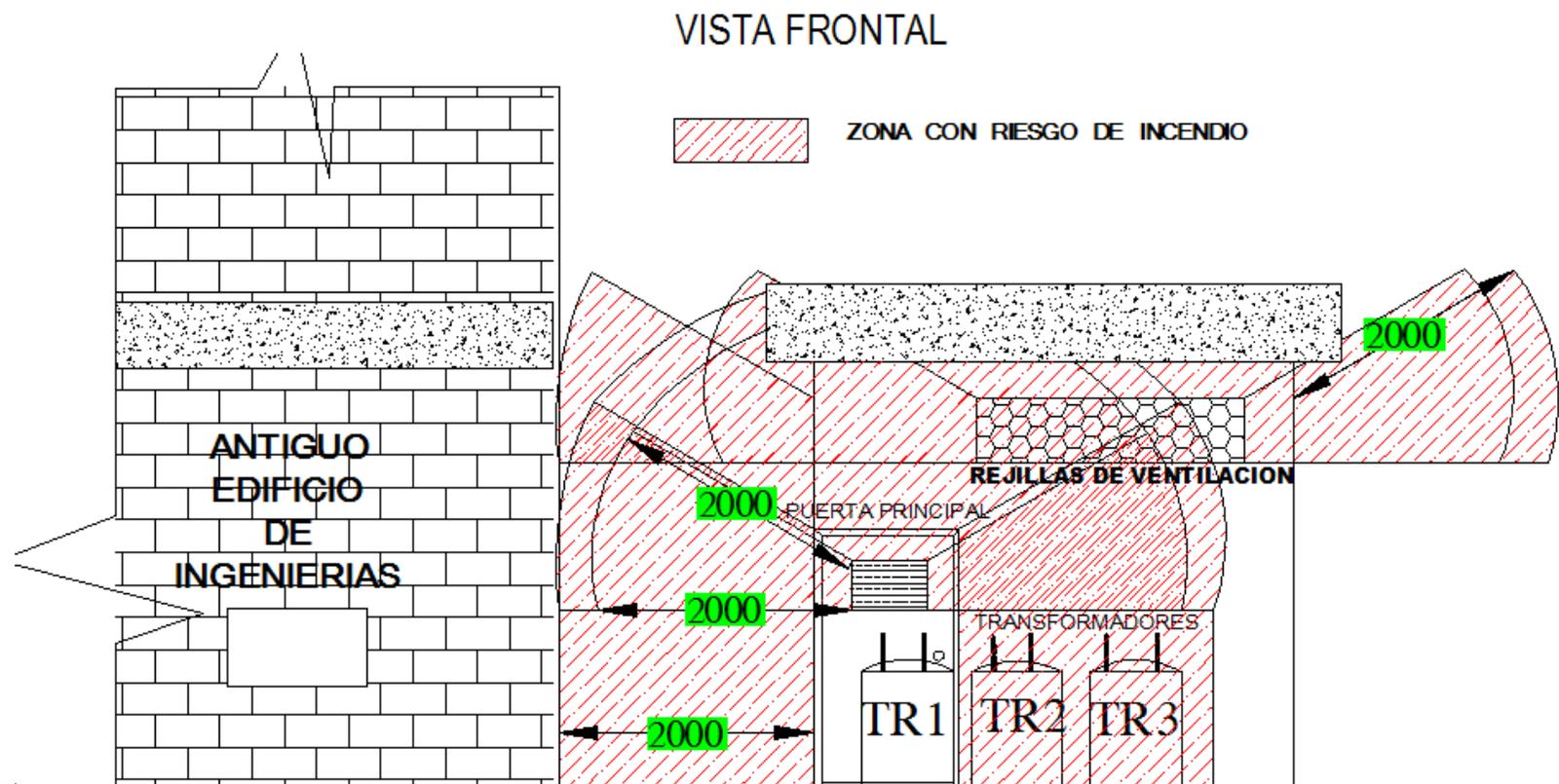


Figura 39a. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 23”.

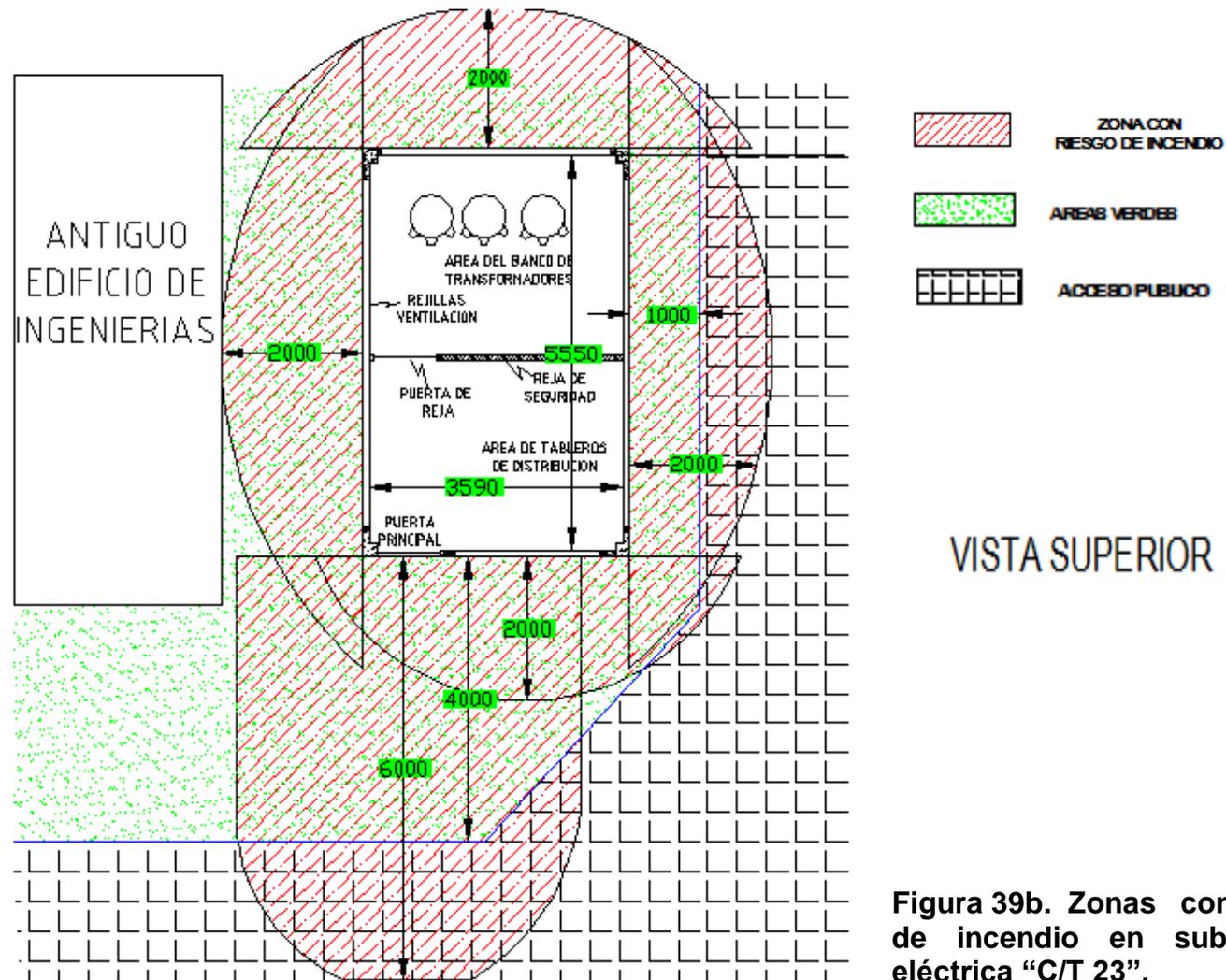


Figura 39b. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 23”.

### 2.4.1.2 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 21”.

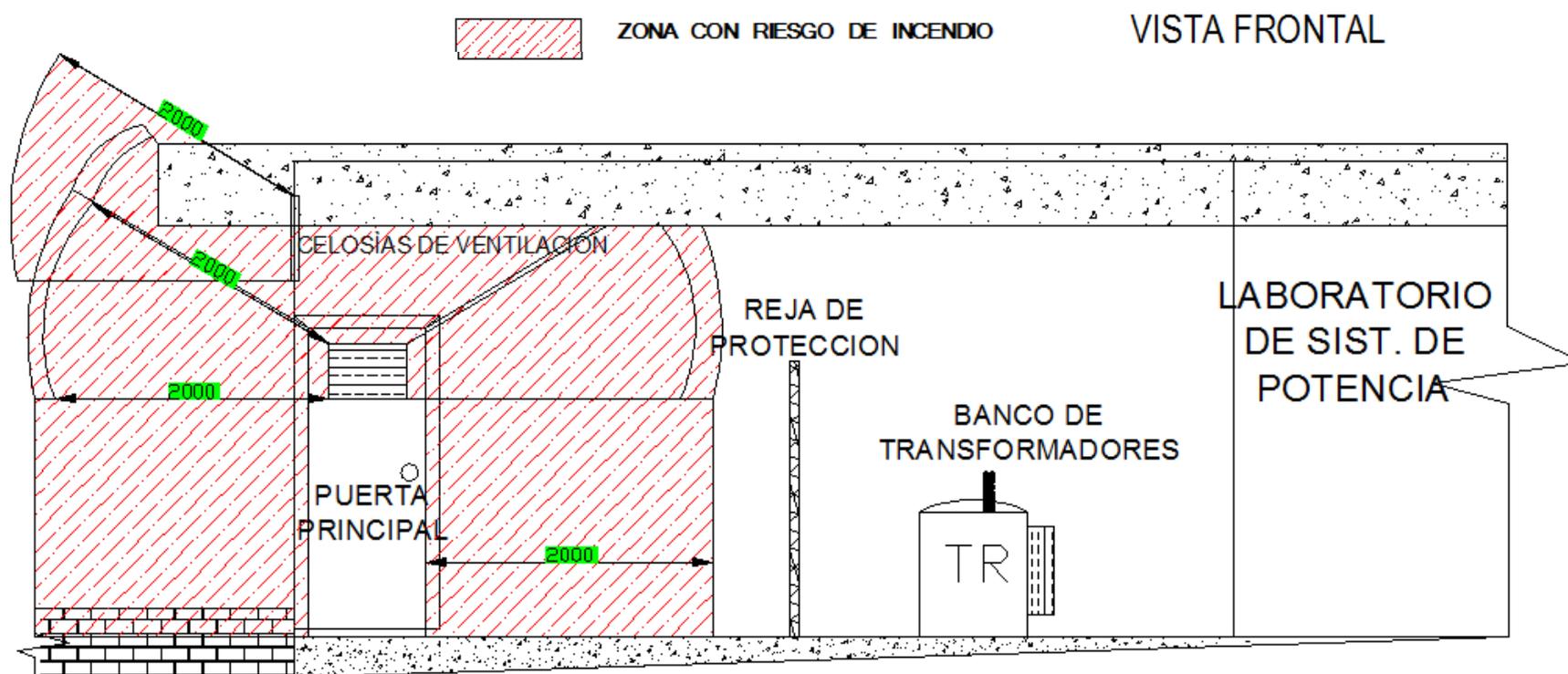


Figura 40a. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 21”.

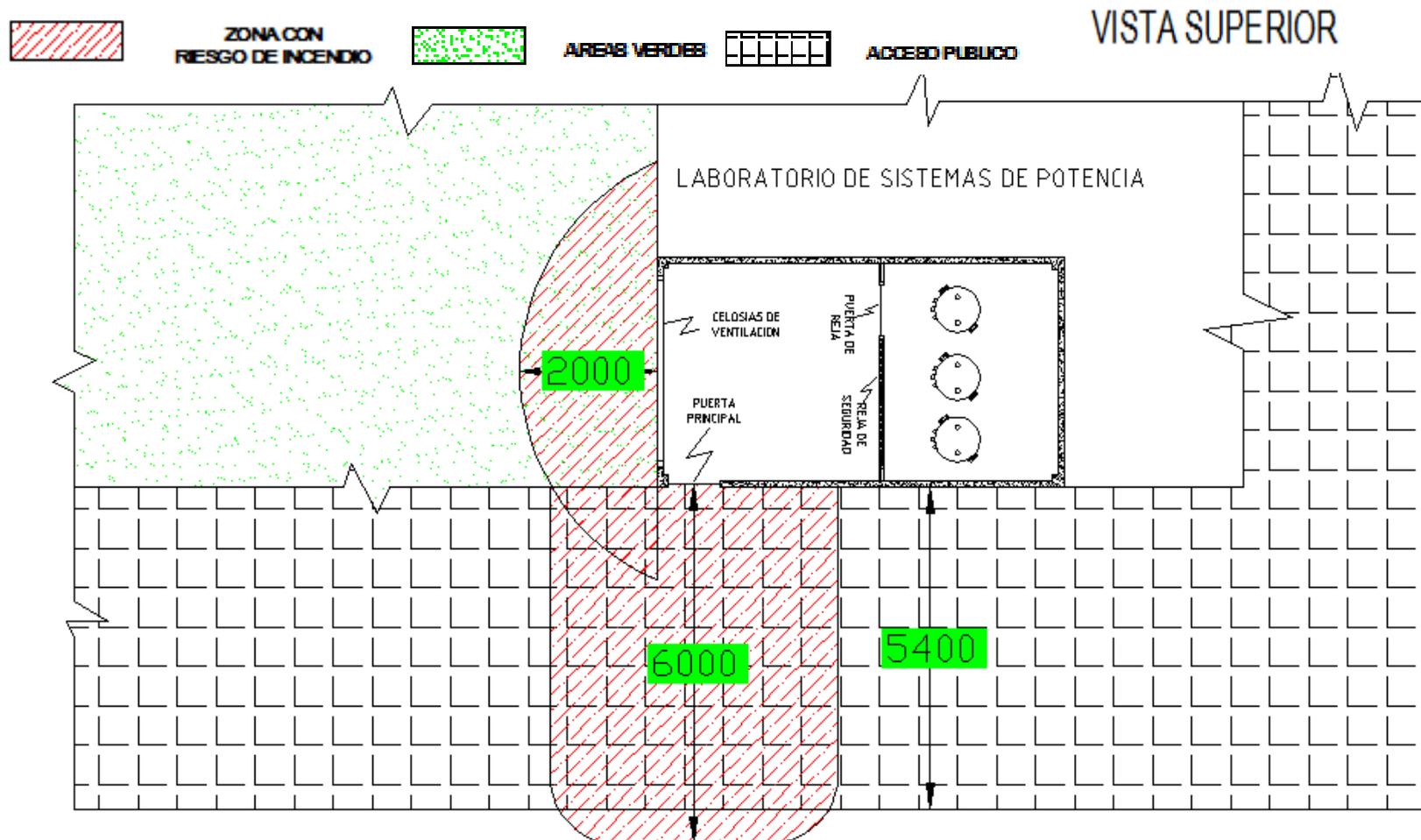


Figura 40b. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 21”.

### 2.4.1.3 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 22”.

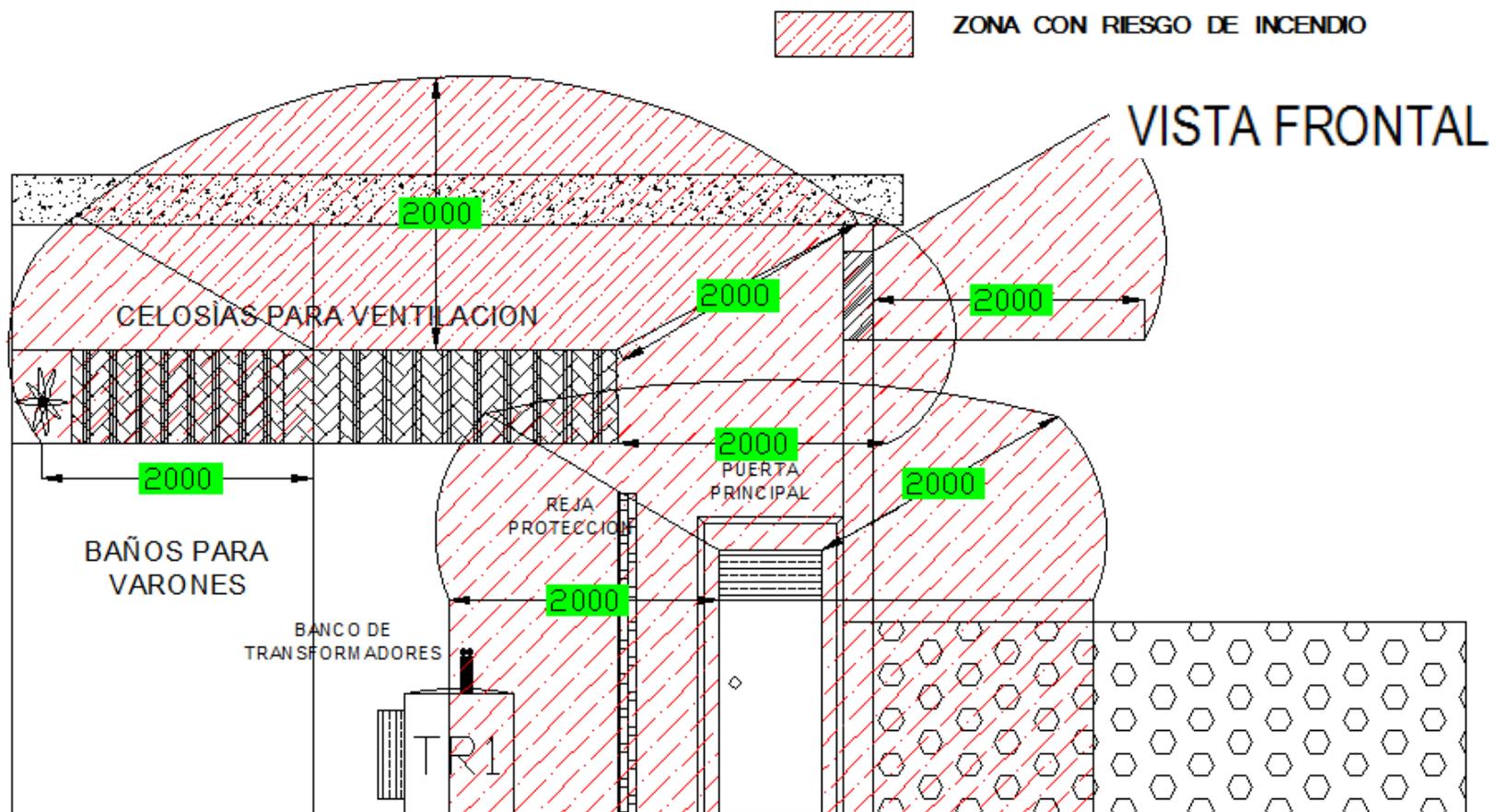


Figura 41a. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 22”.

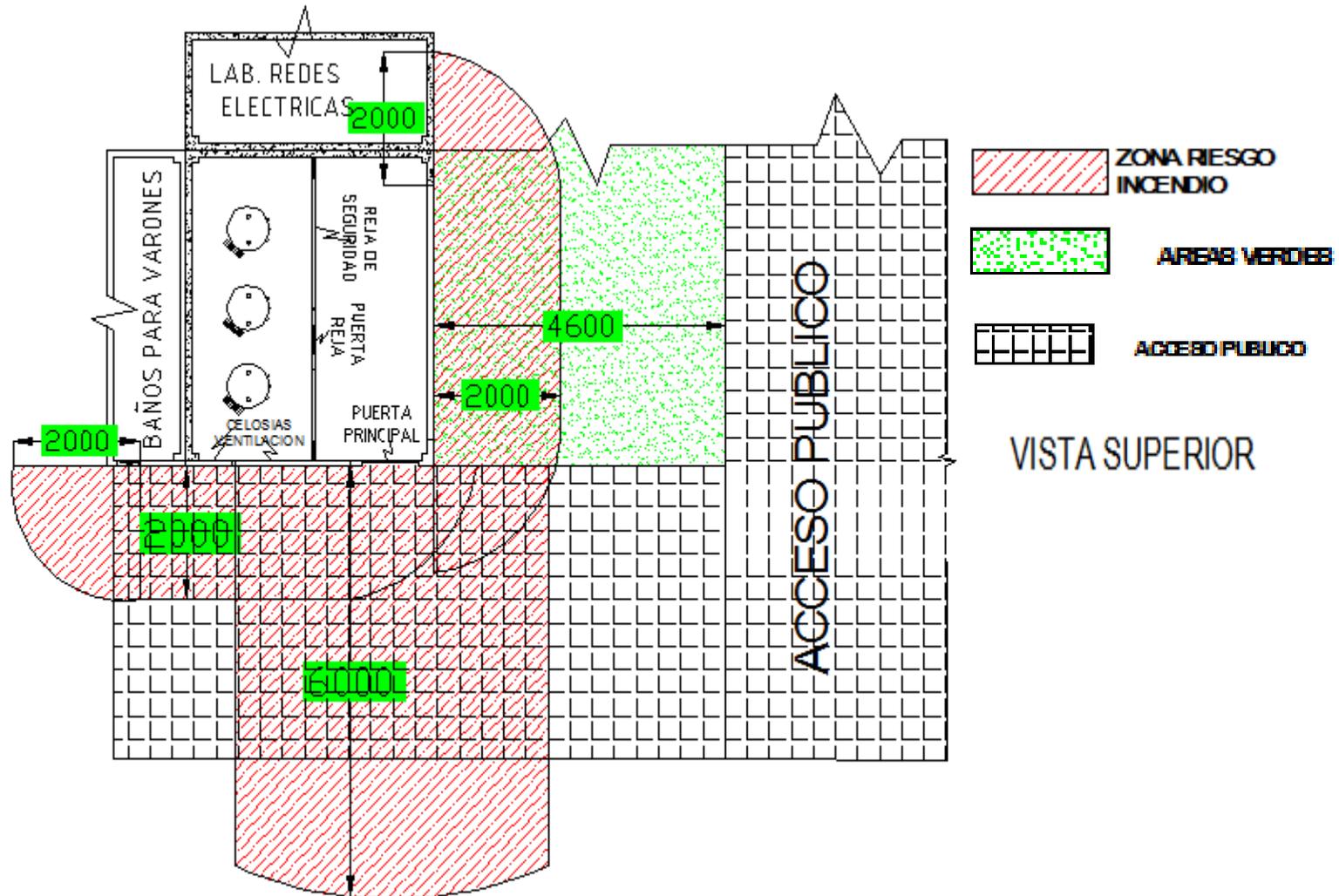


Figura 41b. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica “C/T 22”.

#### 2.4.1.4 Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica Padmounted.

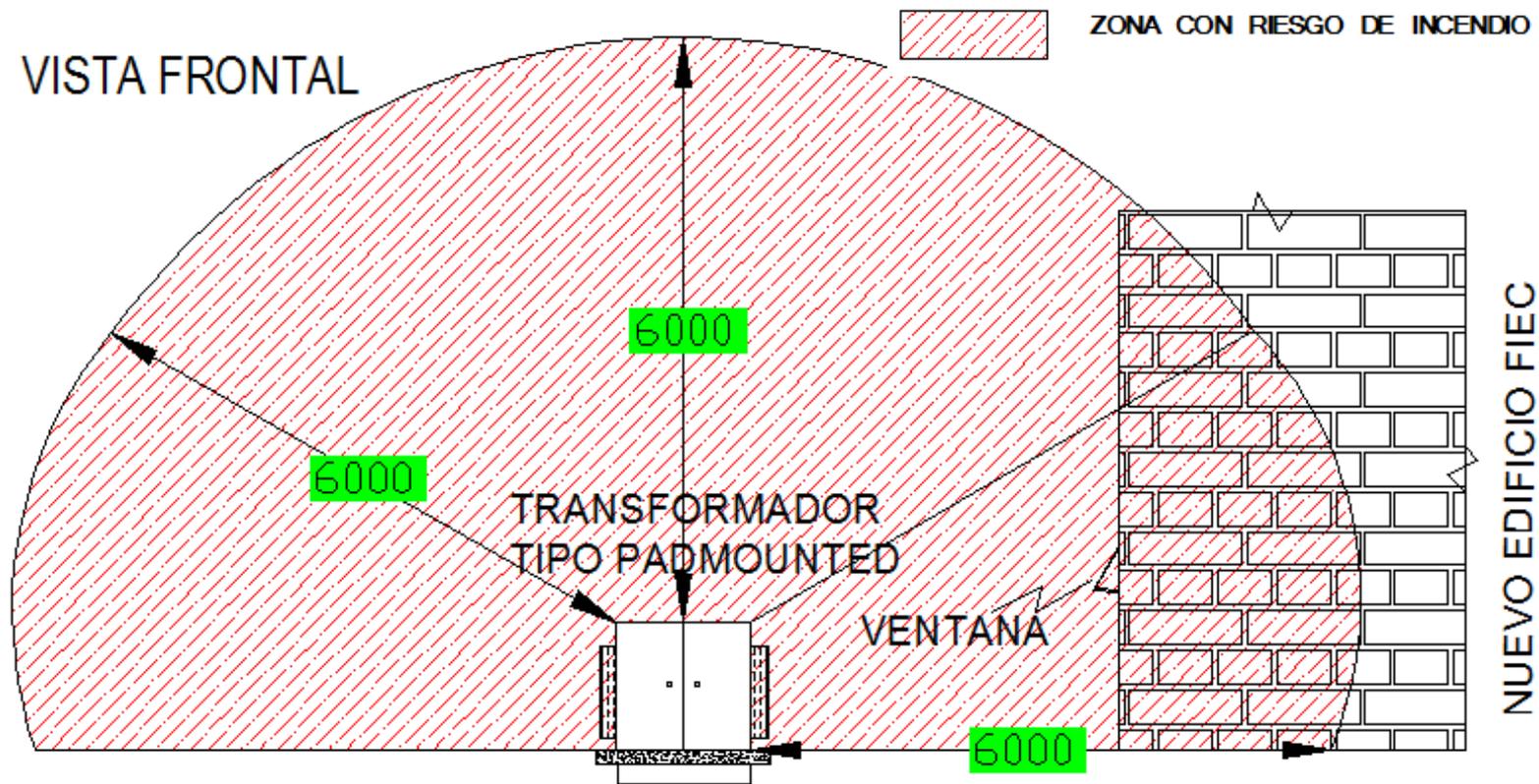


Figura 42a. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica tipo Padmounted.

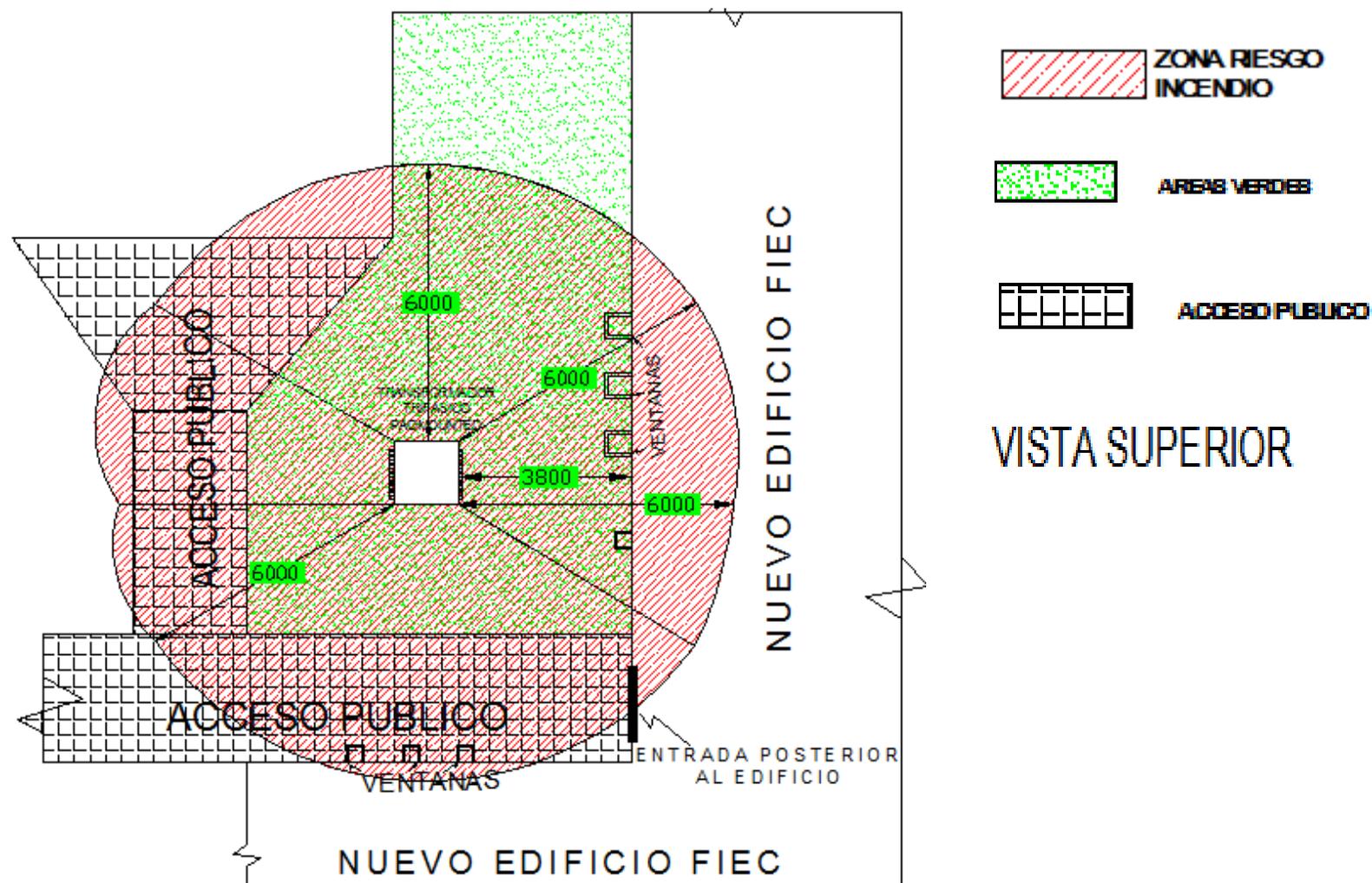


Figura 42b. Zonas con riesgo de incendio en subestación eléctrica tipo Padmounted.

#### **2.4.2 Área clasificada presente en las subestaciones electricas.**

Las siguientes indicaciones deben ser tomadas en cuenta al momento de hacer el estudio de zonas peligrosas en cualquier establecimiento:

- Cuando una puerta, ventana, o cualquier otra abertura en la pared o techo del edificio, quede localizada total o parcialmente dentro del volumen atmosférico considerado como peligroso, todo el interior del cuarto o edificio se considera también peligroso y pertenece a la misma División a que pertenezca el volumen atmosférico exterior peligroso.
- Cuando no existen puertas, ventanas, ni aberturas en las partes del techo y paredes localizadas dentro del volumen atmosférico considerado como peligroso, todo el interior del cuarto o edificio se clasifica como no peligroso.

### 2.4.2.1 Área clase 1 división 1.

Es el área en la cual:

- Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
- Existen intermitentemente o periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de operación.
- Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

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

Son lugares en donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.

#### **2.4.2.3 Extensión de las áreas clasificadas en las subestaciones eléctricas.**

- Una fuente de peligro de productos más ligeros que el aire da origen a un área rectangular peligrosa División 2, que se extiende 8m hacia arriba y 5m hacia abajo y hacia los lados, a partir de la fuente de peligro.
- Cuando en los lugares cerrados, deficientemente ventilados, las fuentes de peligro sean de productos más ligeros que el aire, estos lugares se consideran en su totalidad como áreas de la División 1 y estarán rodeados, en cualquier plano vertical, por área de la División 2, que llega hasta 3m de distancia en todas direcciones a partir del límite del área de la División 1.

### 2.4.2.3.1 Área clasificada en subestación eléctrica "C/T 23".

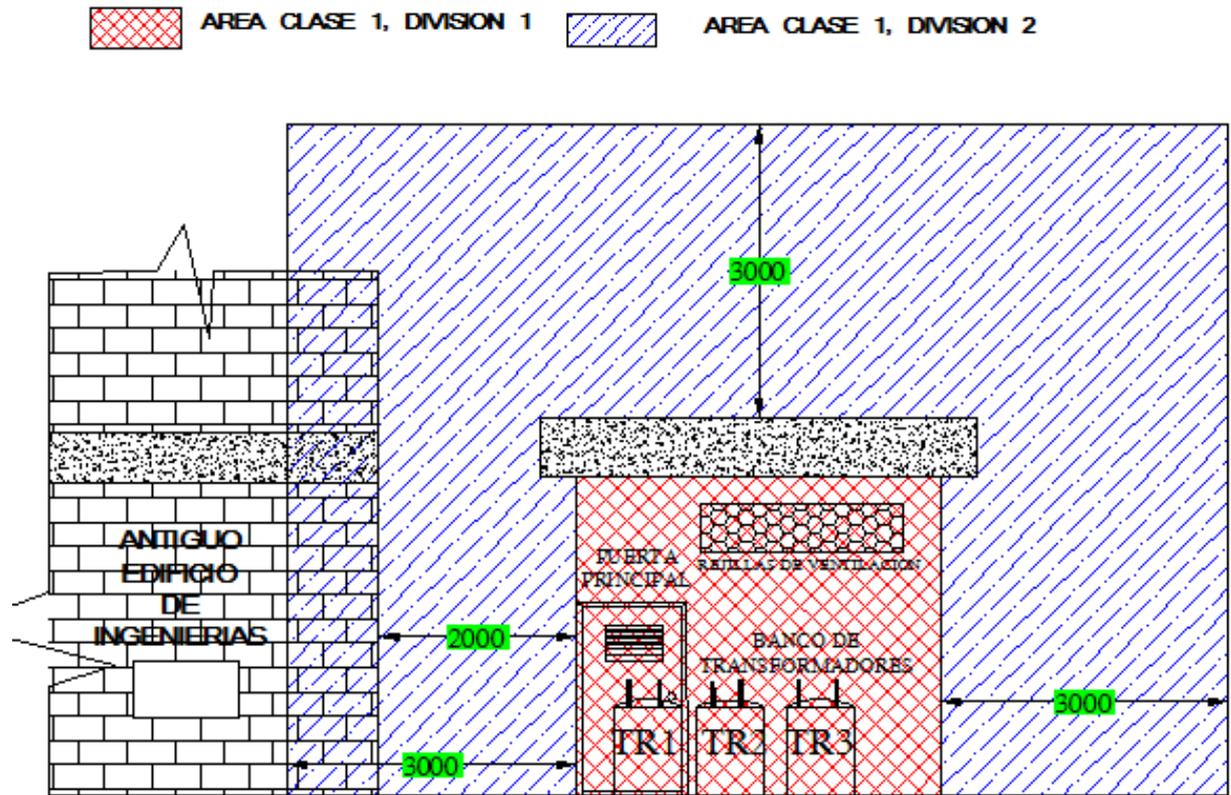


Figura 43. Área clasificada presente en subestación eléctrica “C/T 23”.

2.4.2.3.2 Área clasificada en subestación eléctrica “C/T 21”.

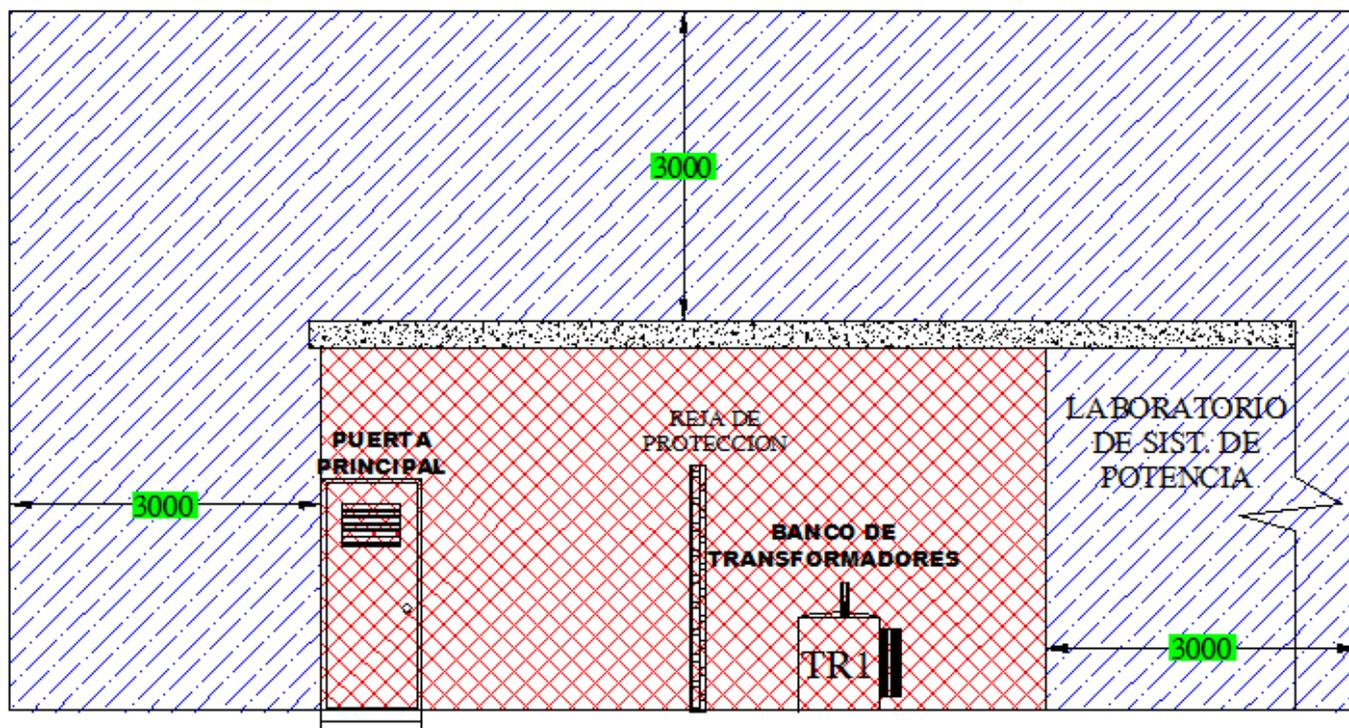
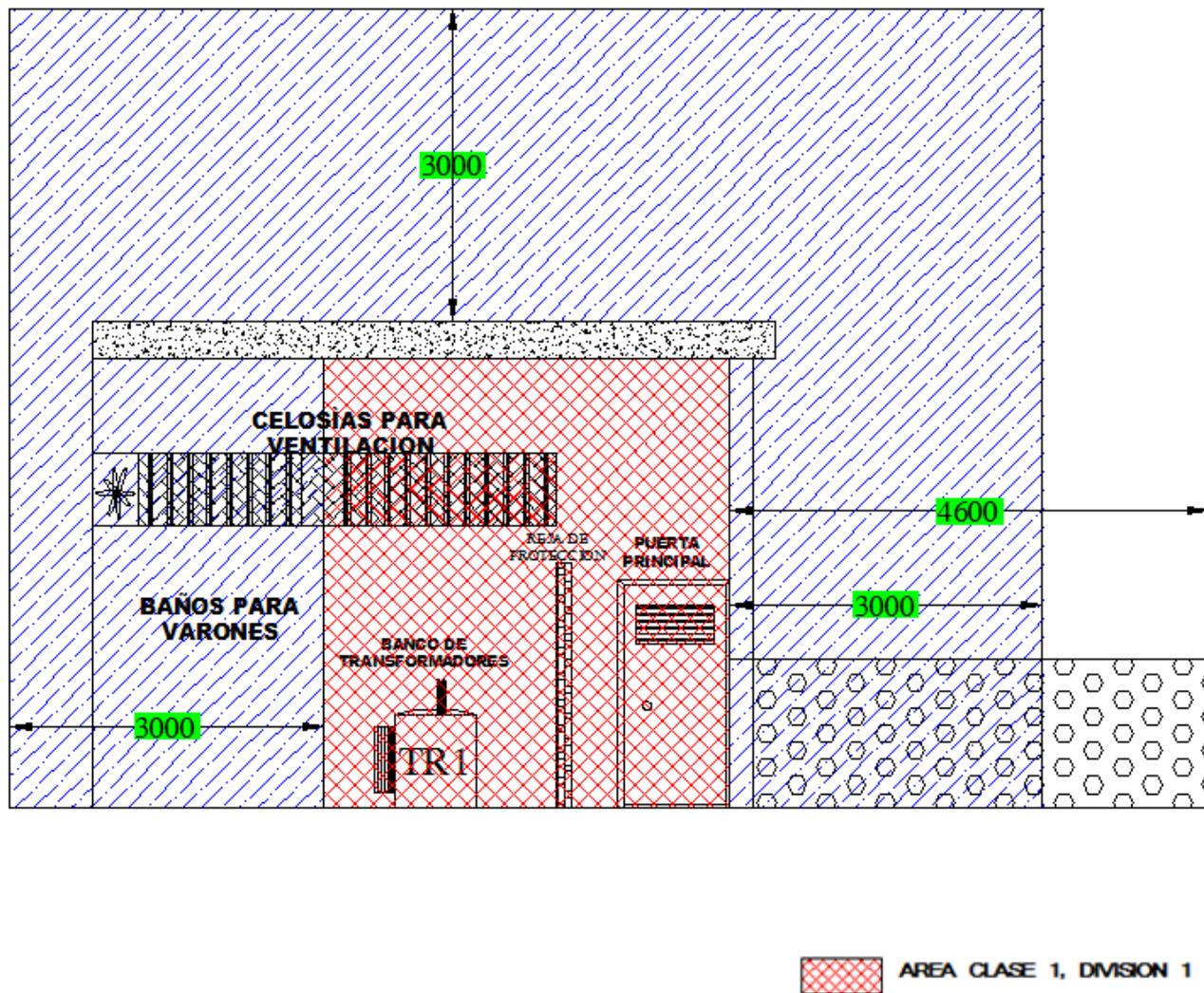


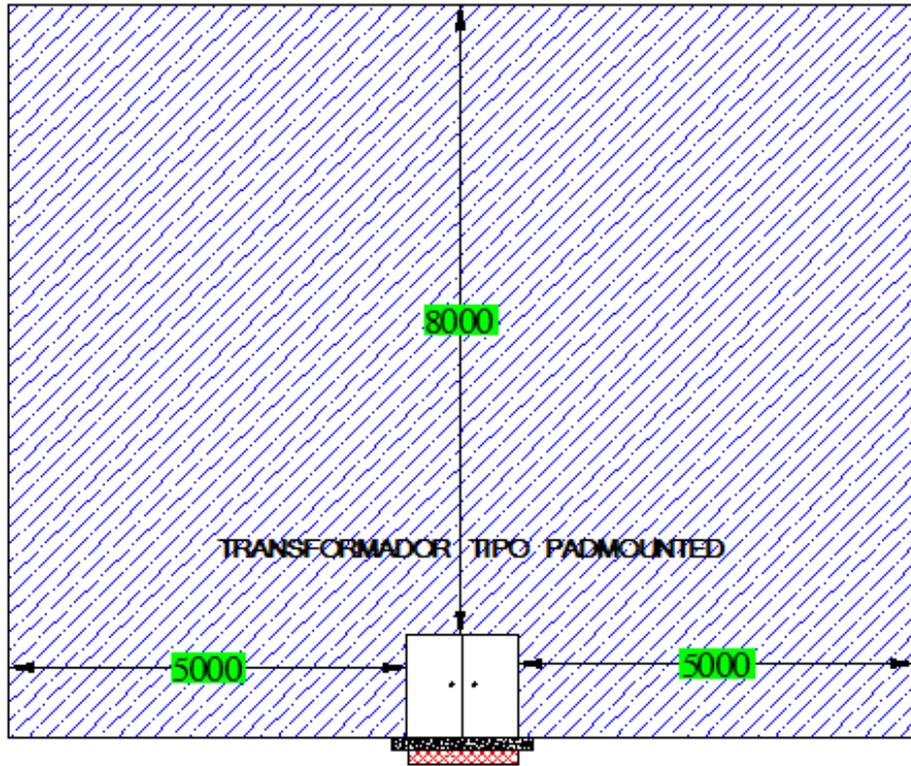
Figura 44. Área clasificada presente en subestación eléctrica “C/T 21”.  
 2.4.2.3.3 Área clasificada en subestación eléctrica “C/T 22”.



 AREA CLASE 1, DIVISION 2

**Figura 45. Área clasificada presente en subestación eléctrica "C/T 22".**  
**2.4.2.3.4 Área clasificada en subestación eléctrica tipo Padmounted.**

 AREA CLASE 1, DIVISION 1       AREA CLASE 1, DIVISION 2



**Figura 46. Área clasificada presente en subestación eléctrica tipo Padmounted.**

## **CAPITULO 3**

### **NORMAS Y ESTÁNDARES DE APLICACIÓN EN LA SEGURIDAD DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN.**

#### **3.1 Importancia de las normas de seguridad eléctrica para el funcionamiento normal y óptimo de la subestación eléctrica.**

Una subestación eléctrica segura y confiable es aquella en la que sus componentes garantizan que se reduzca al mínimo la probabilidad de ocurrencia de accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios, así como la posibilidad de fallas en los equipos eléctricos.

Por ello, en las subestaciones donde los componentes usados son de mala calidad o los dispositivos que la componen no están dimensionados correctamente (producto no certificado de acuerdo a normas o estándares de seguridad eléctrica) están expuestas a accidentes de origen eléctrico en forma permanente.

### **3.1.1 Generalidades.**

El uso de la electricidad nos aporta innumerables beneficios, pero puede presentar riesgos de accidentes eléctricos para las personas, bienes y animales domésticos. Estos riesgos de origen eléctrico aumentan los accidentes mortales por las descargas eléctricas, debidas al contacto de personas con partes eléctricas bajo tensión (contacto directo) o con partes metálicas accidentalmente con tensión (contacto indirecto).

Los niveles de tensión son aplicables a sistemas de distribución y a la utilización de energía de corriente alterna, con frecuencia a 60 Hz y tensión nominal superior a 100V.

### 3.1.2 Clases o tipos de normas de seguridad eléctrica.

Cada país, e incluso cada localidad, tienen su propio reglamento eléctrico, cuyo propósito fundamental es la seguridad hacia las personas; de ahí su carácter obligatorio.

Los reglamentos eléctricos de mayor relevancia son los siguientes:

- NFPA 70:2008<sup>1</sup>, National Electrical Code (Código Nacional Eléctrico) - Comúnmente conocido como NEC-2008, esta norma es reglamentaria para los Estados Unidos Americanos y demás países que la han adoptado o adaptado a sus necesidades locales.
- IEC 60364-1:2005<sup>2</sup>, Low-voltage electrical installations - Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions (Instalaciones eléctricas de baja tensión - Parte 1: Principios fundamentales, evaluación de características generales, definiciones). Esta norma, más todas las demás desarrolladas por el comité de normas 64 de la IEC<sup>3</sup>, se enfocan en la protección contra peligros ocasionados por el uso de la electricidad en instalaciones de edificios.
- NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización). Norma oficial mexicana que, aunque se basa principalmente en

la NFPA-70 y en la IEC-60364-1, contiene diversos requisitos adecuados a las instalaciones eléctricas en México<sup>4</sup>.

- NATSIM, Normas de Acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad.

### **3.1.3 Aplicación de las normas electricas en las subestaciones electricas en baja tensión.**

El incumplimiento de las mínimas normas de seguridad incluso en potencia limitada, pueden ser un peligro para los usuarios y personal de mantenimiento de las subestaciones, el medio ambiente y los bienes materiales. Enunciaremos normas que hemos considerado son los más importantes para nuestra valoración de riegos.

- Espacios de trabajo y distancias mínimas de seguridad en subestaciones eléctricas.
- Iluminación en subestaciones eléctricas en baja tensión
- Ventilación en subestaciones eléctricas en baja tensión.

### **3.2 Espacio de trabajo en subestaciones electricas en baja tensión de la FIEC.**

Según el artículo 110 del NEC, “Requisitos para instalaciones eléctricas”; que indica el espacio de trabajo alrededor de los equipos eléctricos:

*“110-16(a). Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 60° 0 V nominales o menos). a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta norma, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias se deben medir desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo se deben considerar conectadas a tierra.*

*Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser inferior a 80cm. de ancho delante del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de altura de esta Sección, se permite equipo de la misma profundidad.”*

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
<b>Tabla 110-16(a). Distancias de trabajo</b>			
	Condición 3		
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20
Las condiciones son las siguientes:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Partes vivas expuestas en un lado y no-vivas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.</li> <li>2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.</li> <li>3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.</li> </ol>			

**Tabla 10. Espacio de trabajo alrededor de equipos  
(Información del NEC).**

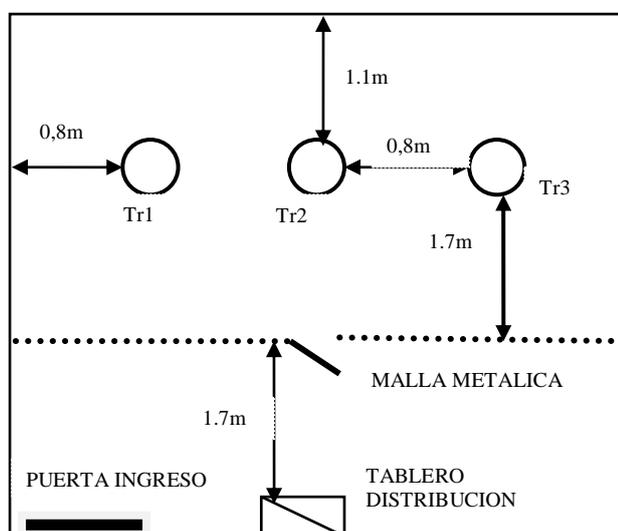
Con respecto a la altura del establecimiento nos ayudaremos del artículo 110 del NEC sección 110-16(e), que menciona lo siguiente:

*“110-16(e). Altura hasta el techo. La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores debe ser de 2m. Cuando el equipo eléctrico tenga más de 2m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo.*

*Excepción: El equipo de acometida o los paneles de alumbrado en unidades de vivienda existentes que no superen 200A”.*

**3.2.1 Distancias mínimas de seguridad requerida en subestaciones eléctricas.**

La figura 47 mostrada abajo presenta en forma grafica lo mencionado en el articulo 110-16(a), con respecto a las distancias mínimas alrededor de equipos que encuentran en las subestaciones eléctricas de la FIEC (solo las que contienen 3 transformadores). Cabe mencionar que se ha considerado un cuarto con un banco de tres transformadores monofásicos.



**Figura 47. Distancias mínimas de seguridad alrededor de equipos.**

### **3.3 Iluminación en las subestaciones electricas.**

Para este punto usaremos el Artículo 924 “SUBESTACIONES” del NEC sección 924-5 “Instalación de Alumbrado” que se presenta en la tabla 11, dicho artículo dice textualmente lo siguiente:

*“924-5. Instalación de alumbrado. Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5.*

*Excepción 1: No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos.*

*Excepción 2: Las subestaciones de usuarios de tipo poste o pedestal quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta Sección y pueden considerarse iluminadas con el alumbrado existente para otras áreas adyacentes.”*

TABLA 924-5.- Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

**Tabla 11. Niveles de iluminación.  
(Información del NEC).**

### 3.3.1 Iluminación mínima requerida en subestaciones eléctricas.

En este diseño nos ayudamos de la tabla 12 mostrada a continuación, la que nos presenta los niveles de iluminación de algunos sectores, pero usaremos la de las subestaciones que es de nuestro interés.

Uso	Nivel en Lux
Almacenes y bodegas	50 a 500 Lux
Fabricas	500 a 2.000 Lux
Centrales eléctricas, Subestaciones, etc.	200 a 500 Lux
Fundiciones	300 a 5.000 Lux

**Tabla 12. Niveles de iluminación mínima.  
(Información Sociedad Mexicana de Iluminación).**

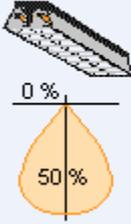
### 3.3.2 Método de lúmenes para el cálculo de iluminación.

- Determinación de iluminación de diseño E, el mismo que será obtenido mediante la tabla 12; para nuestro caso será de 100 luxes como mínimo en una similitud con un cuarto de baterías.
- Determinación de factor de utilización, este factor depende de la altura de montaje, eficacia y distribución de las luminarias, y de los coeficientes de reflexión de paredes, techo y plano de trabajo.

- Factor K o índice de local donde, siendo a la longitud, b la anchura y h la distancia entre el plano de trabajo y las luminarias se obtiene k

$$K = (a \times b) / \{h (a + b)\}$$

A partir de este factor K de la tabla 13 mostrada a continuación, y, teniendo en cuenta los coeficientes de reflexión del techo, pared y plano de trabajo (o suelo), mediante las tablas que suele proporcionar el fabricante para cada tipo de luminaria obtenemos el factor de utilización.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\gamma$ )																					
		Factor de reflexión del techo																					
		0.8			0.7			0.5			0.3			0									
		Factor de reflexión de las paredes																					
												0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.27	.24	.21	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.23	.21	.20										
	0.8	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.32	.28	.26	.28	.26	.25										
	1.0	.36	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.32	.30	.29										
	1.25	.40	.36	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.36	.34	.33										
	1.5	.42	.39	.37	.42	.39	.37	.41	.38	.36	.38	.36	.35										
	2.0	.45	.42	.40	.44	.42	.40	.44	.42	.40	.41	.40	.39										
	2.5	.47	.44	.43	.46	.44	.42	.45	.44	.42	.43	.42	.41										
	3.0	.48	.46	.44	.47	.46	.44	.47	.45	.44	.44	.43	.42										
	4.0	.50	.48	.46	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44										
	$D_{max} = 0.8 H_m$	5.0	.50	.49	.48	.50	.49	.48	.49	.48	.47	.47	.46	.45									
$f_m$	.65	.70	.75																				

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

**Tabla 13. Factor de utilización para lámparas tipo fluorescentes**

**(Información de Sociedad Mexicana de Iluminación)**

- Determinar el factor de conservación, esto varía entre 0,6 a 0,8 según sea el local, limpio o sucio, y pensando en una limpieza de menos de un año. Todo esto presentado en la tabla 14 y tabla 15.

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN ( $\rho$ )
Techo	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Piso	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

**Tabla 14. Factores de reflexión de techo, pared y piso  
(Información de Sociedad Mexicana de Iluminación).**

AMBIENTE	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
	2500 Hrs.	5000 Hrs.	7500 Hrs.
Limpio	0.95	0.91	0.88
Normal	0.91	0.85	0.80
Sucio	0.80	0.68	0.57

**Tabla 15. Factores de mantenimiento de luminarias.  
(Información de Sociedad Mexicana de Iluminación).**

- Calcular el número de lámparas y puntos de luz. Conocido el valor del flujo total necesario  $\phi_T$  para la iluminación del recinto y el flujo luminoso de cada luminaria  $\phi_L$ , el número de ellas será:  
$$N = \phi_T / \phi_L$$
- Emplazamiento de las luminarias. La altura  $h$  de la luminaria sobre el plano de trabajo es las tres cuartas partes de la distancia entre el plano de trabajo y el techo. Se trata solo de un valor orientativo. También se suelen instalar empotradas en el techo.

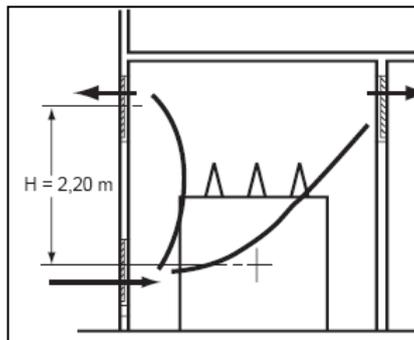
### **3.4 Ventilación en las subestaciones electricas.**

Las subestaciones requieren una atención especial en la ventilación, a fin de disipar las pérdidas por calentamiento del equipo eléctrico. En lo posible un flujo de aire natural hacia el exterior del edificio será utilizado. La ventilación forzada se usara cuando la ventilación natural no sea posible. La ventilación será suficiente para mantener una temperatura máxima en el cuarto de 35 grados Celsius cuando los transformadores están operando a rango de placa.

### **3.4.1 Ventilación natural o artificial en las subestaciones eléctricas.**

Como los transformadores se enfrían por convección se requieren, por lo menos, dos aberturas de ventilación localizadas, en lo posible, en paredes opuestas: una localizada cerca al piso, para la entrada del aire frío, y la segunda cerca al techo para la salida del aire caliente. Para un mejor entendimiento lo ilustramos mejor con la figura 48.

- En cuanto a la situación de las ventanas de entrada y salida, estarán a una altura mínima sobre el suelo de 0,3m y 2,3m respectivamente, con una separación vertical mínima de 1,3m.
- Cuando se trata de una S/E con más de un transformador, conviene, en lo posible, disponer circuitos de aire de ventilación (entrada y salida) independientes y separados para cada transformador.



**Figura 48. Circuito de Ventilación**

**(Información de Manual Técnico Grupo Schneider).**

### **3.4.2 Normas para ventilación en subestaciones eléctricas.**

De acuerdo al artículo 450 “TRANSFORMADORES Y BOVEDAS PARA TRANSFORMADORES” del NEC en la sección 450-9 “Ventilación”:

*“450-9. Ventilación. La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador.*

*NOTA: Los transformadores con aberturas para ventilación deben instalarse de manera que no sean bloqueados por paredes u otras obstrucciones. Las separaciones necesarias deben estar marcadas claramente en el transformador.”*

*“450-45. Abertura de ventilación. Donde lo exija la Sección 450-9, deben proveerse aberturas de ventilación de acuerdo con lo siguiente: a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben ubicarse lo más lejos posible de puertas, ventanas, salidas de incendio y materiales combustibles. b) Disposición. Una bóveda ventilada por circulación natural de aire puede tener la mitad, aproximadamente, del área total de aberturas necesarias para la ventilación en una o más aberturas cerca del suelo y el resto en una o más aberturas en el techo o en las paredes cerca del techo; toda el área que se requiera para la ventilación se permite en una o más aberturas en o cerca del techo. c) Tamaño. En el caso de bóvedas con ventilación natural hacia el exterior, el área neta combinada de todas las aberturas de ventilación, después de restar áreas ocupadas por pantallas, rejas o celosías, no debe ser menor que 20 cm<sup>2</sup> por cada Kva. de capacidad de los transformadores en servicio, excepto el caso de transformadores de capacidad menor que 50 Kva., donde el área neta no debe ser menor que 10 cm<sup>2</sup>. d) Cubiertas. Las aberturas de ventilación deben estar cubiertas con pantallas, rejas o celosías de tipo duradero, de acuerdo con las condiciones requeridas para evitar condiciones inseguras.”*

“REGLAMENTO COMPLEMENTARIO AL NEC PARA INSTALACIÓN DE CONDUCTORES Y EQUIPO ELÉCTRICO” de División de Energía Eléctrica de SAN JUAN – PUERTO RICO en su sección IX Artículo B - literal “I” dice:

*“3) Tamaño de las aberturas de ventilación. En caso de bóvedas o cuartos para transformadores ventilados por aire exterior sin que se usen tubos o canalizaciones, el área efectiva combinada de ventanas para ventilación no deberá ser menor de 8 pies cuadrados por cada 100 KVA de capacidad de transformadores. En ningún caso podrá ser menor de 4 pies cuadrados para capacidades menores de 50 KVA.”*

### **3.5. Señalización y medidas de seguridad en las subestaciones electricas.**

La señalización que debería existir en las inmediaciones tanto de las subestaciones electricas como de la celda de media tensión seria de aviso, cuidado, precaución o peligro. En cuanto a las medidas de seguridad podemos mencionar entre las principales las siguientes:

- Verificar la adecuada capacidad en equipos de desconexión.
- Los conductores energizados deben estar dentro de canalizaciones (tubos, conduits, charolas, etc.).
- Minimizar el acceso a los cuartos con equipo eléctrico.
- Considerar las áreas peligrosas, en caso necesario utilizar equipo a prueba de explosión.
- Instalar alumbrado de emergencia.
- Colocar señales y letreros de seguridad en bardas, puertas, conduits, etc.

### **3.5.1 Sistemas de candado y etiqueta.**

Este sistema de seguridad eléctrico se debería usar en cualquier labor de la subestación eléctrica una vez que ha seguido los procedimientos de desenergización. Aquí se muestra los pasos básicos a seguir en esta metodología de seguridad.

#### **PASOS PARA DESENERGIZAR.**

- Notifique a todo trabajador afectados con respecto al origen del riesgo, su control y su energía almacenada posible.
- Apague el sistema por el lado del aislamiento de las fuentes de energía. El sistema quedara inoperativo.
- Asegure las fuentes apagadas de energía mediante candado/etiquetado/prueba de controles.
- Libere toda energía almacenada y verifique.
- Verifique mediante pruebas la ausencia de voltaje.
- Provea aterrizamiento temporal.

### PASOS PARA RE ENERGIZAR.

- Inspeccione el área de trabajo y remueva equipos no esenciales.
- Comunique a todo los trabajadores afectados que el sistema va a ser re energizado y adviértales para que despejen.
- Remueva el aterrizamiento temporal
- Remueva el candado/etiquetado/ pruebe dispositivos.
- Visualmente determine que todos los trabajadores han salido del circuito.
- Proceda a restituir el servicio.

### **3.5.2 Letreros de seguridad.**

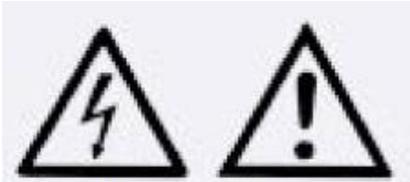
Transmiten mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos que entrañen un peligro potencial. La tabla a continuación muestra la forma geométrica que puede contener un letrero y su significado.

### **3.5.3 Colores y señales de seguridad.**

La función de las señales de seguridad junto con la aplicación de los colores de seguridad son la de atraer la atención sobre lugares, objetos o situaciones que puedan provocar accidentes u originar riesgos a la salud, así como indicar la ubicación de dispositivos o equipos que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad. La tabla 16 muestra una clasificación de las señales de seguridad, mientras que la tabla 16a nos detalla la señalización mínima que debería existir en las subestaciones eléctricas.

Tipo de señal de seguridad	Forma Geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o Verde	-

**Tabla 16.** Señales de seguridad.

TIPOS DE SEÑALES PRESENTES EN LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS			
SEÑAL	SITIOS DONDE COLOCAR	SEÑAL	SITIOS DONDE COLOCAR
ADVERTENCIA		OBLIGACION	
 <p>Riesgo eléctrico    Peligro en general</p>	<p>TABLEROS DE DISTRIBUCION, TRANSFORMADORES, CELDA DE MEDIA TENSION</p>	 <p>Protección obligatoria de los pies    Protección obligatoria de las manos    Protección obligatoria de la cabeza</p>	<p>INGRESO SUBESTACIONES ELECTRICAS</p>
PROHIBICION		CONTRAINCENDIOS	
 <p>Entrada prohibida a personas no autorizadas    No tocar</p>	<p>INTERIOR DE TABLEROS DE DISTRIBUCION, BARRAS DE DISTRIBUCION, PUERTA INGRESO</p>	 <p>Extintor</p>	<p>DONDE SE VA A SITUAR EL EXTINTOR</p>

**Tabla 16a.** Señalización mínima de seguridad a existir en las subestaciones electricas.

### **3.6 Verificación de normas en subestaciones electricas de la FIEC**

El arreglo de una subestación eléctrica consiste básicamente en la distribución de un cierto número de circuitos a una misma tensión llegando todos a un sistema de barras colectoras, a fin de facilitar el mantenimiento. Este punto se basa esencialmente en cálculos a partir de datos obtenidos mediante mediciones de amperaje y voltaje en los tableros de distribución en cada una de las subestaciones estudiadas.

Luego de obtener dichos cálculos estamos en facultad de decidir si los elementos conectados a las subestaciones respetan o no las normas de seguridad que antes fueron mencionadas.

#### **3.6.1 Subestacion eléctrica “C/T 23”.**

Esta S/E tiene una capacidad de carga  $S_{total} = 112.5 \text{ Kva}$ . La figura 49 muestra el diagrama unifilar de la subestación mencionada.

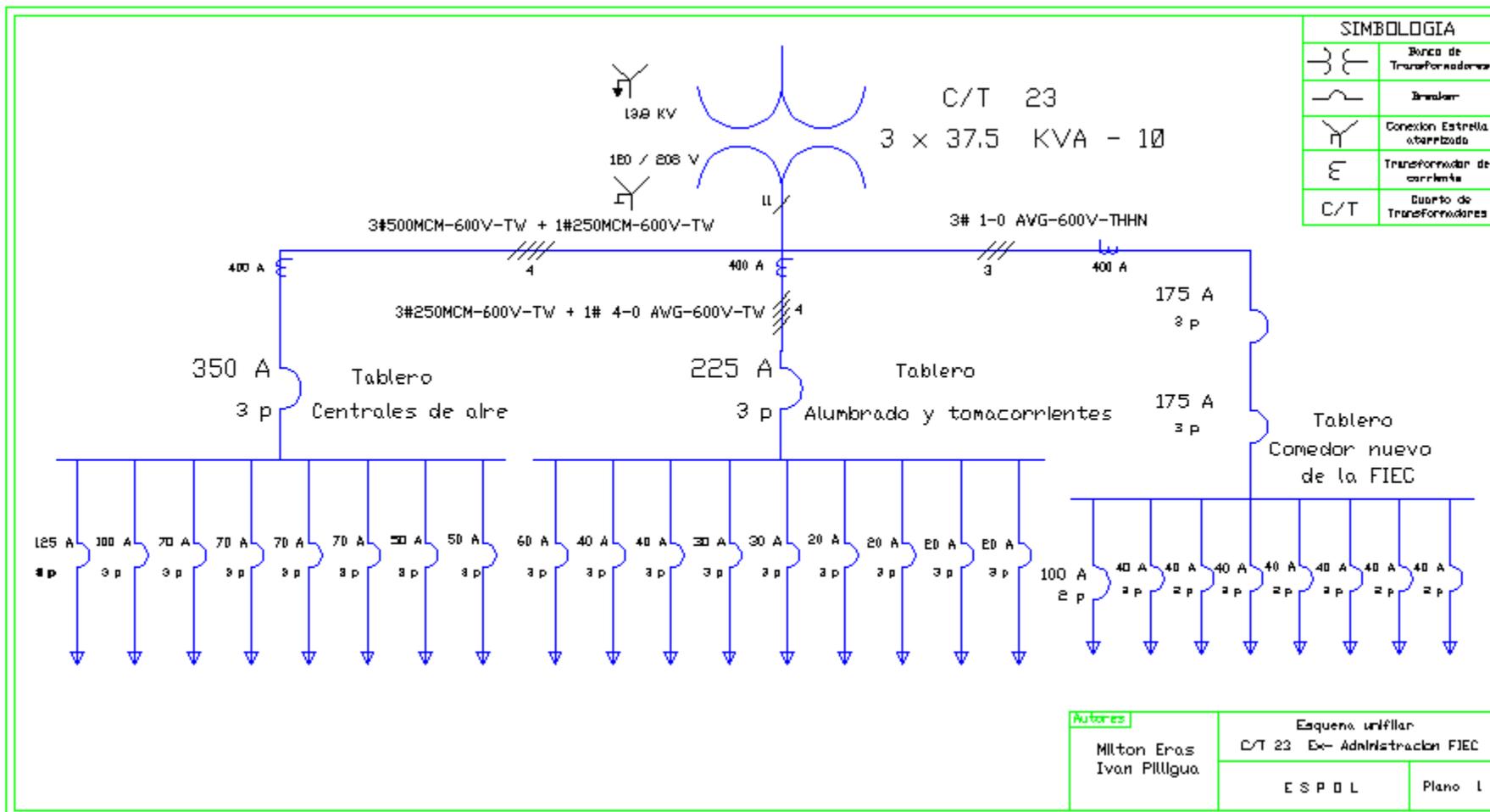


Figura 49. Diagrama unifilar de la subestación eléctrica “C/T 23”.

▪ **Calculo de conductores y dispositivo de protección.**

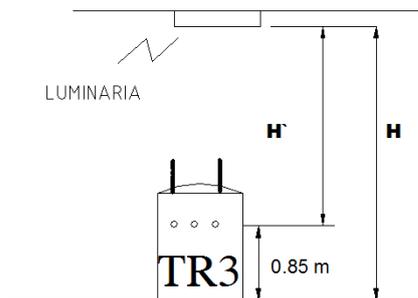
Datos en Subestacion eléctrica							
Voltaje operación	Transformador			Corriente operación (A)		Corriente en conductor (A) sección 220-3(a) NEC	
V= 220	Cantidad	Potencia (KVA)	Potencia total (KVA)	$I_{operac} = \frac{S \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$	295.24	$I_{cond} = 1.25 \times I_{operac}$	369
	3	37.5	S=112.5				
Elección conductor fase				Corrección por más de 3 conductores			
Cantidad	Ampacidad a buscar (A)			# conductores		Conductor corregido	
N = 1	$I_{bus} = I_{cond} / N$		369	Fases + neutro	n = 4		
Conductor	Calibre (aislamiento TW)	700MCM		FACTOR tabla 310-15(B)(2)(a) NEC		$I_{correg} = Amp \times f$	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)
	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)	Amp = 385		f = 0.85		308	500MCM Am = 320
Elección conductor neutro				Conductores seleccionados		Para fases : 3 x500 MCM – TW - 600V Para neutro: 1x500 MCM –TW - 600V	
Ampacidad (A)	Calibre	Ampacidad Tabla 310.16 NEC	Calculo dispositivo protección				
			Conductores en fase	Ampac correg (A) sección 230-90(a) NEC		Capacidad dispositivo (A) sección 240.6 (a) NEC	
			num = 1	Am x num	320	3 polos 350 A	
Icorreg	308	500 MCM	320				

**Tabla 17.** Calculo de conductores y dispositivo de protección en subestación eléctrica “C/T 23”.

▪ **Calculo de iluminación en subestación eléctrica “C/T 23”.**

Datos de S/E			Datos de luminaria			
Luminancia mínima S/E ( tabla 12)		Altura plano trabajo (m)	Tipo	Flujo luminoso catalogo Phillips	Factor mant. (tabla 15)	
E = 100 luxes		0.85	tubo 40W	$\varnothing_L = 3250$ lúmenes	F m	0.75
Dimensiones del local (m)			Factor de reflexión (dato tabla 14)			
Largo (l)	Ancho (a)	Alto (H)	techo	Pared	Piso	
7.55	3.70	3.30	0.8	0.5	0.3	
Altura de luminaria		Factor k		Factor utilización (dato de tabla 13)		
$H' = H - 0.85$	2.45	$K = \frac{(l \times a)}{H'(l+a)}$	1.01	Fu	0.36	
Flujo luminoso $\varnothing T$			# lámparas, n= 4 tubos fluorescentes 40W			
$\varnothing T = \frac{E \times (l \times a)}{(Fu \times Fm)}$		11286.87 lúmenes	$N = \frac{\varnothing T}{n \varnothing_L}$	0,86 $\approx$ 1 lámpara.		

**Tabla 18.** Calculo de iluminación en subestación eléctrica  
“C/T 23”.



**Figura 50.** Altura de ubicación para luminarias en subestación eléctrica  
“C/T 23”.

- **Dimensiones espacio de trabajo en S/E “C/T 23”.**

Para este fin usaremos el grafico de la figura 47 mostrado anteriormente, donde Tr1, Tr2 y Tr3 son los transformadores de la subestación. Estas dimensiones serán las mínimas que deben existir.

- **Ventilación en S/E “C/T 23”.**

De acuerdo a la sección 450-45 “Abertura de ventilación” del NEC obtenemos el siguiente resultado: un área efectiva de las aberturas de ventilación será  $0,23\text{m}^2$ . Por el Reglamento complementario al NEC, presentado en la sección 1.4 de esta tesis, obtenemos el siguiente valor: unas aberturas de ventilación el área efectiva  $0,84\text{m}^2$ .

### 3.6.2 Subestacion eléctrica “C/T 21”.

Esta S/E tiene una capacidad de carga  $S_{total} = 300 \text{ Kva}$ , cabe indicar que el diagrama unifilar y los cálculos de esta subestación se presentan con más detalle en los anexos.

Para los conductores encontramos los siguientes resultados:

2 x 600 MCM – TW → 2 conductores por cada fase.

600 MCM – TW → para el neutro.

Para el dispositivo de protección el resultado fue: 3 polos 800A.

Mientras que con respecto a la iluminación el resultado obtenido fue: 1 lámpara, con 4 tubos fluorescentes de 40w cada uno.

En cuanto a la ventilación obtuvimos el siguiente resultado: un área efectiva para las aberturas de ventilación de  $2,3\text{m}^2$

### 3.6.3 Subestacion eléctrica “C/T 22”.

Esta S/E tiene una capacidad de carga  $S_{total} = 225 \text{ Kva}$ , cabe indicar que el diagrama unifilar y los cálculos de esta subestación se presentan con más detalle en los anexos.

Para los conductores encontramos los siguientes resultados:

2 x 400 MCM – TW → 2 conductores por cada fase.

400 MCM – TW → para el neutro.

Para el dispositivo de protección el resultado fue: 3 polos 600A.

Mientras que con respecto a la iluminación el resultado obtenido fue: 1lámpara, con 4 tubos fluorescentes de 40w cada una.

En cuanto a la ventilación obtuvimos el siguiente resultado: un área efectiva de las aberturas de ventilación es de  $1,67\text{m}^2$ .

### 3.6.4 Subestacion eléctrica tipo “Padmounted”.

Tiene una capacidad total de 600 KVA. Cabe indicar que el diagrama unifilar y los cálculos de esta subestación se presentan con más detalle en los anexos.

Para los conductores encontramos los siguientes resultados:

4x 400 MCM – TW → 4 conductores por cada fase.

400 MCM – TW → para el neutro.

Para el dispositivo de protección el resultado fue: 3 polos 1200A.

Mientras que con respecto a la iluminación el resultado obtenido fue: 1 lámpara, con 2 tubos fluorescentes de 40w c/u.

En cuanto a las dimensiones de seguridad alrededor de los equipos dentro del cuarto de distribución de la subestación tipo padmounted, las mínimas dimensiones se presentan en la figura 54 del anexo 3. Cabe indicar que el mencionado cuarto es el único que cuenta con una central de aire para conservar la temperatura adecuada.

## **CAPITULO 4**

### **METODOS DE VALORACIÓN DE RIESGOS EN LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE LA FIEC.**

#### **4.1 Introducción.**

Entre los distintos métodos para valoración de riesgos tenemos a los comparativos y los cuantitativos. Los primeros se basan en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Entre los más conocidos de métodos comparativos podemos mencionar a: Manuales técnicos y Listas de comprobación o “Safety check list”.

Mientras que los métodos cuantitativos introducen una valoración respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso, recurren a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños.

El más conocido es el Método Fine, que permite establecer prioridades entre las distintas situaciones de riesgo en función del peligro causado. Aquí se llega a calcular la magnitud del grado de riesgo y de este modo llegar a una acción correctiva.

#### **4.2 Metodología de aplicación del Método Fine para valoración de riesgos en las subestaciones eléctricas.**

El método Fine se vale de cálculos numéricos para llegar a la conclusión de que tan alto es el grado de riesgo; el mismo puede ser aceptable, moderado, notable, o muy alto. Usa una fórmula matemática considerando tres factores: las consecuencias, la exposición y la probabilidad.

La fórmula del Grado de Riesgo es la siguiente:

$$\text{Grado de riesgo (GR)} = \text{Consecuencias} \times \text{Exposición} \times \text{Probabilidad.}$$

#### 4.2.1 Planeación para usar el Método Fine.

- a) Recopilamos datos mediante el recorrido por las instalaciones de las subestaciones eléctricas; en la misma incluimos aspectos como:
- ✓ Área: ubicación del área o sitio de trabajo donde se están identificando las condiciones de trabajo.
  - ✓ Fuente: condición que está generando el factor de riesgo.
  - ✓ Efecto: posible efecto que el factor de riesgo puede generar al nivel de la salud del trabajador, el ambiente, el proceso, los equipos, etc.
- b) Realizamos inspecciones con el objeto de identificar las condiciones peligrosas que pueden generar situaciones de riesgo, a partir de una lista de chequeo que fue presentada con anterioridad en capítulo 2 sección 2.3.1.
- c) Las contestaciones a cada ítem de la lista de chequeo, se realizarán poniendo una “√” en la casilla SI o NO, que corresponde al cumplimiento o no de lo chequeado. En la casilla OBSERVACION se anotara los detalles encontrados.

- d) Para completar el diagnóstico de condiciones de trabajo debemos valorar cada uno de los factores de riesgo identificados; esta valoración permite jerarquizarlos. Estos valores se obtienen de la escala para valoración de factores de riesgo que generan accidentes de trabajo, que son presentados en la sección 4.2.3 mostrados en este capítulo.
- e) Al tener jerarquizados los factores de riesgos tendremos una visión global del estado de los riesgos laborales; luego de esto estaremos en condiciones de sugerir medidas correctoras para eliminar o controlar el riesgo.

#### **4.2.2 Factores de riesgo.**

Los factores de riesgos ya fueron mostrados previamente y detallados en el capítulo 2 sección 2.3.2; luego de haber realizado las inspecciones en las subestaciones electricas con la lista de chequeo.

#### **4.2.2.1 Peligros debido a la seguridad.**

- Inexistencia de sistemas de detección o extinción de incendios.
- Falta de manual de procedimiento de seguridad y equipos de protección personal.
- Falta foso de recogida de aceite dieléctrico.
- Espacios de seguridad entre equipos incorrectos.

#### **4.2.2.2 Peligros eléctricos.**

- Mal dimensionamiento en equipos de fuerza y control.
- Deficiente sistema de puesta a tierra.
- Sobrecarga en terminales de baja tensión de los transformadores.
- Retiro incorrecto de revestimiento exterior de conductores.

#### **4.2.2.3 Peligros debido al ambiente/lugar de trabajo.**

- Falta de limpieza.
- Tropiezos y/o caída de objetos.
- Dimensiones incorrectas en edificación de las S/E.
- No delimitación de zonas de trabajo.
- Deficiencias o ausencias de señalización.

#### 4.2.2.4 Peligros físicos.

- Iluminación insuficiente y/o mal ubicada.
- Ventilación insuficiente.

#### 4.2.2.5 Otros peligros.

- Sulfatación en dispositivos de fuerza y corrosión en partes metálicas de las subestaciones eléctricas.
- Materiales no adecuados en la estructura de la subestación eléctrica.
- Colocación indebida de materiales que alojaran conductores.
- Conductores pelados sin encintado de seguridad.

#### 4.2.3 Escalas para valoración de factores de riesgo.

- **Consecuencias:** Definido como el daño posible debido al riesgo que se está considerando.
- **Exposición:** Es la frecuencia con la que se presenta la situación de riesgo, que tanta veces uno está expuesto.
- **Probabilidad:** La posibilidad que una vez presentada la situación de riesgo, se origine el accidente.
- **Grado de riesgo:** Valorización en magnitud del riesgo.

Las tablas mostradas a continuación son usadas en la metodología Fine para valoración de riesgos.

TABLA DE VALORIZACION DE CONSECUENCIAS	
Varias muertes; sueldo o salario de 4 años para cada persona afectada	50
Una muerte; sueldo o salario de 4 años	25
Lesiones graves, incapacidad total; renta vitalicia del 66% de la remuneración mensual percibida por la victima.	15
Lesiones con pérdidas; promedio del porcentaje de disminución del trabajo, se computara sobre el sueldo o salario de 4 años. La valoración se presenta en Art 438 del Régimen Laboral Ecuatoriano	5
Lesiones, cortes, golpes, contusiones; 75% de la remuneración que tuvo el trabajador al momento del accidente y no deberá exceder del plazo de 1 año.	1

**Tabla 25. Nivel de Consecuencias del Riesgo.**

TABLA DE VALORIZACIÓN DE EXPOSICIÓN	
Continuamente , varias veces al día	10
Frecuentemente , una vez al día o a la semana	6
Ocasionalmente, mas de una vez al mes o al año	3
Raramente : alguna vez en varios años	1
Remotamente : no ocurre pero no se descarta	0.5

**Tabla 26. Nivel de Exposición a un riesgo.**

TABLA DE VALORIZACIÓN DE PROBABILIDADES	
El resultado es más probable y esperado	10
Es completamente posible , no será nada extraño	6
Secuencia o coincidencia rara pero posible	3
Coincidencia muy rara , pero se sabe que ha ocurrido	1
Coincidencia remota pero concebible	0.5

**Tabla 27. Nivel de Probabilidades del riesgo.**

GR > 400	Riesgo muy alto	Suspensión de actividad inmediata
200 < GR < 400	Riesgo Alto	Corrección inmediata
70 < GR < 200	Riesgo Notable	Corrección necesaria urgente
20 < GR < 70	Riesgo Moderado	No es emergente, debe corregirse
GR < 20	Riesgo Aceptable	Puede omitirse la Corrección

**Tabla 28. Nivel del Grado de Riesgo.**

### **4.3 Actividades para la administración de control de riesgos en las subestaciones electricas.**

Entre las actividades básicas para la administración del control de riesgos que serán de mucha importancia para el estudio de las subestaciones eléctricas, están:

- Identificación del Trabajo
- Estándares o Normas
- Medición
- Evaluación
- Correcciones y Crear ambiente que estimule la motivación.

#### **4.3.1 Identificación del trabajo.**

Aquí tomaremos especial atención a lo siguiente:

- El área de trabajo
- Herramientas y equipo de medición
- El trabajo a realizar
- Implementos de seguridad.

#### 4.3.1.1 El área de trabajo.

Analizaremos las subestaciones eléctricas de FIEC y tableros de distribución que la conforman. Con más detalle a continuación:

- Subestación eléctrica “C/T 23”, compuesta de tres transformadores monofasicos de 37,5 Kva. y potencia total de 112,5 kva.; ubicado justo atrás del ex edificio Gobierno y administración de la FIEC, frente al parqueadero profesores.
- Subestación eléctrica “C/T 21”, compuesta de tres transformadores monofasicos de 100 Kva. y potencia total de 300 Kva.; ubicada contiguo al laboratorio de sistemas de potencia y frente al laboratorio de electrónica de potencia.
- Subestación eléctrica “C/T 22”, compuesta de tres transformadores monofasicos de 75Kva. y potencia total de 225 Kva.; está ubicado en las inmediaciones del laboratorio de redes eléctricas y contiguo a los baños.
- Subestación eléctrica tipo padmounted, consta de un transformador trifásico a la interperie con capacidad de 600Kva, está ubicada en las inmediaciones del nuevo edificio de la FIEC, contiguo al cuarto de celdas de media tensión. Cabe mencionar que tiene el cuarto distribuidor alejado del transformador (ubicado dentro del nuevo edificio de la FIEC).

#### **4.3.1.2 Herramientas de trabajo.**

Aquí usaremos las herramientas básicas para realizar el mantenimiento de las S/E, las mismas que deberán tener un buen aislamiento para evitar descargas indeseables. Además del equipo de medición tales como multímetros, pinzas amperimétricas, entre otras. Debemos tener en cuenta que estos equipos tienen que ser calibrados de acuerdo a la fecha establecida por los proveedores.

#### **4.3.1.3 El trabajo a realizar.**

Entre las principales acciones que haremos están:

- Inspección de las subestaciones operativas.
- Seguridad y señalización ante ingreso de personal no calificado,
- Dimensiones de la subestación, de espacio de trabajo alrededor de equipos; de acuerdo a normas establecidas con anterioridad
- Iluminación y ventilación adecuada y ubicada correctamente.
- Seguridad contra incendios de la subestación.
- Anomalías en equipos de fuerza, dispositivos de protección y conductores.
- Existencia de foso para contener aceite.

#### **4.3.1.4 Implementos de seguridad.**

Verificaremos que el personal de mantenimiento cuente con los implementos necesarios de seguridad en buen estado, siempre al realizar un trabajo que conlleve operación con las subestaciones tener en mente y cumplir las 5 reglas de oro (desconectar, bloquear, verificar, puesta a tierra y señalar la zona o área de trabajo). Estos implementos deben usarse siempre que se realicen trabajos con y sin tensión.

#### **4.3.2 Estándares (Normas).**

Para este punto mencionaremos todas las normas del NEC y del NATSIM que se usaron en esta tesis, de los cuales obtuvimos la mayor parte de los artículos. Cabe indicar que en el capítulo anterior citamos solo las normas que consideramos más importante para la valoración de riesgos.

#### 4.3.2.1 Normatividad para espacio de trabajo alrededor de equipos.

Nos basamos en el artículo 110-16 (a) del NEC; y se complementa con el uso de la tabla 10 mostrada abajo, la misma que fue presentada en el capítulo 3. Este artículo expresa lo siguiente:

*“110-16(a). Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos). a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta norma, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias se deben medir desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo se deben considerar conectadas a tierra. Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser inferior a 80 cm. de ancho delante del equipo eléctrico”.*

**Tabla 110-16(a). Distancias de trabajo**

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

- Partes vivas expuestas en un lado y no-vivas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
- Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
- Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

**Tabla 10. Distancias mínimas alrededor de equipos  
(Información del NEC).**

### 4.3.2.2 Normatividad para iluminación en las subestaciones eléctricas.

En la sección 924-5 del NEC; y usando la tabla 4, la misma que fue presentada en el capítulo 3. Este artículo expresa lo siguiente:

*“924-5. Instalación de alumbrado. Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5.*

*Excepción 1: No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectadores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos.*

*Excepción 2: Las subestaciones de usuarios de tipo poste o pedestal quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta Sección y pueden considerarse iluminadas con el alumbrado existente para otras áreas adyacentes.”*

TABLA 924-5.- Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

**Tabla 4. Niveles mínimos de iluminación requerida  
(Información del NEC).**

### 4.3.2.3 Normatividad para ventilación en la subestación eléctrica.

De acuerdo al artículo 450 del NEC sección 450-45 que dice lo siguiente:

*“450-45. Abertura de ventilación. a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben ubicarse lo más lejos posible de puertas, ventanas, salidas de incendio y materiales combustibles.*

*b) Disposición. Una bóveda ventilada por circulación natural de aire puede tener la mitad, aproximadamente, del área total de aberturas necesarias para la ventilación en una o más aberturas cerca del suelo y el resto en una o más aberturas en el techo o en las paredes cerca del techo; toda el área que se requiera para la ventilación se permite en una o más aberturas en o cerca del techo.*

*c) Tamaño. El área neta combinada de todas las aberturas de ventilación, después de restar áreas ocupadas por pantallas, rejas o celosías, no debe ser menor que 20 cm<sup>2</sup> por cada Kva. de capacidad de los transformadores en servicio, excepto el caso de transformadores de capacidad menor que 50 Kva., donde el área neta no debe ser menor que 10 cm<sup>2</sup>”.*

Por Reglamento complementario al NEC para instalación de conductores y equipo eléctrico en su sección IX Artículo B - literal “I” dice:

*“3) Tamaño de las aberturas de ventilación. En caso de bóvedas o cuartos para transformadores ventilados por aire exterior sin que se usen tubos o canalizaciones, el área efectiva combinada de ventanas para ventilación no deberá ser menor de 8 pies cuadrados por cada 100 KVA de capacidad de transformadores. En ningún caso podrá ser menor de 4 pies cuadrados para capacidades menores de 50 KVA.”*

#### 4.3.2.4 Normatividad para transformadores en la subestación eléctrica.

En el NATSIM capítulo 14 “Cuarto para transformadores”, artículo 14.3 referente a “Características Constructivas”, expresa lo siguiente:

*“14.3 Características Constructivas.- El cuarto de transformadores será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. Los cuartos por razones de seguridad, deberán tener una losa superior de hormigón, a una altura libre mínima de 2.5 metros, diseñada para soportar una carga máxima de acuerdo a su utilización.”*

*“La puerta de entrada tendrá dimensiones mínimas de 2 m de alto por 1m de ancho, construida en plancha metálica de 1/16” de espesor, con abatimiento hacia el exterior y con una resistencia al fuego, de acuerdo a lo que señala el numeral 450.43 del NEC.”*

*“El área mínima, rectangular y libre de los cuartos de transformadores, será de acuerdo a la siguiente tabla 1a:*

DIMENSIONES	CAPACIDAD
2,0 x 2,5m	Hasta 100 KVA (1 solo transformador 1 □ )
3,0 x 2,5m	Hasta 150 KVA (Banco de 2 o 3 transformadores)
4,0 x 3,0m	Hasta 300 KVA (Banco de 3 transformadores)
5,0 x 4,0m	Hasta 750 KVA (Banco de 3 transformadores)
6,0 x 4,0m	Hasta 1.000 KVA (Banco de 3 transformadores)

**Tabla 29.** Área mínima de los cuartos para transformadores.

(Información del NATSIM).

De acuerdo al NATSIM en el capítulo 15 “Transformadores”, expresa lo siguiente:

*“Si la demanda de energía excede de 30KVA, el Consumidor suministrara e instalara sus propios transformadores dentro de un cuarto habilitado para el efecto, cuya capacidad y tipo de conexión se especificara en el diagrama unifilar del proyecto eléctrico que se presentara a la Empresa Eléctrica para su aprobación”.*

*“Si se considera la instalación de un banco de transformadores, cada unidad monofasica que lo conforma será del tipo convencional y apropiado para ser utilizado en un sistema de 13200/7620 voltios en el lado primario y 120/240 voltios en el lado secundario, con derivaciones de 2,5% arriba y debajo de su voltaje nominal”.*

*“El transformador Padmounted se montara sobre una base de hormigón de 15cm, con respecto al nivel del piso terminado; debajo del compartimiento de primario y secundario se construirá una caja de paso de hormigón, con una abertura que se ajuste a las dimensiones del mismo y de 80cm de profundidad; en la base del pedestal se debe proveer un foso con capacidad de confinar el 75% del aceite del transformador, este debe tener un medio de drenaje que permita su fácil evacuación”.*

De acuerdo al NEC en el Art. 450 “Transformadores y bóvedas para transformadores”, nos indica algunos puntos que nos ayudaran en el estudio de la seguridad en las subestaciones eléctricas. En la sección B del artículo antes mencionado del NEC “Disposiciones específicas aplicables a los diferentes tipos de transformadores”, se presentan diferentes tópicos que los mostraremos a continuación:

*“450-23. Transformadores en líquidos de alto punto de ignición. Se permite la instalación de transformadores aislados con líquidos de alto punto de ignición (aprobados) que tengan un punto de ignición no menor que 300°C, de acuerdo con lo indicado en a) o b), siguientes:*

*a) Instalaciones interiores, de acuerdo con lo indicado en (1), (2) o (3) siguientes:*

*1) En edificios, en áreas donde se cumplan todos los requerimientos siguientes:*

- a. La tensión eléctrica nominal del transformador sea de 35 000 V o menos.*
- b. No se almacenen materiales combustibles.*
- c. Se tenga un área de confinamiento del líquido.*
- d. El área cumpla con todas las restricciones previstas en la aprobación del líquido.*

*2) Para transformadores con tensión eléctrica nominal de 35 000 V o menos, se cuenta con un sistema automático de extinguidores de fuego y un área de confinamiento de líquidos.*

*3) De acuerdo con lo indicado en 450-26.*

*b) Instalaciones en exteriores. Se permite instalar transformadores aislados con líquidos de alto punto de ignición fuera de, adjunto a, o en techo de edificios, de acuerdo con lo siguiente:*

*1) La instalación debe cumplir con las restricciones de la aprobación de estos líquidos.*

*NOTA: Instalaciones adjuntas a materiales combustibles, salidas de emergencia o puertas y ventanas deben requerir avisos de emergencia adicionales tales como los indicados en 450-27.*

*2) De acuerdo con lo indicado en 450-27.*

*“450-26. Transformadores en aceite instalados en interiores. Los transformadores en aceite deben instalarse en una bóveda construida como se especifica en la Parte C de este Artículo.*

*Excepción 1: Cuando la capacidad total no exceda de 112,5 Kva., las bóvedas de transformadores especificadas en la Parte C de este Artículo pueden estar construidas de concreto reforzado de un espesor no menor que 10cm.*

*Excepción 2: Cuando la tensión eléctrica nominal no es mayor que 600 V no se requiere una bóveda, si se han tomado las previsiones necesarias para impedir que el fuego producido por el aceite del transformador se extienda a otros materiales y cuando la capacidad total de transformadores en un lugar no es mayor que 10 Kva., en una sección del inmueble clasificada como combustible; o 75 Kva., cuando la estructura que lo rodea es de construcción clasificada como resistente al fuego.*

*Excepción 3: Los transformadores para hornos eléctricos de una capacidad total no mayor que 75 Kva., pueden estar instalados sin bóvedas, dentro de un inmueble o local resistente al fuego, siempre que se hayan tomado las medidas necesarias para impedir que el fuego producido por el aceite pueda extenderse a otros materiales combustibles.*

*Excepción 4: Los transformadores pueden instalarse en un edificio separado que no cumpla con las disposiciones especificadas en la Parte C de este Artículo, siempre que este edificio o su contenido no presenten peligro de fuego a otros edificios y el edificio citado se use únicamente para el suministro del servicio eléctrico y que su interior sea accesible solamente a personal calificado.*

*Excepción 5: Se permite el uso de transformadores sumergidos en aceite sin bóveda en equipos portátiles y móviles de minería en superficie (tales como las excavadoras eléctricas), si se satisface cada una de las condiciones siguientes:*

- a. Se han tomado las previsiones para el drenaje de las fugas de fluido.*
- b. Se provee un medio de salida seguro para el personal.*
- c. Se dispone de una barrera de acero de un espesor mínimo de 6,35mm para protección del personal. “*

*“450-27. Transformadores en aceite instalados en exteriores. Los materiales combustibles, los inmuebles y partes de inmuebles combustibles, puertas, ventanas y salida de emergencia para caso de incendio, deben estar resguardadas contra incendios que se originen en los transformadores aislados con aceite, instalados sobre techos, que estén cercanos a, o adyacentes a un inmueble o material combustible. En casos donde la instalación del transformador presente peligro de incendio deben aplicarse uno o más de los siguientes resguardos según el grado de riesgo involucrado:*

- a) *Espacios para aislar del fuego.*
- b) *Barreras separadoras resistentes al fuego.*
- c) *Sistemas automáticos extinguidores de incendio.*
- d) *Confinamientos para contener el aceite en caso de ruptura del tanque del transformador. Los confinamientos para el aceite deben consistir en diques, brocales, trincheras, depósitos resistentes al fuego para la captación del aceite, deben de estar llenas de bola (de 12cm a 20cm), cascajo, tezontle, piedra o materiales similares y estar dotadas de medios para drenar el aceite hacia fosas de captación. La cantidad de aceite debe de tratarse o eliminarse para cumplir con las leyes y normas de ecología.*

*NOTA - Para los transformadores instalados en postes, estructuras, azoteas, o bajo el nivel del piso o tierra, ver los apéndices B1 y B2*

#### **4.3.2.5 Normatividad para conductores en baja tensión.**

Para este caso usamos el artículo 220 “Alimentadores y Acometidas” del NEC sección 220-3(a) que dice textualmente lo siguiente:

*“220-3(a). Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior a la suma de la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la suma de la carga no continua, mas el 125% de la carga continua.”*

#### 4.3.2.6 Normatividad para tableros de distribución.

Aquí usaremos el Artículo 384 del NEC, que menciona lo siguiente:

*“384-3(A) (f). Soportes e instalación de las barras colectoras y de los conductores. Arreglo de las fases. El arreglo de las fases en las barras de sistemas trifásicos debe ser A, B y C del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha, vistas desde el frente del tablero o panel de alumbrado y control. En sistemas trifásicos de cuatro hilos conectados en delta, la fase B debe ser la que tenga mayor tensión eléctrica a tierra. Si se hacen modificaciones a instalaciones ya existentes, se permiten otras distribuciones siempre que se identifiquen adecuadamente.*

*“384-5(b). Ubicación de los tableros de distribución. Los tableros de distribución que tengan partes vivas expuestas, deben estar ubicados en lugares permanentemente secos, donde estén vigilados y sean accesibles sólo a personas calificadas. Los tableros de distribución deben instalarse de modo que la probabilidad de daño por equipo o procesos sea mínima.”*

*“384-8(a) Separación desde el techo. En los tableros de distribución que no estén totalmente cerrados se debe dejar un espacio desde la parte superior del tablero hasta cualquier techo combustible no-menor a 90 cm., excepto si se instala una cubierta no-combustible entre el tablero y el techo.”*

Según el NATSIM en el capítulo “Tableros”, expresa lo siguiente:

*“12.4. Rotulación.- Todo tablero y cada uno de sus módulos serán rotulados por el Consumidor para indicar la instalación a la cual sirve. La rotulación deberá hacerse sobre las tapas o puertas metálicas, con pintura durable y letras de molde”.*

*“12.10. Numero de Tableros.- Cuando se instalen dos o más tableros de medidores en el mismo edificio, los conductores de alimentación provenientes desde un transformador o banco de transformadores llegaran primero a un tablero de distribución general, que contendrá un disyuntor principal, barras de distribución y un disyuntor parcial de protección para cada uno de los alimentadores de los diferentes tableros de medidores”.*

“Todos los circuitos de un panel de distribución y sus modificaciones se deben identificar de manera legible en cuanto a su funcionalidad o uso,

en un directorio situado en la puerta del panel o en su interior. Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro y tierra requeridos. Debe indicarse la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.”

#### **4.3.2.7 Normatividad para barras en tableros de distribución.**

Según el NATSIM en el capítulo “BARRAS DE DISTRIBUCION”, expresa lo siguiente:

*“12.8. Barras de Distribución.- Las barras estarán calculadas para no incrementar su temperatura más de 30°C, a plena carga sobre la temperatura ambiente.*

*Las barras serán de cobre de un espesor mínimo de 3mm (1/8”), y un ancho mínimo de 12,7mm (1/2”), además estarán apoyadas sobre aisladores adecuados de 2,5cm de espesor mínimo.*

*La longitud de las barras se determinara de tal manera, que cada derivación de la misma comprenda un mínimo de 3cm, considerándose además, el espacio necesario para aisladores y terminales de alimentación.”*

*Las barras para baja tensión estarán alojados en tableros de distribución en donde se ubicaran las protecciones respectivas, para lo cual se debe justificar el diseño mediante la consideración de los esfuerzos térmicos y dinámicos”.*

#### **4.3.2.8 Normatividad para dispositivos de protección.**

Aquí usaremos el artículo 230 sección 230-90(a) del NEC que dice textualmente lo siguiente:

*“230-90(a). Protección contra sobrecorriente. Conductores de fase. Dicha protección debe consistir en un dispositivo contra sobrecorriente en serie con cada conductor de fase de la acometida que tenga una capacidad nominal o ajuste no superior a la capacidad de corriente del conductor”*

Además para la elección de la capacidad del dispositivo protector usaremos la sección 240.6(a) del NEC, “Fusibles e interruptores de disparo fijo”, el mismo que dice textualmente:

*“240-6. Capacidades nominales de la corriente eléctrica normalizada. (a) Fusibles e interruptores de disparo fijo. Para la selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15A, 20A, 25A, 30A, 35A, 40A, 45A, 50A, 60A, 70A, 80A, 90A, 100A, 110A, 125A, 150A, 175A, 200A, 225A, 250A, 300A, 350A, 400A, 450A, 500A, 600A, 700A, 800A, 1000A, 1200A, 1600A, 2000A, 2500A, 3000A, 4000A, 5000A y 6000A. Se consideran como tamaños nominales de fusibles de 1A, 3A, 6A, 10A y 601A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con los valores de corriente nominal diferentes a los valores indicados en este inciso.”*

#### **4.3.3 Medición.**

En las tablas siguientes se muestran los valores de las mediciones de voltaje y corriente tomados en la entrada a los tableros de distribución presentes en cada subestación estudiada.

#### 4.3.3.1 Mediciones realizadas en subestación eléctrica “C/T 23”.

SUBESTACION ELECTRICA "C/T 23"							
CAPACIDAD	3x37 ½ KVA = 112,5 KVA						
UBICACIÓN	ATRÁS DEL EX EDIFICIO GOBIERNO Y ADMINISTRACION FIEC FRENTE PARQUEADERO PROFESORES. ESTE CUARTO ES INDEPENDIENTE DE ALGUNA OTRA ESTRUCTURA.						
	VOLTAJES			CORRIENTES			
	FASE A-B	FASE B-C	FASE A-C	FASE A	FASE B	FASE C	NEUTRO
<b>TABLERO1</b>	257,7	257,5	260,2	46	49	54	33
<b>TABLERO2</b>	257,7	257,5	260,2	15	14	15	0
<b>BREAKER (*)</b>	257,7	257,5	260,2	31	53	25	24

**Tabla 30. Niveles voltaje y corriente tomados en la entrada de los tableros de distribución de la subestación eléctrica “C/T 23”.**

(\*) Este breaker esta montado sobre una caja metálica en la pared, el cual conecta o desconecta la energía provista al tablero de distribución del nuevo comedor de la facultad.

$IA-B = \sqrt{IA^2 + IB^2 - 2IA \times IB \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = \sqrt{46^2 + 49^2 - 2 \times 46 \times 49 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 82.3 \text{ A}$	$IX-C = \sqrt{IX^2 + IC^2 - 2IX \times IC \times \cos 120^\circ}$ $IX-C = \sqrt{82.3^2 + 54^2 - 2 \times 82.3 \times 54 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 118.88 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 118.88) = 45.3 \text{ KVA} \rightarrow \text{TABLERO 1}$	
$IA-B = \sqrt{15^2 + 14^2 - 2 \times 15 \times 14 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 25.12 \text{ A}$	$IX-C = \sqrt{25.12^2 + 15^2 - 2 \times 25.12 \times 15 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 35^a$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 35) = 13.4 \text{ KVA} \rightarrow \text{TABLERO 2}$	
$IA-B = \sqrt{31^2 + 53^2 - 2 \times 31 \times 53 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 73.6 \text{ A}$	$IX-C = \sqrt{73.6^2 + 25^2 - 2 \times 73.6 \times 25 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 88.78 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 88.78) = 33.83 \text{ KVA} \rightarrow \text{BREAKER}$	
$STOTAL = (45.3 + 13.4 + 33.83) \text{ KVA} \rightarrow STOTAL = 92.53 \text{ KVA}$	

**Tabla 31. Calculo capacidad de carga en subestación eléctrica “C/T 23”.**

#### 4.3.3.2 Mediciones realizadas en subestación eléctrica “C/T 21”.

SUBESTACION ELECTRICA "C/T 21"							
CAPACIDAD	3x100 KVA = 300 KVA						
UBICACIÓN	FRENTE AL LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA Y PARTE DEL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN.						
	VOLTAJES			CORRIENTES			
	FASE A-B	FASE B-C	FASE A-C	FASE A	FASE B	FASE C	NEUTRO
<b>TABLERO1</b>	259,7	259,5	259,2	237	235	214	499
<b>BREAKER (*)</b>	259,7	259,5	259,2	1	19	30	0.1

**Tabla 32. Niveles voltaje y corriente tomados en la entrada de los Tableros Distribución de la subestación eléctrica “C/T 21”.**

(\*)Este breaker está montado sobre una caja metálica en la pared.

$IA-B = \sqrt{IA^2 + IB^2 - 2 IA \times IB \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = \sqrt{237^2 + 235^2 - 2 \times 237 \times 235 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 408.8 \text{ A}$	$IX-C = \sqrt{IX^2 + IC^2 - 2 IX \times IC \times \cos 120^\circ}$ $IX-C = \sqrt{408.8^2 + 214^2 - 2 \times 408.8 \times 214 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 548.1 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 548.1) = 208.85 \text{ KVA} \rightarrow \text{TABLERO 1}$	
$IA-B = \sqrt{1^2 + 19^2 - 2 \times 1 \times 19 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 19.52^a$	$IX-C = \sqrt{19.52^2 + 30^2 - 2 \times 19.52 \times 30 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 43.20 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 43.20) = 16.5 \text{ KVA} \rightarrow \text{BREAKER}$	
$STOTAL = (208.85 + 16.5) \text{ KVA} \rightarrow STOTAL = 225.3 \text{ KVA}$	

**Tabla 33. Calculo de la capacidad de carga en subestación eléctrica “C/T 21”.**

#### 4.3.3.3 Mediciones realizadas en subestación eléctrica “C/T 22”.

SUBESTACION ELECTRICA "C/T 22"							
CAPACIDAD	3x75 KVA = 225 KVA						
UBICACIÓN	CONTIGUA A LOS BAÑOS Y A LOS LABORATORIOS DE ELECTRONICA ADEMAS DE ESTAR FRENTE A LA FEPOL.						
	VOLTAJES			CORRIENTES			
	FASE A-B	FASE B-C	FASE A-C	FASE A	FASE B	FASE C	NEUTRO
TABLERO1	258,5	258,3	258,7	211	192	218	38
TABLERO2	258,5	258,3	258,7	3	2	1	1

**Tabla 34. Niveles voltaje y corriente tomados en la entrada de los Tableros distribución de la subestación eléctrica “C/T 22”.**

$IA-B = \sqrt{IA^2 + IB^2 - 2 IA \times IB \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = \sqrt{211^2 + 214^2 - 2 \times 211 \times 214 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 368.1 \text{ A}$	$IX-C = \sqrt{IX^2 + IC^2 - 2 IX \times IC \times \cos 120^\circ}$ $IX-C = \sqrt{368.1^2 + 218^2 - 2 \times 368.1 \times 218 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 513.1 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 513.1) = 195.52 \text{ KVA} \rightarrow \text{TABLERO 1}$	
$IA-B = \sqrt{3^2 + 2^2 - 2 \times 3 \times 2 \times \cos 120^\circ}$ $IA-B = IX = 4.36 \text{ A}$	$IX-C = \sqrt{4.36^2 + 1^2 - 2 \times 4.36 \times 1 \times \cos 120^\circ}$ $ITOTAL = 4.94 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 6.41) = 1.89 \text{ KVA} \rightarrow \text{TABLERO 2}$	
$STOTAL = (195.52 + 1.89) \text{ KVA} \rightarrow STOTAL = 197.41 \text{ KVA}$	

**Tabla 35. Calculo de la capacidad de carga en subestación eléctrica “C/T 22”.**

#### 4.3.3.4 Mediciones realizadas en subestación eléctrica tipo Padmounted.

SUBESTACION ELECTRICA TIPO PADMOUNTED.							
CAPACIDAD	600KVA (1 TRANSFORMADOR TRIFASICO)						
UBICACIÓN	ENTRE CELDA DE MEDIA TENSION Y NUEVO EDIFICIO GOBIERNO DE LA FIEC.						
	VOLTAJES			CORRIENTES			
	FASE A-B	FASE B-C	FASE A-C	FASE A	FASE B	FASE C	NEUTRO
	258,5	258,3	258,7	293	250	254	52

**Tabla 36. Niveles voltaje y corriente tomados en la salida del transformador trifásico de la subestación eléctrica tipo Padmounted**

$IA-B = \sqrt{IA^2 + IB^2 - 2 IA \times IB \times \cos 120^\circ}$	$IX-C = \sqrt{IX^2 + IC^2 - 2 IX \times IC \times \cos 120^\circ}$
$IA-B = \sqrt{293^2 + 250^2 - 2 \times 293 \times 250 \times \cos 120^\circ}$	$IX-C = \sqrt{471^2 + 254^2 - 2 \times 471 \times 254 \times \cos 120^\circ}$
$IA-B = IX = 471 \text{ A}$	$ITOTAL = 637.2 \text{ A}$
$S = \sqrt{3} V \times ITOTAL \rightarrow S = \sqrt{3} (220 \times 637.2) = 243 \text{ KVA}$	

**Tabla 37. Calculo capacidad de carga en subestación eléctrica tipo  
Padmounted.**

#### 4.3.4 Evaluación.

Para este punto nos ayudaremos a partir de la lista de chequeo realizada en cada subestación, además se elaboro un cuadro comparativo entre los componentes que tiene la subestación versus los que se debe tener por normas establecidas.

#### 4.3.4.1 SUBESTACION ELECTRICA “C/T 23”.

DIMENSIONES DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES (m)					
ACTUALES		MINIMO RECOMENDADO			
		NEC		NATSIM	
ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO
3.79	3.0	4.03	3.51	3.0	2.5
CONDUCTOR ACTUAL		CONDUCTOR RECOMENDADO POR NEC			
FASE	NEUTRO	FASE		NEUTRO	
500 MCM-TW	250 MCM-TW	500 MCM - TW		500 MCM - TW	
DISPOSITIVO PROTEC ACTUAL		PROTECCION RECOMENDADO NEC			
3polos - 350A		3polos - 350A			
ILUMINACION ACTUAL (*)		ILUMINACION RECOMENDADO			
1 LAMP. (1X40 W)		1 LAMP. (4X40W)			
AREA EFECTIVA ABERTURAS DE VENTILACION (m <sup>2</sup> )					
ACTUALES		MINIMO RECOMENDADO POR NORMAS			
		NEC 2002		REGL COMPL NEC 2000	
ENTRADA	SALIDA	AREA		AREA	
* 0.32m <sup>2</sup>	7.5m <sup>2</sup>	0.25m <sup>2</sup>		0.84m <sup>2</sup>	

**Tabla 38. Dimensiones comparativas en subestación eléctrica “C/T 23”.**

(\*) Podemos mencionar que la iluminación es insuficiente y está mal ubicada en las inmediaciones del banco de transformadores.

\* Esta área de ventilación en la puerta principal, tiene unas dimensiones de 0,80m de ancho y 0,4m de largo. En cuanto a la salida de ventilación podemos mencionar que cuenta con dos rejillas laterales de 5m de largo x 0,49m de ancho, una rejilla frontal de 2,04m x 0,49m y una rejilla posterior de 3,25m de largo x 0,49m de ancho; en fin, el área total para la salida de ventilación será de 7,5m<sup>2</sup>.

#### 4.3.4.2 SUBESTACION ELECTRICA “C/T 21”.

DIMENSIONES DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES (m)					
ACTUALES		MINIMO RECOMENDADO			
		NEC		NATSIM	
ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO
4.14	3.1	4.78	3.59	4.0	3.0
CONDUCTOR ACTUAL		CONDUCTOR RECOMENDADO POR NEC			
FASE	NEUTRO	FASE	NEUTRO		
3X500 MCM-TW	1X500 MCM-TW	2X600 MCM - TW	1X600 MCM - TW		
DISPOSITIVO PROTECCION ACTUAL		PROTECC. RECOMENDADO NORMAS NEC			
3polos - 800 A		3polos - 800 A			
ILUMINACION ACTUAL (*)		ILUMINACION RECOMENDADO			
2 LAMP. (4X40 W), 1 NO FUNCIONA BIEN		1 LAMP. (4X40W)			
AREA EFECTIVA ABERTURAS DE VENTILACION (m <sup>2</sup> )					
ACTUALES		AREA MINIMO RECOMENDADO POR NORMAS			
		NEC 2002		REGLAM COMPL AL NEC 2000	
ENTRADA	SALIDA	AREA		AREA	
* 0.32m <sup>2</sup>	1.93m <sup>2</sup>	0.60m <sup>2</sup>		2.3m <sup>2</sup>	

**Tabla 39. Dimensiones comparativas en subestación eléctrica “C/T 21”.**

(\*) Debe darse mantenimiento a la iluminación, además ofrecer un cambio pertinente debido a que esta mal ubicada, inmediatamente arriba del banco de transformadores.

\* Esta área de ventilación en la puerta principal, tiene unas dimensiones de 0,80m de ancho y 0,4m de largo. En cuanto a la salida de ventilación podemos mencionar que cuenta con una sola rejilla lateral de dimensiones de 3,22m de largo por 0,60m de ancho, pero de celosías de vidrio.

#### 4.3.4.3 SUBESTACION ELECTRICA “C/T 22”.

DIMENSIONES DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES (m)					
ACTUALES		MINIMO RECOMENDADO			
		NEC		NATSIM	
ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO
4.55	2.0	4.18	4.0	4.38	3.59

CONDUCTOR ACTUAL		CONDUCTOR RECOMENDADO POR NEC	
FASE	NEUTRO	FASE	NEUTRO
3X500 MCM-TW	1X500 MCM-TW	2X400 MCM-TW	1X400 MCM-TW
DISPOSITIVO PROTECCION ACTUAL		PROTECCION RECOMENDADO NEC	
3polos – 800 A		3polos – 600 A	
ILUMINACION ACTUAL (*)		ILUMINACION RECOMENDADO	
1 LAMP. (4X40 W) NO FUNCIONA		1 LAMP. (4X40W)	
AREA EFECTIVA ABERTURAS DE VENTILACION (m <sup>2</sup> )			
ACTUALES		AREA MINIMO RECOMENDADO POR NORMAS	
		NEC 2002	REGLAM COMPL AL NEC 2000
ENTRADA	SALIDA	AREA	AREA
* 0.32m <sup>2</sup>	1.08m <sup>2</sup>	0.45m <sup>2</sup>	1.67m <sup>2</sup>

**Tabla 40. Dimensiones comparativas en subestación eléctrica “C/T 22”.**

(\*) Se debe poner atención a esta iluminación, además que esta lámpara está mal ubicada, pues se encuentra en las inmediaciones del banco de transformadores.

\* Esta área de ventilación en la puerta principal, tiene unas dimensiones de 0,80m de ancho y 0,4m de largo. En cuanto a la salida de ventilación podemos mencionar que cuenta con una sola rejilla frontal de dimensiones de 1,73m de largo por 0,63m de ancho.

#### **4.3.5 Correcciones.**

Para el caso de las subestaciones estudiadas daremos ideas para corregir las áreas propensas de producir accidentes al personal de mantenimiento.

##### **4.3.5.1 Subestacion eléctrica “C/T 23”.**

- Debemos hacer una mejor distribución tanto mover la reja de seguridad, mover los transformadores para tener una separación adecuada. Todo esto a fin de obtener lo recomendado por el NEC.
- Para evitar la corrosión de la base de los transformadores, se debe construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10cm. de espesor.
- Se debe construir un foso recolector de aceite para los transformadores.
- Se debe cambiar el tablero por otro de mayores dimensiones en el cual exista un área destinada solo para barras de distribución y otra para los dispositivos de protección. Evitando sobrecargar los terminales de baja tensión de los transformadores.

- Se debe cambiar el calibre del conductor neutro, debido a que la mayor parte de las cargas usadas son inductivas aumentando los armónicos.
- Se debe colocar un extintor de incendio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o polvo químico seco junto la puerta de acceso a la subestación eléctrica.
- Se debe colocar una lámpara adicional en el tumbado de 4x40w para dar un mejor mantenimiento a los tableros de distribución y banco de transformadores, además se debe colocar una iluminación de emergencia.
- Se debe colocar una señalización adecuada dentro y fuera de la subestación eléctrica; los tableros no cuentan con un diagrama unifilar para reconocer los circuitos que alimenta, además no presentan placa de identificación del voltaje y amperaje al cual se trabaja.
- En cuanto a la ventilación se debe colocar las rejillas de ventilación de la puerta principal en la parte inferior de la misma.
- El cerramiento debe ser construido de concreto reforzado mínimo de 15cm para garantizar una resistencia mínima al fuego de 3 horas.
- La apertura de la puerta debe ser hacia afuera.

#### 4.3.5.2 Subestacion eléctrica “C/T 21”.

- Se debe cambiar el tablero por otro de mayores dimensiones en el cual exista un área destinada solo para barras de distribución y otra para los dispositivos de protección. Evitando sobrecargar los terminales de baja tensión de los transformadores.
- No existe una señalización adecuada dentro y fuera de la subestación eléctrica; los tableros no cuentan con un diagrama unifilar para reconocer los circuitos que alimenta, además no presentan placa de identificación del voltaje y amperaje al cual se trabaja.
- Debemos hacer una mejor distribución tanto mover la reja de seguridad, mover los transformadores para tener una separación adecuada. Todo esto a fin de obtener lo recomendado por el NEC.
- Para evitar la corrosión de la base de los transformadores, se debe construir una base de hormigón de al menos 10cm. de espesor. Cabe señalar que los transformadores están sobre unos cuartones de madera.
- Se debe construir un foso recolector de aceite para los transformadores.

- Se debe colocar un extintor de incendio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o polvo químico seco junto la puerta de acceso a la subestación eléctrica.
- Se debe cambiar las luminarias por presentar fallas al encender y situarlas en un lugar alejado de las inmediaciones del banco de transformadores (1 lámpara de 4x40w). Además se debe proveer iluminación de emergencia.
- Se debe colocar un extractor de aire para disminuir el ambiente caluroso presente en esta subestación. Las celosías que están en la pared lateral (siempre cerradas) deben cambiarse por enrejado de mallas.
- El cerramiento debe ser construido de concreto reforzado mínimo de 15cm para garantizar una resistencia mínima al fuego de 3 horas.
- La apertura de la puerta debe ser hacia afuera.

#### **4.3.5.3 Subestacion eléctrica “C/T 22”.**

- Aterrizamiento inadecuado, existen barras para conexión a tierra pero sin conectar; las barras del tablero de distribución se deben colocar sobre aisladores.
- Se debe cambiar el tablero por otro de mayores dimensiones en el cual exista un área destinada solo para barras de distribución y otra para los dispositivos de protección. Evitando sobrecargar los terminales de baja tensión de los transformadores.
- No existe una señalización adecuada dentro y fuera de la subestación eléctrica; los tableros no cuentan con un diagrama unifilar para reconocer los circuitos que alimenta, además no presentan placa de identificación del voltaje y amperaje al cual se trabaja.
- Para evitar la corrosión de la base de los transformadores, se debe construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10cm. de espesor.
- Se debe construir un foso recolector de aceite para los transformadores.
- El cerramiento debe ser construido de concreto reforzado mínimo de 15cm para garantizar una resistencia mínima al fuego de 3 horas.

- La apertura de la puerta debe ser hacia afuera.
- Para esta subestación tocara hacer una construcción más grande debido a que no cumple con las mínimas dimensiones requeridas por el NEC.
- Se debe cambiar las luminarias por estar quemadas y situarlas en un lugar alejado de las inmediaciones del banco de transformadores (1 lámpara de 4x40w). Además se debe proveer iluminación de emergencia.
- Se debe colocar un extractor de aire para mejorar la ventilación en esta subestación. Las celosías que están en la pared lateral (siempre cerradas) deben cambiarse por enrejado de mallas.
- Se debe colocar un extintor de incendio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o polvo químico seco junto la puerta de acceso a la subestación eléctrica.

#### **4.3.5.4 Subestacion eléctrica tipo Padmounted.**

- Se debe construir un foso para recolectar el aceite del transformador en caso de alguna rotura del mismo.
- Se debe proveer iluminación de emergencia al cuarto de distribución donde se localizan los respectivos tableros.
- Se sugiere colocar un extintor de incendio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o polvo químico seco junto la puerta de acceso al cuarto distribuidor.
- Se debe proveer un cerramiento adecuado al transformador Padmounted para evitar que personal no calificado tenga contacto con el mismo.
- Se sugiere aumentar el ancho del cuarto distribuidor debido a que no cumple con lo mínimo requerido por normas NEC en cuanto al espacio de seguridad alrededor de los equipos.
- Se sugiere evitar el uso del cuarto distribuidor como bodega (se encontró escaleras, pedazos de conductores, etc.).
- Se debe evitar dejar conductores pelados dentro de los tableros (no se evidencio que tenían cinta aislante).



## **CAPITULO 5**

### **VALORACION DE RIESGOS EN LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS MEDIANTE EL METODO FINE PARA IDENTIFICACION DE PUNTOS DE CONTROL CRITICOS.**

#### **5.1 Aplicaciones de método de valoración Fine en las subestaciones eléctricas.**

En este punto nos basaremos en la información previa del modo de empleo del Método Fine presentada en el capítulo anterior, la tabla abajo mostrada será de gran ayuda para valorar los riesgos encontrados en las subestaciones eléctricas a fin de ubicar los más críticos. En los puntos siguientes se enlisto los riesgos que a nuestro criterio serian los de mayor frecuencia.

TABLA DE VALORACION DE RIESGOS						
SUBESTACION A EVALUAR: _____			EVALUADOR: _____			
UBICACIÓN DEL AREA EVALUADA: _____			TEC. AYDTE AREA: _____			
NUMERO DE TRAFOS/CAPACIDAD /CAP. TOTAL: _____			FECHA EVAL.: _____			
C= CONSECUENCIAS, E = EXPOSICION, P = PROBABILIDAD, GR = GRADO DE RIESGO, R = RESULTADO, A = ACCION						
RIESGOS	C	E	P	GR	R	A
<b>1.- RIESGOS DE SEGURIDAD</b>						
a.- INCENDIOS Y/O EXPLOSIONES.						
b.- QUEMADURAS POR ARCOS ELECTRICOS.						
c.- QUEMADURAS POR ACEITE						
d.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO INADECUADO (SEGURIDAD, HERRAMIENTAS, ETC.).						
<b>2.- RIESGOS ELECTRICOS</b>						
a.- CORTOCIRCUITOS						
b.- CONTACTOS ELECTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS.						
c.- SOBREENTENSIDADES ELECTRICAS INDESEABLES.						
d.- DESCONOCIMIENTO DE LAS CARGAS INSTALADAS.						
<b>3.- RIESGOS POR AMBIENTE Y LUGAR DE TRABAJO</b>						
a.- AFECCIONES RESPIRATORIAS.						
b.- TROPIEZOS CON POSIBLES GOLPES Y/O LESIONES						
c.- PRESENCIA DE PERSONAL NO CALIFICADO.						
d.- FALTA DE SEÑALIZACION EN SUBESTACION.						
<b>4.- RIESGOS FISICOS</b>						
a.- CANSANCIO FISICO Y MENTAL.						
b.- FATIGA LABORAL.						
<b>5.- OTROS RIESGOS</b>						
a.- FISURA EN TRANSFORMADORES DE SUBESTACION.						
b.- BAJO RENDIMIENTO Y DISMINUCION VIDA UTIL DE TRANSFORMADORES						
c.- DAÑOS INTERNOS DE TRANSFORMADOR POR VARIACION DE TEMPERATURA.						
d.- DISMINUCION DE CONDUCTIVIDAD EN CONTACTOS ELECTRICOS.						
e.- FISURAS EN ESTRUCTURA DE SUBESTACION ELECTRICA						

TABLA DE VALORIZACION DE CONSECUENCIAS	
Varias muertes: sueldo o salario de 4 años para cada persona afectada	50
Una muerte: sueldo o salario de 4 años	25
Lesiones graves, incapacidad total: renta vitalicia del 66% de la remuneración mensual percibida por la víctima.	15
Lesiones con pérdidas: promedio del porcentaje de disminución del trabajo, se computara sobre el sueldo o salario de 4 años. La valoración se presenta en Art 438 del Régimen Laboral Ecuatoriano	5
Lesiones, cortes, golpes, contusiones: 75% de la remuneración que tuvo el trabajador al momento del accidente y no deberá exceder del plazo de 1 año.	1

TABLA DE VALORIZACIÓN DE EXPOSICIÓN	
Continuamente , varias veces al día	10
Frecuentemente , una vez al día o a la semana	6
Ocasionalmente, mas de una vez al mes o al año	3
Raramente : alguna vez en varios años	1
Remotamente : no ocurre pero no se descarta	0.5

TABLA DE VALORIZACIÓN DE PROBABILIDADES	
El resultado es más probable y esperado	10
Es completamente posible , no será nada extraño	6
Secuencia o coincidencia rara pero posible	3
Coincidencia muy rara , pero se sabe que ha ocurrido	1
Coincidencia remota pero concebible	0.5

TABLA DE VALORIZACIÓN DE GRADO DE RIESGOS		
GR > 400	Riesgo muy alto	Suspensión de actividad inmediata
200<GR< 400	Riesgo Alto	Corrección inmediata
70 <GR< 200	Riesgo Notable	Corrección necesaria urgente
20 <GR< 70	Riesgo Moderado	No es emergente, debe corregirse
GR < 20	Riesgo Aceptable	Puede omitirse la Corrección

Tabla 41. Modelo de tabla para valoración de riesgos.

### **5.1.1 Riesgos de seguridad.**

- Pérdidas materiales e inclusive humanas.
- Cortes o lesiones en personal de mantenimiento.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Quemaduras.
- Contaminación del ambiente de trabajo.
- Arcos eléctricos.
- Choques o golpes con transformadores.

### **5.1.2 Riesgos eléctricos.**

- Descargas indeseables.
- Sobreintensidades eléctricas no deseadas.
- Disminución de vida útil y bajo rendimiento de transformadores.
- Cortocircuitos.
- Calentamiento de terminales de baja tensión.
- Deterioro de elementos de subestación.

### **5.1.3 Ambiente y lugar de trabajo.**

- Presencia de roedores.
- Alergias respiratorias e incluso posible intoxicación.
- Golpes y lesiones.
- Contaminación del ambiente.
- Electrocuci3n involuntaria.
- Mantenimiento dificultoso (espacio no adecuado).
- Posibles errores al dar mantenimiento (Ej.: no saber que cargas alimenta cada dispositivo protecci3n).

### **5.1.4 Riesgos f3sicos.**

- Cansancio f3sico y mental.
- Fatiga laboral.
- Da3os internos del transformador por variaci3n de temperatura.
- Bajo rendimiento de los equipos en la subestaci3n.

### 5.1.5 Otros riesgos.

- Fisura en elementos de subestación eléctrica.
- Disminución de conductividad eléctrica.
- Fallas eléctricas (cortes de energía).

## 5.2 Resultados de valoración de riesgos en subestaciones eléctricas.

Aquí lo haremos mediante el Método de Valorización de Riesgos de William T. Fine que fue presentado en el capítulo 3 sección 3.2, además usaremos los factores de riesgos principales encontrados en las subestaciones eléctricas de la FIEC, que fueron provistos en el literal 4.3. En las tablas 42, 43, 44 y 45 presenta la valoración de riesgos en las subestaciones estudiadas con anterioridad, dicha valoración usa la ecuación:

**Grado de riesgo (GR) = Consecuencias x Exposición x Probabilidad**

### 5.2.1 Tabla de valoración de riesgos en subestación eléctrica “C/T 23”.

TABLA DE VALORACIÓN DE RIESGOS						
SUBESTACION A EVALUAR: SUBESTACION ELECTRICA "C/T 23"		EVALUADOR: IVAN PILLIGUA		TEC. AYDTE AREA: TEC. MANTILLA		
UBICACIÓN DEL AREA EVALUADA: INMEDIACIONES PARQUEADERO FIEC		FECHA EVAL.: SEPT 7/ 2009				
NUMERO DE TRAFOS/CAPACIDAD/CAP. TOTAL: 3 TRAFOS 18/37,5KVA/112,5 KVA						
C = CONSECUENCIAS, E = EXPOSICION, P = PROBABILIDAD, GR = GRADO DE RIESGO, R = RESULTADO, A = ACCION						
RIESGOS	C	E	P	GR	R	A
<b>1.- RIESGOS DE SEGURIDAD</b>						
a.- INCENDIOS Y/O EXPLOSIONES.	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- QUEMADURAS POR ARCOS ELECTRICOS.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- QUEMADURAS POR ACEITE	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO INADECUADO (SEGURIDAD, HERRAMIENTAS, ETC.).	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>2.- RIESGOS ELECTRICOS</b>						
a.- CORTOCIRCUITOS	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- CONTACTOS ELECTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS.	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- SOBREENTENSIDADES ELECTRICAS INDESEABLES.	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- DESCONOCIMIENTO DE LAS CARGAS INSTALADAS.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>3.- RIESGOS POR AMBIENTE Y LUGAR DE TRABAJO</b>						
a.- AFECCIONES RESPIRATORIAS.	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- TROPIEZOS CON POSIBLES GOLPES Y/O LESIONES	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- PRESENCIA DE PERSONAL NO CALIFICADO.	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- FALTA DE SEÑALIZACION EN SU BESTACION.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>4.- RIESGOS FISICOS</b>						
a.- CANSANCIO FISICO Y MENTAL	1	3	0,5	1,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- FATIGA LABORAL	1	3	0,5	1,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
<b>5.- OTROS RIESGOS</b>						
a.- FISURA EN TRANSFORMADORES DE SUBESTACION.	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- BAJO RENDIMIENTO Y DISMINUCION VIDA UTIL DE TRANSFORMADORES	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- DAÑOS INTERNOS DE TRANSFORMADOR POR VARIACION DE TEMPERATURA.	1	3	0,5	1,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
d.- DISMINUCION DE CONDUCTIVIDAD EN CONTACTOS ELECTRICOS.	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
e.- FISURAS EN EDIFICACION DE SUBESTACION ELECTRICA	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION

Tabla 42. Valoración de Riesgos en subestación eléctrica “C/T 23”.

### 5.2.2 Tabla de valoración de riesgos en subestación eléctrica “C/T 21”.

TABLA DE VALORACIÓN DE RIESGOS						
SUBESTACION A EVALUAR: SUBESTACION ELECTRICA "C/T 21" UBICACION DEL AREA EVALUADA CONTIGUO LAB ELECTR POTENCIA NUMERO DE TRAFOS/CAPACIDAD/CAP. TOTAL: 3 TRAFOS 10 /100KVA/300 KVA			EVALUADOR: IVAN PILLIGUA TEC AYDTE AREA; TEC. MANTILLA FECHA EVAL.: SEPT 10/ 2009			
C= CONSECUENCIAS, E = EXPOSICION, P = PROBABILIDAD, GR = GRADO DE RIESGO, R = RESULTADO, A = ACCION						
RIESGOS	C	E	P	GR	R	A
<b>1.- RIESGOS DE SEGURIDAD</b>						
a.- INCENDIOS Y/O EXPLOSIONES.	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- QUEMADURAS POR ARCOS ELECTRICOS.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- QUEMADURAS POR ACEITE	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO INADECUADO (SEGURIDAD, HERRAMIENTAS, ETC.).	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>2.- RIESGOS ELECTRICOS</b>						
a.- CORTOCIRCUITOS	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- CONTACTOS ELECTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS.	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- SOBREENSIDADES ELECTRICAS INDESEABLES.	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- DESCONOCIMIENTO DE LAS CARGAS INSTALADAS.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>3.- RIESGOS POR AMBIENTE Y LUGAR DE TRABAJO</b>						
a.- AFECCIONES RESPIRATORIAS.	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- TROPIEZOS CON POSIBLES GOLPES Y/O LESIONES	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- PRESENCIA DE PERSONAL NO CALIFICADO.	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- FALTA DE SEÑALIZACION EN SUBESTACION.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>4.- RIESGOS FISICOS</b>						
a.- CANSANCIO FISICO Y MENTAL.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
b.- FATIGA LABORAL.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
<b>5.- OTROS RIESGOS</b>						
a.- FISURA EN TRANSFORMADORES DE SUBESTACION.	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- BAJO RENDIMIENTO Y DISMINUCION VIDA UTIL DE TRANSFORMADORES	6	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- DAÑOS INTERNOS DE TRANSFORMADOR POR VARIACION DE TEMPERATURA.	6	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
d.- DISMINUCION DE CONDUCTIVIDAD EN CONTACTOS ELECTRICOS.	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
e.- FISURAS EN EDIFICACION DE SUBESTACION ELECTRICA	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION

**Tabla 43.** Valoración de Riesgos en subestación eléctrica “C/T 21”.

## 5.2.3 Tabla de valoración de riesgos en subestación eléctrica “C/T 22”

TABLA DE VALORACIÓN DE RIESGOS						
SUBESTACION A EVALUAR: SUBESTACION ELECTRICA "C/T 22" UBICACIÓN DEL AREA EVALUADA: JUNTO A BAÑOS Y CERCA NO LAB REDES ELECTR NUMERO DE TRAFOS/CAPACIDAD/CAP. TOTAL: 3 TRAFOS 18/75 KVA/225 KVA				EVALUADOR: MILTON ERAS TEC. AYDTE AREA: TEC. MANTILLA FECHA EVAL: SEPT 15/ 2009		
C= CONSECUENCIAS, E = EXPOSICION, P = PROBABILIDAD, GR = GRADO DE RIESGO, R = RESULTADO, A = ACCION						
RIESGOS	C	E	P	GR	R	A
1.- RIESGOS DE SEGURIDAD						
a.- INCENDIOS Y/O EXPLOSIONES.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- QUEMADURAS POR ARCOS ELECTRICOS.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- QUEMADURAS POR ACEITE	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO INADECUADO (SEGURIDAD, HERRAMIENTAS, ETC.).	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
2.- RIESGOS ELECTRICOS						
a.- CORTOCIRCUITOS	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- CONTACTOS ELECTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS.	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- SOBREENSIVIDADES ELECTRICAS INDESEABLES.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- DESCONOCIMIENTO DE LAS CARGAS INSTALADAS.	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
3.- RIESGOS POR AMBIENTE Y LUGAR DE TRABAJO						
a.- AFECCIONES RESPIRATORIAS.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- TROIEZOS CON POSIBLES GOLPES Y/O LESIONES	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- PRESENCIA DE PERSONAL NO CALIFICADO.	1	3	10	30	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- FALTA DE SEÑALIZACION EN SUBESTACION.	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
4.- RIESGOS FISICOS						
a.- CANSANCIO FISICO Y MENTAL.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- FATIGA LABORAL.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
5.- OTROS RIESGOS						
a.- FISURA EN TRANSFORMADORES DE SUBESTACION.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
b.- BAJO RENDIMIENTO Y DISMINUCION VIDA UTIL DE TRANSFORMADORES	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
c.- DAÑOS INTERNOS DE TRANSFORMADOR POR VARIACION DE TEMPERATURA.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- DISMINUCION DE CONDUCTIVIDAD EN CONTACTOS ELECTRICOS.	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
e.- FISURAS EN EDIFICACION DE SUBESTACION ELECTRICA	1	3	6	18	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION

Tabla 44. Valoración de Riesgos en subestación eléctrica “C/T 22”.

5.2.4  
Padmounted.

Tabla de valoración de riesgos en subestación eléctrica tipo

TABLA DE VALORACIÓN DE RIESGOS						
SUBESTACION A EVALUAR: SUBESTACION ELECTRICA TIPO PADMOUNTED			EVALUADOR: MILTON ERAS			
UBICACION DEL AREA EVALUADA: INTERIOR NUEVO EDIFICIO FIEC			TEC. AYDTE AREA: TEC. MANTILLA			
NUMERO DE TRAFOS/CAPACIDAD/CAP. TOTAL: 1 TRAF0 30/ 600/ 600 KVA			FECHA EVAL.: SEPT 18/ 2009			
C= CONSECUENCIAS, E = EXPOSICION, P = PROBABILIDAD, GR = GRADO DE RIESGO, R = RESULTADO, A = ACCION						
RIESGOS	C	E	P	GR	R	A
1.- RIESGOS DE SEGURIDAD						
a.- INCENDIOS Y/O EXPLOSIONES.	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
b.- QUEMADURAS POR ARCOS ELECTRICOS.	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
c.- QUEMADURAS POR ACEITE	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIR
d.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO INADECUADO (SEGURIDAD, HERRAMIENTAS, ETC.).	5	3	6	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
2.- RIESGOS ELECTRICOS						
a.- CORTOCIRCUITOS	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- CONTACTOS ELECTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS.	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
c.- SOBREENTENSIDADES ELECTRICAS INDESEABLES.	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
d.- DESCONOCIMIENTO DE LAS CARGAS INSTALADAS.	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
3.- RIESGOS POR AMBIENTE Y LUGAR DE TRABAJO						
a.- AFECCIONES RESPIRATORIAS.	1	3	0,5	1,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- TROPIEZOS CON POSIBLES GOLPES Y/O LESIONES	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
c.- PRESENCIA DE PERSONAL NO CALIFICADO.	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
d.- FALTA DE SEÑALIZACION EN SUBESTACION.	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
4.- RIESGOS FISICOS						
a.- CANSANCIO FISICO Y MENTAL	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- FATIGA LABORAL.	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
5.- OTROS RIESGOS						
a.- FISURA EN TRANSFORMADORES DE SUBESTACION.	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
b.- BAJO RENDIMIENTO EN TRANSFORMADORES	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
c.- DAÑOS INTERNOS DE TRANSFORMADOR POR VARIACION DE TEMPERATURA.	5	3	0,5	7,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
d.- DISMINUCION DE CONDUCTIVIDAD EN CONTACTOS ELECTRICOS.	1	3	0,5	1,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION
e.- FISURAS EN EDIFICACION DE SUBESTACION ELECTRICA	1	3	0,5	1,5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIR CORRECCION

Tabla 45. Valoración de riesgos en subestación eléctrica tipo Padmounted.

### **5.2.5 Puntos de control críticos encontrados en las subestaciones eléctricas de la FIEC.**

Para poder establecer un control sobre factores de riesgo crítico, es imprescindible aprender a detectar donde se encuentran. La información tomada de las tablas anteriores resulta vital para poder tomar decisiones a fin de disminuir los riesgos y en el mejor de los casos desaparecerlos. A continuación se muestran los resultados obtenidos en la valoración de factores de riesgos en las subestaciones eléctricas de la FIEC.

SUBESTACION ELECTRICA "C/T 23".		
FACTORES DE RIESGO	RESULTADO	ACCION
Procedimientos de trabajo inadecuado (seguridad personal, herramientas, etc.).		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Desconocimiento de las cargas instaladas		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Falta de señalización en subestación eléctrica		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Incendio y/o explosiones		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por arcos eléctricos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por aceite		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Cortocircuitos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Contactos eléctricos directos e indirectos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Sobre intensidades eléctricas indeseables		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Tropiezos con posibles golpes y/o lesiones		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Presencia de personal no calificado		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Fisuras en transformadores de subestación eléctrica		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Bajo rendimiento y disminución de vida útil de transformadores		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Afecciones respiratorias		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Cansancio físico y mental		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Fatiga laboral		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Daños internos en transformadores por variación de temperatura		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Disminución de conductividad en contactos eléctricos		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Fisuras en edificación de subestación eléctrica		PUEDE OMITIRSE CORRECCION

SIMBOLOGIA		
NOTABLE	MODERADO	ACEPTABLE
		

**Tabla 46.** Resultado de valoración riesgos subestación eléctrica "C/T 23"

SUBESTACION ELECTRICA "C/T 21".		
FACTORES DE RIESGO	RESULTADO	ACCION
Procedimientos de trabajo inadecuado (seguridad personal, herramientas, etc.).		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Desconocimiento de las cargas instaladas		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Falta de señalización en subestación eléctrica		CORRECCION NECESARIA URGENTE

Cansancio físico y mental		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Fatiga laboral		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Daños internos en transformadores por variación de temperatura		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Incendio y/o explosiones		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por arcos eléctricos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por aceite		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Cortocircuitos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Contactos eléctricos directos e indirectos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Sobreintensidades electricas indeseables		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Tropezos con posibles golpes y/o lesiones		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Presencia de personal no calificado		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Fisuras en transformadores de subestación eléctrica		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Bajo rendimiento y disminución de vida útil de transformadores		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Afecciones respiratorias		PUEDE OMITIRSE
Disminución de conductividad en contactos eléctricos		CORRECCION PUEDE OMITIRSE
Fisuras en edificación de subestación eléctrica		CORRECCION PUEDE OMITIRSE

SIMBOLOGIA

NOTABLE	MODERADO	ACEPTABLE
		

**Tabla 47.** Resultado de valoración riesgos subestación eléctrica “C/T 21”

SUBESTACION ELECTRICA “C/T 22”.		
FACTORES DE RIESGO	RESULTADO	ACCION
Procedimientos de trabajo inadecuado (seguridad personal, herramientas, etc.).		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Desconocimiento de las cargas instaladas		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Falta de señalización en subestación eléctrica		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Incendio y/o explosiones		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por arcos eléctricos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por aceite		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Cortocircuitos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE

Contactos eléctricos directos e indirectos		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Sobreintensidades electricas indeseables		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Afecciones respiratorias		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Tropezos con posibles golpes y/o lesiones		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Presencia de personal no calificado		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Cansancio físico y mental		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Fatiga laboral		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Fisuras en transformadores de subestación eléctrica		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Bajo rendimiento y disminución de vida útil de transformadores		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Daños internos en transformadores por variación de temperatura		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Disminución de conductividad en contactos eléctricos		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Fisuras en edificación de subestación eléctrica		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
	<b>NOTABLE</b>	<b>ACEPTABLE</b>
		
	<b>SIMBOLOGIA MODERADO</b>	
		

**Tabla 48.** Resultado de valoración riesgos subestación eléctrica “C/T 22”

<b>SUBESTACION ELECTRICA TIPO PADMOUNTED.</b>		
<b>FACTORES DE RIESGO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ACCION</b>
Incendio y/o explosiones		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Procedimientos de trabajo inadecuado (seguridad personal, herramientas, etc.).		CORRECCION NECESARIA URGENTE
Quemaduras por aceite		NO ES EMERGENTE, DEBE CORREGIRSE
Quemaduras por arcos eléctricos		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Cortocircuitos		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Contactos eléctricos directos e indirectos		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Sobreintensidades electricas indeseables		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Desconocimiento de las cargas instaladas		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Afecciones respiratorias		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Tropezos con posibles golpes y/o lesiones		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Presencia de personal no calificado		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Falta de señalización en subestación eléctrica		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Cansancio físico y mental		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Fatiga laboral		PUEDE OMITIRSE CORRECCION

Fisuras en transformadores de subestación eléctrica		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Bajo rendimiento y disminución de vida útil de transformadores		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Daños internos en transformadores por variación de temperatura		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Disminución de conductividad en contactos eléctricos		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
Fisuras en edificación de subestación eléctrica		PUEDE OMITIRSE CORRECCION
	SIMBOLOGIA MODERADO	
NOTABLE		ACEPTABLE
		

**Tabla 49.** Resultado de valoración riesgos subestación eléctrica tipo Padmounted.

## **CAPITULO 6**

### **SOLUCIONES PARA LA PREVENCION DE LOS RIESGOS CRÍTICOS EN LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC.**

Preservar la seguridad de las personas y los bienes de las subestaciones eléctricas de la FIEC son el principal objetivo de este proyecto de graduación así también como el correcto funcionamiento de estas. En este capítulo detallamos algunas sugerencias que pueden ser de ayuda para optimizar el trabajo y mantenimiento en las subestaciones eléctricas de la FIEC. De la evaluación hecha en el capítulo 5 y de investigaciones realizadas a lo largo del proyecto, nos hemos basado para clasificar los riesgos de mayor peligro que pueden ocurrir en las subestaciones eléctricas.

## **6.1 Definiciones.**

El correcto funcionamiento de las subestaciones eléctricas de la FIEC debe ser una preocupación permanente del departamento de mantenimiento de la ESPOL y como consecuencia cualquier causa que la afecte en su desarrollo debe ser erradicada. Entre estas causas se encuentra los INCIDENTES, que son aquellos acontecimientos no deseados que puedan dar como resultado daños a las personas, daño a la propiedad o pérdida en el proceso normal de trabajo.

La herramienta eficaz para evitarlos o eliminar las causas de los incidentes es la "Prevención de Riesgos". En el capítulo 2 está elaborada una lista de los factores de riesgos presentes en las subestaciones eléctricas de la FIEC. Usaremos algunos conceptos mostrados abajo, tales como:

## **6.2 Protecciones contra riesgos eléctricos en las subestaciones electricas.**

- Si el sistema es en estrella con neutro a tierra como lo es en nuestro caso las subestaciones de la FIEC, el cortocircuito de fase a tierra es el más frecuente. La protección que debemos usar son Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles. Cabe indicar que la mayoría de las subestaciones estudiadas (a excepción de la subestación tipo padmounted) usan protección en desuso.
- Aterrizamiento optimo y debidamente ubicado; de las partes metálicas de la subestación eléctrica. Cabe indicar que en la subestación eléctrica “C/T 22”, el conductor de aterrizamiento pasa desde los transformadores hasta los tableros de distribución; que es lugar de tránsito continuo aumentando las posibilidades de caídas al personal de mantenimiento.
- Cumplir las normas de espaciamiento de seguridad entre equipos. Todas las subestaciones estudiadas sin excepción alguna no cumplen las normas del NEC artículo 110 “Requisitos para instalaciones eléctricas” aumentando la posibilidad de riesgos al personal de mantenimiento, las mismas fueron mencionadas en el capítulo 3 sección 3.2.

### **6.3 Protecciones contra efectos térmicos en las subestaciones eléctricas.**

- Tener una buena ventilación, tanto de entrada como de salida en las subestaciones eléctricas. Cabe señalar que en las subestaciones “C/T 22” y “C/T 21”, es necesario la instalación de extractores de aire a fin de evitar aumentos de temperatura al interior.
- Evitar las sobrecargas en los terminales de baja tensión de los transformadores que generan un calentamiento del material provocando la disminución de la conductividad de este equipo. Se puede solucionar instalando un tablero exclusivo para barras de distribución (ya que a los terminales de baja tensión se conectan no menos de 2 tableros de distribución). Nota: Estamos 100% seguro de que si tienen que colocar otra carga al circuito (subestaciones estudiadas) se instalaran más conductores en los terminales de baja tensión de los transformadores (como se ha estado haciendo hasta la actualidad).
- Las cargas conectadas a los transformadores no están bien distribuidas (variaciones de carga) provocando que uno o dos transformadores del banco trabajen más que los otros.

#### **6.4 Protección contra incendios.**

De manera general los incendios o explosiones que se producen en las subestaciones, nacen especialmente de la presencia de 2 condiciones a tomar en cuenta:

1. Presencia en la atmósfera de una mezcla inflamable o explosiva.
2. Presencia de una fuente de ignición.

En las subestaciones eléctricas con uno o varios transformadores en baño de aceite dado que se trata de un líquido inflamable, debe preverse una protección contra incendios y su posible propagación a estructuras colindantes si los hay.

- Colocar extintores, en lugares convenientes y claramente marcados; deben revisarse periódicamente para que estén en condiciones de operación. Se debería instalar un gabinete que contendrá en su interior un extintor cercano a la puerta de ingreso de la subestación eléctrica, además colocar identificación clara, sin obstaculización alguna y ubicada a un máximo de 1.3 m sobre el piso.

Características del extintor: Polvo ABC, CO<sub>2</sub>, que son los indicados para usarse en equipos eléctricos energizados y una capacidad mínima de 10 lb. Se ajustan a lo dispuesto en la norma UNE 23.110. (RII); (UNE 23.010 <sup>(3)</sup>)

- Una apropiada instalación eléctrica, mediante el uso correcto de conductores y sus accesorios, es decir que los calibres estén bien dimensionados y usar el tipo correcto de acuerdo al ambiente donde será ubicada la subestación; además sus dispositivos de protección calibrados técnicamente.
- Pozo colector para recogida de aceite; ninguna subestación estudiada cumple esta norma especificada en el artículo 450.23 del NEC, se debe tener uno por cada transformador instalado en las subestaciones con la capacidad de contener la totalidad del aceite del transformador.
- Obra civil resistente al fuego (techo y paredes). Según NEC debe tener una resistencia mínima al fuego de 3 horas. Una construcción típica que posee una resistencia al fuego de 3 horas es una construcción de concreto reforzado de 15 cm de espesor. Esta norma no se cumple en todas las subestaciones estudiadas ya que tienen una construcción de hormigón armado.

## **6.5 Procedimientos de seguridad para trabajar en las subestaciones electricas.**

La subestación segura en sentido absoluto no existe, por lo que se debería tomar medidas de seguridad muy estrictas con la única finalidad de evitar riesgos. A continuación se dará unos procedimientos básicos de seguridad antes de empezar el trabajo en subestaciones y son los siguientes:

- El técnico está obligado de asegurarse que las herramientas tengan su aislamiento en buenas condiciones; además los equipos de medición estén calibrados.
- El técnico no debe permitir el ingreso de personal no calificado para que trabaje cerca de circuitos o instalaciones eléctricas con las cuales pueda tener algún contacto accidental.
- Los rótulos y señales de seguridad deben de ser instalados donde existan subestaciones eléctricas.
- El técnico debe conocer las 5 reglas de oro, además una preparación básica en respiración de salvamento.

### **6.5.1 Normas básicas de seguridad en subestaciones electricas.**

La norma principal antes de realizar el mantenimiento seria suprimir o eliminar la energía; para esto usaremos las 5 reglas básicas mostradas a continuación:

- 1.- Desconectar todas las fuentes de tensión.
- 2.- Prevenir cualquier posible realimentación. Además deberá colocarse, una señalización para prohibir la maniobra.
- 3.- Verificar la ausencia de tensión.
- 4.- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas aquellas posibles fuentes de tensión.
- 5.- Delimitar y señalizar la zona de trabajo. Este punto se considera al momento de ofrecer un mantenimiento a las subestaciones electricas.

### **6.5.2 Procedimientos para realizar mantenimiento en subestaciones electricas.**

Se consideran instalaciones de baja tensión aquellas en que las tensiones nominales sean inferiores a 1000V. En caso que no pueda suprimir la tensión o se trabaje en circuitos cercanos a otros que estén energizados, con riesgos de contacto, el trabajo se efectuará teniendo en cuenta lo siguiente:

- Usar cascos, guantes aislantes para B.T. de cuero, lentes de seguridad, herramientas aisladas.
- Ropa apropiada, sin accesorios metálicos.
- Aislar previamente los demás conductores con tensión, próximos al lugar de trabajo, incluido el neutro.

### **6.5.3 Importancia de los implementos de seguridad eléctricos.**

Los implementos de seguridad tanto personal como del trabajo son fundamentales para llevar a cabo cualquier maniobra en las subestaciones electricas, lo que se complementa con las políticas de mantenimiento del personal impuesto por la institución. La principal importancia de los elementos de seguridad eléctricos es proteger a los trabajadores de los posibles accidentes. Es así, como con estos dispositivos los trabajadores pueden desempeñarse en su labor con confianza, reduciendo el tiempo de exposición a la electricidad, y maximizando su rendimiento, manteniéndose enfocado hacia un trabajo minucioso y eficaz.

#### 6.5.4 Clasificación del material de protección personal.

En la tabla abajo mostrada se cita la norma de aplicación de seguridad que rige para el material de protección personal.

Implemento de seguridad	Normas
Protección de la cabeza	ANSI Z89.1, Requirements for protective Headwear for Industrial Workers.
Protección de los ojos y de la cara	ANSI Z87.1, Practice for Occupational and Educational Eye and Face Protection.
Guantes	ASTM D 120, Standard Specification for Rubber Insulating Gloves.
Mangas	ASTM D 1051, Standard Specification for Rubber Insulating Sleeves.
Mangas y guantes	ASTM F 496, Standard Specification for In-Service Care of Insulating Gloves and Sleeves.
Protectores de la piel	ASTM F 696, Standard Specification for Leather Protectors for Rubber Insulating Gloves and Millens.
Pies	ASTM F 1117, Standard Specification for Dielectric Overshoe Footwear. ANSI Z41, Standard for Personnel Protection, Protective Footwear.
Inspección visual	ASTM F 1236, Standard Guide for Visual Inspection of Electrical Protective Rubber Products.
Indumentaria	ASTM F 1506, Standard Specification for Protective Wearing Apparel for Use by Electrical Workers When Exposed to Momentary Electric Arc and Related Thermal Hazards.

**Tabla 50.** Normas aplicadas al material de protección personal.

De acuerdo a las normas citadas en la tabla anterior se sugiere el siguiente material de protección personal a los técnicos del área de mantenimiento:

- Casco de seguridad tipo G (voltaje máximo de servicio 2200V).
- Zapato de seguridad
- Guantes de seguridad (clase 0, voltaje máximo de servicio 1000V).

#### **6.6 Aplicaciones del mantenimiento de subestaciones electricas en baja tensión.**

En toda subestación eléctrica, para conservar en buen estado a todos elementos que la componen se deben desarrollar actividades con el fin de evitar cortes imprevistos de la energía o falla en los equipos.

### **6.6.1 Inspección.**

Consiste en someter a la subestación y al equipo en particular a una serie de observaciones detalladas y obtención de datos característicos a fin de tener una información del estado físico y operación de los mismos. Revisar la hoja de datos especificados del transformador y los informes de mantenimiento realizados anteriormente. Cabe señalar que las subestaciones electricas no cuentan con un reporte histórico de mantenimiento a fin de predecir deficiencia extremas, por eso sería necesario llevar un registro de todos los mantenimientos que se le dan a la misma.

## 6.6.2 Procedimiento del mantenimiento aplicado.

La tabla 51 muestra los chequeos a realizarse en los dispositivos que conforman la subestación eléctrica.

LISTA DE CHEQUEO EN DISPOSITIVOS DE SUBESTACIONES EN BAJA TENSION DE LA FIEC		
Subestación:	Técnico responsable:	Fecha de inspección:
Ubicación:		
DISPOSITIVOS SUBESTACION ELECTRICA	PARTES A INSPECCIONAR	DETALLES ENCONTRADOS
TRANSFORMADORES	Verificar estado del tanque y cubierta Verificar estado aceite, localizar fugas aceite. Chequeo de bornes de baja y alta tensión Chequeo devanados alta y baja tensión. Verificar existencia de corrosión.	
SISTEMA DE PROTECCION (Breakers)	Inspección de contactos eléctricos de los breakers. Verificar estado del sist. protección	
TABLEROS DE DISTRIBUCION	Inspección de las barras de distribución. Verificar estado de tableros eléctricos. Verificar existencia de corrosión	
ILUMINACION	Inspección de los balastros. Inspección de estado de switches Verificación de estado de lámparas	
Observaciones adicionales:		

**Tabla 51.** Lista de chequeo de los dispositivos en la subestación eléctrica.

La tabla 52 muestra las acciones necesarias en cuanto al mantenimiento en los dispositivos de la subestación eléctrica.

LISTA DE MANTENIMIENTO EN DISPOSITIVOS DE SUBESTACIONES EN BAJA TENSION DE LA FIEC		
Subestación:	Técnico responsable:	Fecha de Mantenimiento:
Ubicación:		
DISPOSITIVOS SUBESTACION ELECTRICA	MANTENIMIENTO APLICADO	OBSERVACIONES
TRANSFORMADORES	Ajuste de conexiones y bornes Limpieza externa del transformador Lubricación de contactos Reparación de fugas Pintado integro de transformador	
SISTEMA DE PROTECCION (Breakers)	Lubricación de contactos Ajuste de conexiones Limpieza integra de protección	
TABLEROS DE DISTRIBUCION	Ajuste de conexiones Verificación de voltajes Consumo de corriente Pintado integro de tablero Reajuste de terminales Lubricación de contactos	
ILUMINACION	Cambio de balastos Limpieza o cambio de luminarias	
Observaciones adicionales:		

**Tabla 52.** Acciones realizadas en el mantenimiento de las subestaciones electricas.

## **CONCLUSIONES.**

Luego de haber realizado un análisis detallado y sumado a la valoración de riesgos en las subestaciones electricas de la FIEC podemos concluir lo siguiente:

1. El personal de mantenimiento no cuenta con lo mínimo elemental en equipo de protección personal, además de usar herramientas en desuso (sin aislamiento y sin operar correctamente).
2. Desconocimiento del personal de mantenimiento en los aspectos básicos de seguridad al dar mantenimiento a las subestaciones electricas.
3. El área de mantenimiento no cuenta con planos (diagramas unifilares) de las subestaciones electricas ni de sus futuros cambios (ingreso de nueva carga a alimentar).
4. Las subestaciones analizadas no cuentan con lo mínimo referente a la señalización de seguridad tanto interior como exterior.

5. Las subestaciones no cumplen con la protección contra incendios (obra civil, pozos colectores de aceite, aberturas de ventilación, etc.).
6. Las subestaciones electricas no cuentan con iluminación suficiente y correctamente ubicada; además de no contar con iluminación de emergencia.
7. Las subestaciones electricas no cuentan con un buen sistema de aterrizamiento.
8. Los espacios de seguridad entre equipos en las subestaciones electricas no cumplen lo mínimo necesario aumentando la probabilidad de accidentes.
9. Las dimensiones en lo referente a la edificación de las subestaciones electricas no cumplen lo mínimo necesario; además están ubicadas en lugares de permanente paso de personas.
- 10.El equipo de protección de las subestaciones (breakers) están en desuso (no se aprecia los datos de seguridad del equipo).
- 11.En la mayoría de las subestaciones se evidencio una sobrecarga en los terminales de baja tensión y además que las cargas no estaban bien distribuidas provocando que uno o dos transformadores trabajen más que los otros.

## RECOMENDACIONES.

Para disminuir la probabilidad de futuros accidentes podemos recomendar lo siguiente:

1. Instalación de fosos recolectores de aceite para los transformadores en todas las subestaciones electricas, incluida la subestación tipo Padmounted. Además de zanjas o desagües de emergencias para el desalojo de aceite en los transformadores.
2. Implementar un correcto sistema contra incendio que incluiría: instalación extintores de incendio, usar materiales adecuados en la edificación de subestación eléctrica, correcta ventilación.
3. Implementar un correcto sistema de aterrizamiento.
4. Implementar una iluminación correctamente ubicada; además proveer a todas las subestaciones estudiadas de iluminación de emergencia.

5. Proveer una señalización adecuada tanto al interior como al exterior de la subestación eléctrica. Incluir también diagramas unifilares de los tableros de distribución que alimenta la subestación.
6. Proveer equipos de protección personal completa y herramientas de trabajo en perfecto estado con su respectivo aislante de seguridad.
7. Realizar un estudio de cortocircuito con el fin de tener una coordinación efectiva en las protecciones de las subestaciones electricas. Nota: Por el momento las protecciones en las subestaciones “C/T 23”, “C/T 21” y “C/T 22” cuentan con protección en desuso que necesitan ser cambiadas.
8. Adiestrar al personal de mantenimiento respecto a nociones básicas de seguridad al dar mantenimiento en las subestaciones electricas.
9. Proveer dimensiones adecuadas para el local donde están instaladas las subestaciones eléctricas, además de distancia seguridad entre equipos.

## BIBLIOGRAFIA.

[1] G. Enriquez Harper, Fundamentos de instalaciones electricas, Editorial Limusa, 1982.

[2] Manuel Jesús Falagán Rojo, Arturo Canga Alonso Pedro Ferrer Piñol, José Manuel Fernández Quintana, Manual Básico de Prevención de Riesgos Laborales: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía, 2000.

[3] José María León Rubio, María Luisa Avargues, Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales, 2004

[4] Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico. Pemex, 2003

[5] Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad (NATSIM), Empresa Eléctrica del Ecuador.

[6] Cooper Power system , Electrical distribution System Protection, Cooper , 2005.

[7] Proyecto de Norma oficial mexicana PROY-NOM-001-SEDE-2003, Instalaciones Electricas, 2003

[8] [Cálculo por corto-circuito](#), Mike Holt & Cooper Bussmann, 2001.

[9] AUTORIDAD DE ENERGIA ELECTRICA San Juan-Puerto Rico, Reglamento Complementario alCodigo Electrico Nacional para la instalacion de conductores y equipo electrico, 2002

[10] Personal Protective Equipment OSHA 3077 1998 (Revised)

[11] IBERDROLA, Normas particulares para instalaciones de alta tension y baja tension, 2004

[12] Varios apuntes tecnicos dados por el personal de mantenimiento tecnico de la ESPOL

[13] Varios apuntes tecnicos dictados por el Ing Juan Gallo Galarza



## ANEXO 1:

### TABLA DE CONDUCTORES

**TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C**

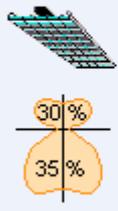
Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW <sup>a</sup> CCE TWD-UV	TIPOS RHW <sup>a</sup> , THHW <sup>a</sup> , THW <sup>a</sup> , THW-LS, THWN <sup>a</sup> , XHHW <sup>a</sup> , TT, USE	TIPOS MI, RHH <sup>a</sup> , RHW-2, THHN <sup>a</sup> , THHW <sup>a</sup> , THHW- LS, THW-2 <sup>a</sup> , XHHW <sup>a</sup> , XHHW-2, USE-2 FEP <sup>a</sup> , FEPB <sup>a</sup>	TIPOS UF <sup>a</sup>	TIPOS RHW <sup>a</sup> , XHHW <sup>a</sup>	TIPOS RHW-2, XHHW <sup>a</sup> , XHHW-2, DRS
Cobre				Aluminio			
0,624	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,6	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	480	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630

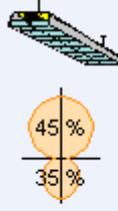
FACTORES DE CORRECCION						
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41

## ANEXO 2:

TABLA DE FACTORES DE UTILIZACION PARA LUMINARIAS

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo					Factor de reflexión de las paredes							
		0.8		0.7		0.5		0.3		0				
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.20	.16	.13	.20	.16	.13	.19	.16	.13	.15	.13	.12	
	0.8	.25	.22	.18	.25	.20	.18	.23	.19	.17	.19	.17	.16	
	1.0	.37	.27	.24	.30	.26	.23	.28	.24	.22	.22	.21	.18	
	1.25	.35	.31	.28	.34	.30	.28	.30	.28	.26	.26	.24	.21	
	1.5	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.32	.30	.27	.27	.25	.23	
	2.0	.42	.38	.35	.40	.37	.34	.37	.33	.31	.31	.29	.25	
	2.5	.44	.41	.39	.42	.40	.37	.39	.36	.34	.33	.32	.27	
	3.0	.47	.44	.41	.45	.42	.40	.40	.38	.36	.34	.33	.28	
	$D_{max} = 1.1 H_m$	4.0	.50	.47	.45	.47	.45	.43	.42	.40	.39	.36	.35	.29
	$f_m$ .65 .70 .75	5.0	.51	.49	.47	.49	.47	.46	.43	.42	.40	.39	.36	.30

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo					Factor de reflexión de las paredes							
		0.8		0.7		0.5		0.3		0				
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.24	.19	.16	.23	.19	.16	.22	.18	.15	.17	.14	.13	
	0.8	.31	.26	.22	.30	.25	.21	.27	.24	.20	.22	.19	.17	
	1.0	.37	.30	.27	.34	.29	.26	.32	.27	.24	.25	.23	.19	
	1.25	.42	.36	.32	.40	.35	.32	.36	.32	.29	.29	.26	.22	
	1.5	.46	.40	.35	.44	.39	.34	.38	.35	.31	.31	.28	.23	
	2.0	.53	.46	.42	.49	.44	.40	.43	.39	.36	.34	.33	.26	
	2.5	.57	.51	.47	.52	.48	.45	.47	.43	.40	.37	.34	.28	
	3.0	.60	.55	.50	.56	.51	.48	.49	.45	.43	.39	.37	.29	
	$D_{max} = 1.2 H_m$	4.0	.63	.59	.55	.59	.56	.53	.51	.49	.45	.41	.40	.30
	$f_m$ .65 .70 .75	5.0	.66	.63	.60	.62	.58	.57	.53	.51	.49	.43	.42	.32

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

## FLUJO LUMINOSO DE FLUORESCENTES DE 40 W

### LAMPARAS FLUORESCENTES

**TL5**

Código Comercial	Base	Tensão da lâmpada (V)	Corrente da lâmpada (A)	Fluxo Luminoso (lm)	Temperatura de Cor (K)	Eficiência (lm/W)	Peso Líquido (g)
TL5-14W-HE/B30	G5	82	0,170	1350	3000	96	55
TL5-14W-HE/B40	G5	82	0,170	1350	4000	96	55
TL5-14W-HE/B50	G5	82	0,170	1350	5000	96	55
TL5-28W-HE/B30	G5	167	0,170	2900	3000	93	55
TL5-28W-HE/B40	G5	167	0,170	2900	4000	93	55
TL5-28W-HE/B50	G5	167	0,170	2900	5000	100	85
TL5-49W-HE/B40	G5	195	0,255	5000	4000	100	85

### TLD / TLT COLORES STANDARD

Código Comercial	Potência da lâmpada (W)	Tensão Média da lâmpada (V)	Corrente Média da lâmpada (A)	Base	Fluxo Luminoso Médio (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Lâmpadas por caixa
TLD15W-ELD-25	15	54	0,22	G13	800	70	5000	25
TLD30W-ELD-25	30	96	0,37	G13	2000	70	5000	25
TLDRS16W-CO-25	16	67	0,27	G13	1070	66	4100	25
TLDRS32W-CO-25	32	139	0,27	G13	2350	66	4100	25
TLTRS20W-ELD-25	20	58	0,36	G13	1100	70	5000	25
TLTRS40W-ELD-25	40	106	0,42	G13	2600	70	5000	25
TLRS-65W-LD	65	110	0,67	G13	4400	70	5000	20
TLTRS-110W-ELD	110	160	0,80	R17D	7600	70	5000	20

### TLD / TLT SUPER 80

Código Comercial	Potência da lâmpada (W)	Tensão da lâmpada (V)	Corrente da lâmpada (A)	Base	Fluxo Luminoso (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Lâmpadas por caixa
TLDRS16W-583-25	16	64	0,26	G13	1200	85	3000	25
TLDRS16W-584-25	16	64	0,26	G13	1200	85	4000	25
TLDRS16W-585-25	16	64	0,26	G13	1150	85	5000	25
TLDRS32W-583-25	32	139	0,26	G13	2700	85	3000	25
TLDRS32W-584-25	32	139	0,26	G13	2700	85	4000	25
TLDRS32W-585-25	32	139	0,26	G13	2600	85	5000	25
TLTRS20W-584-25	20	57	0,37	G13	1350	85	4000	25
TLTRS20W-585-25	20	57	0,37	G13	1300	85	5000	25
TLTRS40W-584-25	40	106	0,42	G13	3250	85	4000	25
TLTRS40W-585-25	40	106	0,42	G13	3150	85	5000	25
TLTRS-110W-584	110	160	0,80	DCE	9500	85	4000	25
TLTRS-110W-585	110	160	0,80	DCE	9500	85	5000	25

## ANEXO 3: DIMENSIONAMIENTO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS

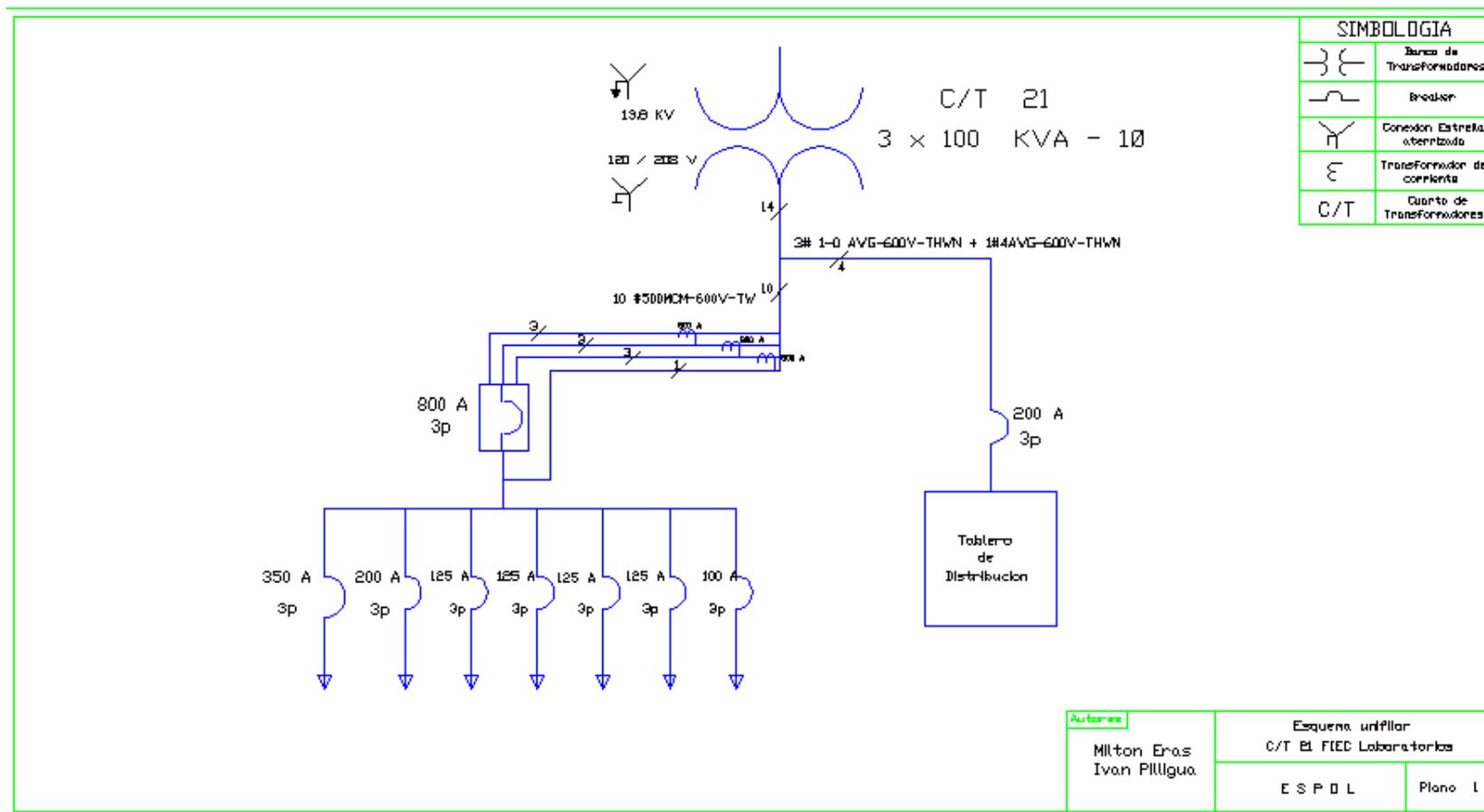


Figura 51. Diagrama unifilar subestación eléctrica "C/T 21".

▪ **Calculo de conductores y dispositivo de protección.**

Datos en Subestacion eléctrica							
Voltaje operación		Transformador		Corriente operación (A)		Corriente en conductor (A) sección 220-3(a) NEC	
V= 220	Cantidad	Potencia (KVA)	Potencia total (KVA)	$I_{operac} = \frac{S \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$	787.3	$I_{cond} = 1.25 \times I_{operac}$	984.1
	3	100	S = 300				
Elección conductor fase				Corrección por más de 3 conductores			
Cantidad	Ampacidad a buscar (A)		# conductores		Conductor corregido		
N = 2	$I_{bus} = I_{cond} / N$	492.1	Fases + neutro	n = 7			
Conductor	Calibre (aislamiento TW)	1250MCM	FACTOR tabla 310-15(B)(2)(a) NEC		$I_{correg} = Amp \times f$	Calibre	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)
	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)	Amp = 495	f = 0.7				
Elección conductor neutro				Conductores seleccionados		Para fases : 3x2 x600 MCM – TW - 600V	
						Para neutro: 1x600 MCM –TW - 600V	
Ampacidad (A)		Calibre	Ampacidad Tabla 310.16 NEC	Calculo dispositivo protección			
				Conductores en fase (N)	Ampac correg (A) sección 230-90(a) NEC		Capacidad dispositivo (A) sección 240.6 (a) NEC
				N = 2	Am x N	710	3 polos 800 A
Icorreg	346.5	600 MCM	355				

**Tabla 19.** Calculo de conductores y dispositivo de protección en subestación eléctrica “C/T 21”.

▪ **Calculo de iluminación en subestación eléctrica “C/T 21”.**

Datos de S/E			Datos de luminaria		
Luminancia mínima S/E ( tabla 12)	Altura plano trabajo (m)		Tipo	Flujo luminoso catalogo Phillips	Factor mant. (tabla 15)
E = 100 luxes	0.85		tubo 40W	$\phi_L = 3250$ lúmenes	F m   0.75
Dimensiones del local (m)			Factor de reflexión (dato tabla 14)		
Largo (l)	Ancho (a)	Alto (H)	techo	Pared	Piso
6.88	3.66	3.44	0.8	0.5	0.3
Altura de luminaria (m)	Factor k		Factor utilización (dato de tabla 13)		
$H' = H - 0.85$	2.59	$K = \frac{(l \times a)}{H'(l+a)}$	0.922	Fu	0.3483
Flujo luminoso $\phi_T$			# lámparas, n= 4 tubos fluorescentes 40W		
$\phi_T = \frac{E \times (l \times a)}{(Fu \times Fm)}$	9639.51 lúmenes		$N = \frac{\phi_T}{n \phi_L}$	0,74 $\approx$ 1 lámpara.	

**Tabla 20.** Calculo de iluminación en subestación eléctrica “C/T 21”.

▪ **Ventilación en subestación eléctrica “C/T 21”.**

De acuerdo a la sección 450-45 “Abertura de ventilación” del NEC obtenemos el siguiente resultado: un área efectiva de las aberturas de ventilación será  $0,60m^2$ . Por el Reglamento complementario al NEC, presentado en la sección 1.4 de esta tesis, obtenemos el siguiente valor: unas aberturas de ventilación el área efectiva  $2,23m^2$ .



▪ **Calculo de conductores y dispositivo de protección.**

Datos en Subestacion eléctrica							
Voltaje operación		Transformador		Corriente operación (A)		Corriente en conductor (A) sección 220-3(a) NEC	
V= 220	Cantidad	Potencia (KVA)	Potencia total (KVA)	$I_{operac} = \frac{S \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$	590.5	$I_{cond} = 1.25 \times I_{operac}$	738.1
	3	75	S = 225				
Elección conductor fase				Corrección por más de 3 conductores			
Cantidad	Ampacidad a buscar (A)		# conductores		Conductor corregido		
N = 2	$I_{bus} = I_{cond} / N$		Fases + neutro n = 7				
Conductor	Calibre (aislamiento TW)	700MCM		FACTOR tabla 310-15(B)(2)(a) NEC	$I_{correg} = Amp \times f$	Calibre	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)
	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)	Amp = 385		f = 0.7			
Elección conductor neutro				Conductores seleccionados	Para fases : 3x2 x400 MCM – TW - 600V Para neutro: 1x400 MCM –TW - 600V		
Ampacidad (A)	Calibre	Ampacidad Tabla 310.16 NEC	Calculo dispositivo protección				
			Conductores en fase (N)	Ampac correg (A) sección 230-90(a) NEC		Capacidad dispositivo (A) sección 240.6 (a) NEC	
			N = 2	Am x N	560	3 polos 600 A	
Icorreg	269.5	400 MCM	280				

**Tabla 21.** Calculo de conductores y dispositivo de protección en subestación eléctrica “C/T 22”.

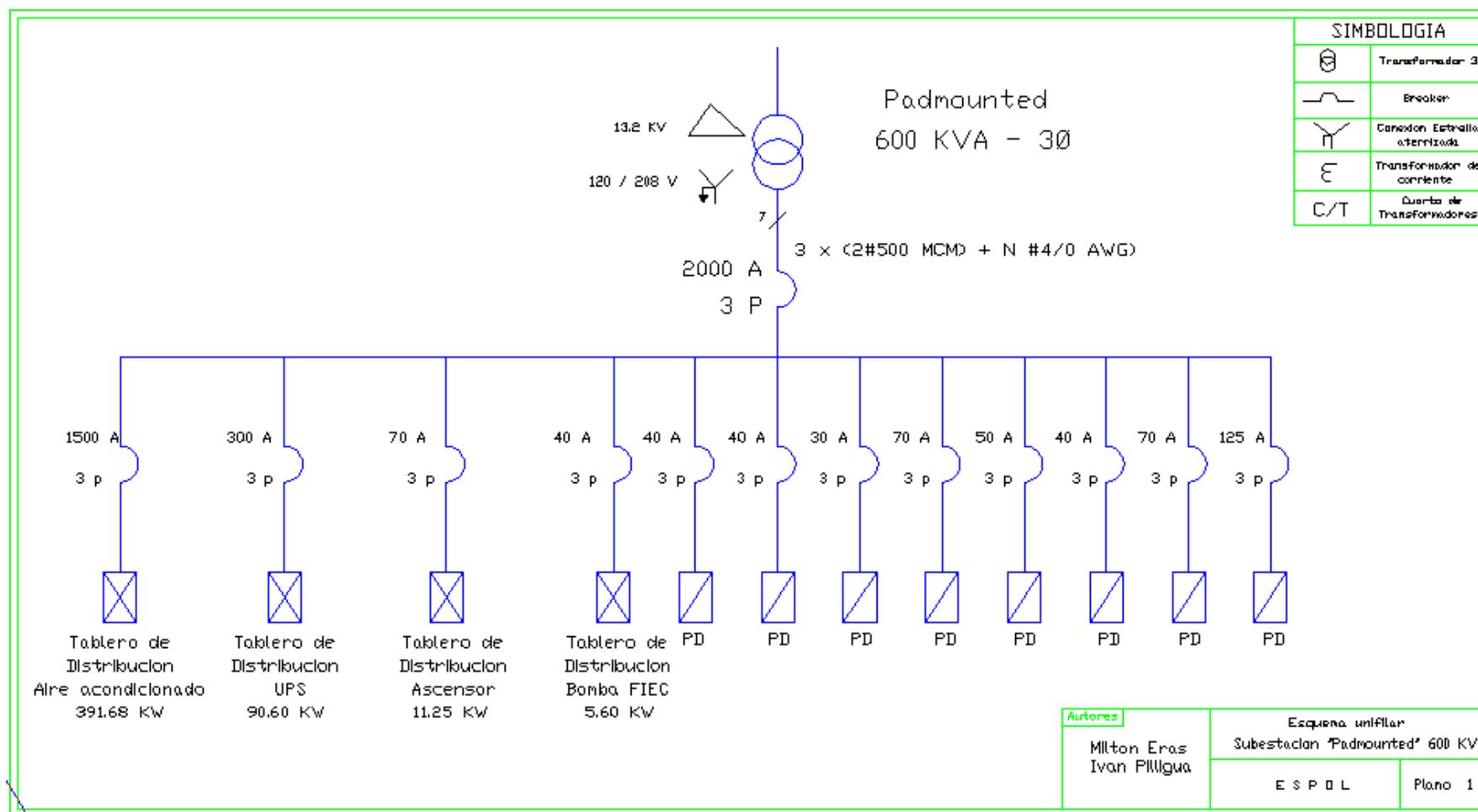
▪ **Calculo de iluminación en subestación eléctrica “C/T 22”.**

Datos de S/E			Datos de luminaria		
Luminancia mínima S/E ( tabla 12)	Altura plano trabajo (m)		Tipo	Flujo luminoso catalogo Phillips	Factor mant. (tabla 15)
E = 100 luxes	0.85		tubo 40W	$\phi_L = 3250$ lúmenes	F m   0.75
Dimensiones del local (m)			Factor de reflexión (dato tabla 14)		
Largo (l)	Ancho (a)	Alto (H)	techo	Pared	Piso
4.45	2.40	5	0.8	0.5	0.3
Altura de luminaria (m)	Factor k		Factor utilización (dato de tabla 13)		
$H' = H - 0.85$	4.15	$K = \frac{(l \times a)}{H'(l+a)}$	0.38	Fu	0.159
Flujo luminoso $\phi_T$			# lámparas, n= 4 tubos fluorescentes 40W		
$\phi_T = \frac{E \times (l \times a)}{(Fu \times Fm)}$	8955.97 lúmenes		$N = \frac{\phi_T}{n \phi_L}$	0,69 $\approx$ 1 lámpara.	

**Tabla 22.** Calculo de iluminación en subestación eléctrica “C/T 22”.

▪ **Ventilación en subestación eléctrica “C/T 22”.**

De acuerdo a la sección 450-45 “Abertura de ventilación” del NEC obtenemos el siguiente resultado: un área efectiva de las aberturas de ventilación será  $0,45m^2$ . Por el Reglamento complementario al NEC, presentado en la sección 1.4 de esta tesis, obtenemos el siguiente valor: unas aberturas de ventilación el área efectiva  $1,67m^2$ .



**Figura 53.** Diagrama unifilar subestación eléctrica tipo Padmounted.

▪ **Calculo de conductores y dispositivo de protección.**

Datos en Subestacion eléctrica								
Voltaje operación	Transformador			Corriente operación (A)		Corriente en conductor (A) sección 220-3(a) NEC		
V= 220	Cantidad	Potencia (KVA)	Potencia total (KVA)	$I_{operac} = \frac{S \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$	1574.6	$I_{cond} = 1.25 \times I_{operac}$	1968.2	
	1	600	S = 600					
Elección conductor fase				Corrección por más de 3 conductores				
Cantidad	Ampacidad a buscar (A)			# conductores		Conductor corregido		
N = 4	$I_{bus} = I_{cond} / N$		492.1	Fases + neutro	n=13			
Conductor	Calibre (aislamiento TW)		1500MCM	FACTOR tabla 310-15(B)(2)(a) NEC		Icorreg = Amp x f	Calibre	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)
	Ampacidad (tabla 310.16 NEC)		Amp = 520	f = 0.5				
Elección conductor neutro				Conductores seleccionados		Para fases : 3x4 x400 MCM – TW - 600V		
						Para neutro: 1x400 MCM –TW - 600V		
Ampacidad (A)		Calibre	Ampacidad Tabla 310.16 NEC	Calculo dispositivo protección				
				Conductores en fase (N)	Ampac correg (A) sección 230-90(a) NEC		Capacidad dispositivo (A) sección 240.6 (a) NEC	
				N = 4	Am x N	1120	3 polos 1200 A	
Icorreg	260	400 MCM	280					

**Tabla 23.** Calculo de conductores y dispositivo de protección para subestación eléctrica tipo Padmounted.

▪ **Calculo de iluminación en cuarto de distribución de subestación eléctrica tipo Padmounted.**

El transformador de esta subestación se encuentra en los exteriores del nuevo edificio de ingenierías de la FIEC y la iluminación es provista por el alumbrado público ubicado en los alrededores del transformador.

Datos de S/E			Datos de luminaria		
Luminancia mínima S/E ( tabla 12)	Altura plano trabajo (m)		Tipo	Flujo luminoso catalogo Phillips	Factor mant. (tabla 15)
E = 100 luxes	0.50		tubo 40W	$\phi_L = 3250$ lúmenes	F m    0.95
Dimensiones del local (m)			Factor de reflexión (dato tabla 14)		
Largo (l)	Ancho (a)	Alto (H)	techo	Pared	Piso
4.20	1.20	2-4	0.8	0.5	0.3
Altura de luminaria (m)	Factor k		Factor utilización (dato de tabla 13)		
$H' = H - 0.50$	1.90	$K = \frac{(l \times a)}{H'(l+a)}$	0.49	Fu	0.179
Flujo luminoso $\phi_T$			# lámparas, n= 2 tubos fluorescentes 40W		
$\phi_T = \frac{E \times (l \times a)}{(Fu \times Fm)}$	2963.84 lúmenes		$N = \frac{\phi_T}{n \phi_L}$	0,455 $\approx$ 1 lámpara.	

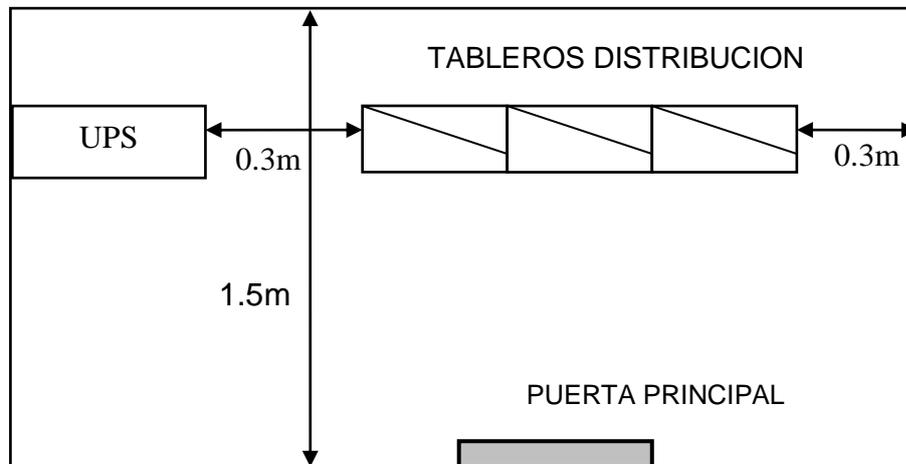
**Tabla 24.** Calculo de iluminación en cuarto de distribución de subestación eléctrica tipo Padmounted.

- **Ventilación en cuarto distribución de subestación eléctrica tipo Padmounted.**

Como se menciona anteriormente el transformador se encuentra en los exteriores; mientras que el cuarto de distribución cuenta con una central de aire acondicionado con una capacidad suficiente para evitar riesgos de calentamiento y posibles consecuencias.

- **Dimensiones espacio de trabajo en cuarto distribución de subestación eléctrica tipo Padmounted.**

Para este fin usaremos el gráfico de la figura 54, el mismo representa el cuarto de distribución de la mencionada subestación eléctrica. Estas dimensiones serán las mínimas que deben existir y están en m.



**Figura 54.** Distancias mínimas de seguridad alrededor de equipos en cuarto de distribución de subestación tipo Padmounted.

## ANEXO 4: DIMENSIONES EN CUARTOS PARA TRANSFORMADORES NORMAS NATSIM (CENEL-ECUADOR).

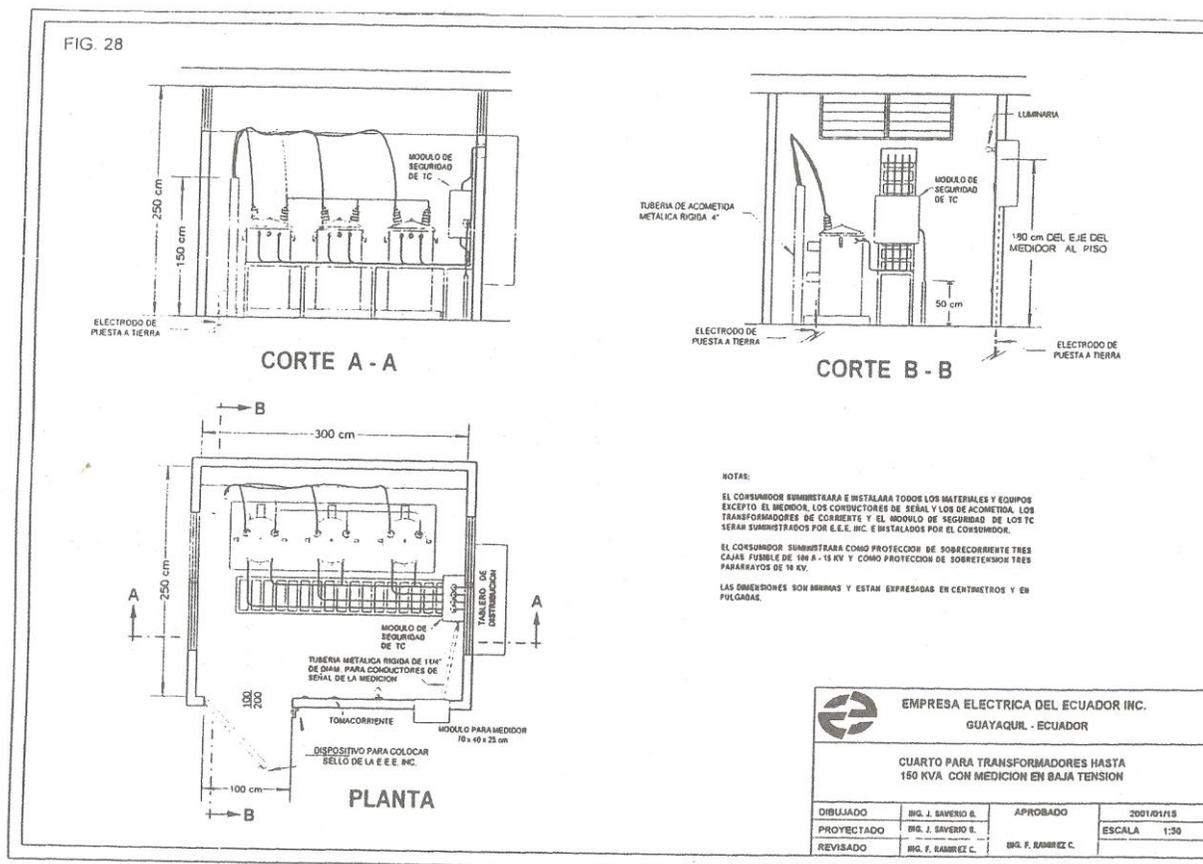
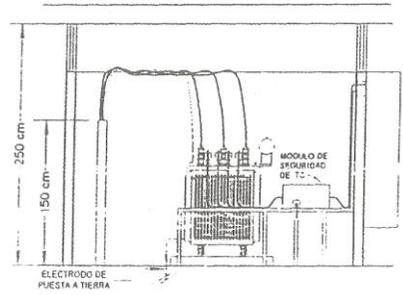
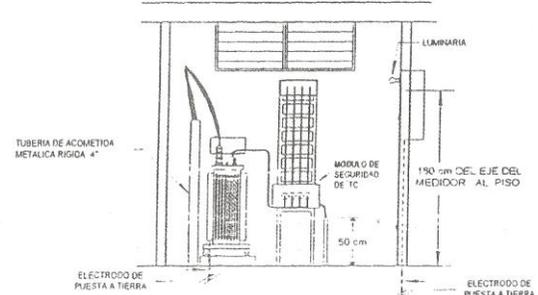


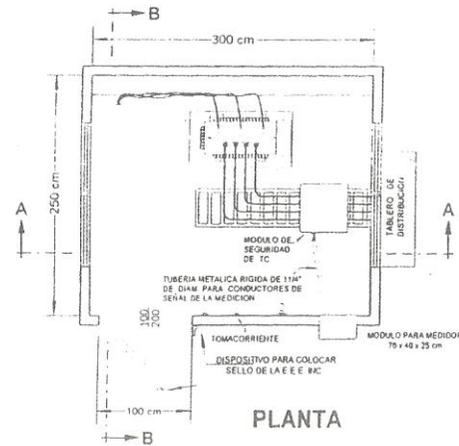
FIG. 29



CORTE A - A



CORTE B - B



PLANTA

**NOTAS:**

EL CONSUMIDOR SUMINISTRARA E INSTALARA TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS EXCEPTO EL MEDIDOR, LOS CONDUCTORES DE SEÑAL Y LOS DE ACOMETIDA, LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y EL MODULO DE SEGURIDAD DE LOS TC, SERAN SUMINISTRADOS POR E.E.E. I.M.C. E INSTALADOS POR EL CONSUMIDOR.

EL CONSUMIDOR SUMINISTRARA COMO PROTECCION DE SC, CORRIENTE TRES CAJAS FUSIBLE DE 100 A - 15 KV Y COMO PROTECCION DE SOBRETENSION TRES PARARAYOS DE 10 KV.

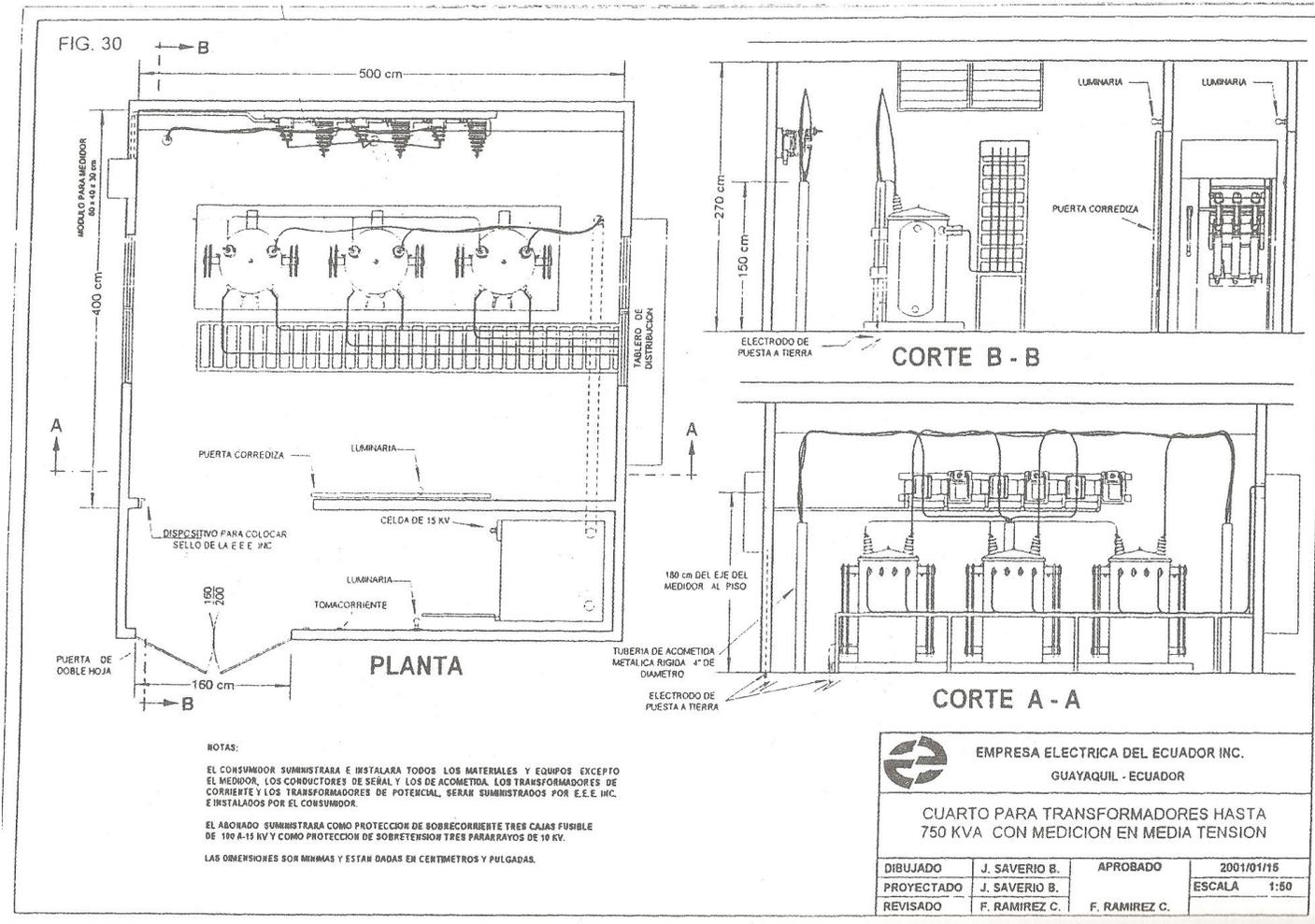
LAS DIMENSIONES SON MINIMAS Y ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS Y EN PULGADAS.



EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR INC.  
GUAYAQUIL - ECUADOR

CUARTO PARA TRANSFORMADORES HASTA  
150 KVA CON MEDICION EN BAJA TENSION

DIBUJADO	ING. J. SAVERIO B.	APROBADO	2001/01/15
PROYECTADO	ING. J. SAVERIO B.	ESCALA	1:50
REVISADO	ING. F. RAMIREZ C.	ING. F. RAMIREZ C.	



## ANEXO 5:



### MINISTERIO DE TRABAJO Y EMPLEO REGIMEN LABORAL ECUATORIANO

#### Capítulo IV De las indemnizaciones

##### Parágrafo 1ro. De las indemnizaciones en caso de accidente

**Art. 365.- Asistencia en caso de accidente.-** En todo caso de accidente el empleador estará obligado a prestar, sin derecho a reembolso, asistencia médica o quirúrgica y farmacéutica al trabajador víctima del accidente hasta que, según el dictamen médico, esté en condiciones de volver al trabajo o se le declare comprendido en alguno de los casos de incapacidad permanente y no requiera ya de asistencia médica.

**Art. 366.- Aparatos de prótesis y ortopedia.-** El empleador estará obligado a la provisión y renovación normal de los aparatos de prótesis y ortopedia, cuyo uso se estime necesario en razón de la lesión sufrida por la víctima.

**Art. 367.- Cálculo de indemnizaciones para el trabajador no afiliado al IESS.-** Todas las normas que para el cálculo de indemnizaciones contienen los artículos 369, 370, 371, 372 y 373 de este Código, sustitúyense, en lo que fueren aplicables con las leyes, reglamentos y más disposiciones legales, que para el efecto estuvieren vigentes en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, al momento de producirse el accidente, siempre y cuando el trabajador accidentado no estuviere afiliado y por lo tanto no gozare de las prestaciones de dicho Instituto.

**Art. 368.- Presunción del lugar de trabajo.-** Para efectos de la percepción de las indemnizaciones por accidente de trabajo o muerte de un trabajador no afiliado al IESS, se considerará como ocurridos estos hechos en sus lugares de trabajo, desde el momento en que el trabajador sale de su domicilio con dirección a su lugar de trabajo y viceversa, esto último según reglamentación. Se calcularán dichas indemnizaciones de la misma manera como si se tratara de un trabajador afiliado al IESS.

**Art. 369.- Muerte por accidente de trabajo.-** Si el accidente causa la muerte del trabajador y ésta se produce dentro de los ciento ochenta días siguientes al accidente, el empleador está obligado a indemnizar a los derechohabientes del fallecido con una suma igual al sueldo o salario de cuatro años.

Si la muerte debida al accidente sobreviene después de los ciento ochenta días contados desde la fecha del accidente, el empleador abonará a los derechohabientes del trabajador las dos terceras partes de la suma indicada en el inciso anterior.

Si por consecuencia del accidente el trabajador falleciere después de los trescientos sesenta y cinco días, pero antes de dos años de acaecido el accidente, el empleador deberá pagar la mitad de la suma indicada en el inciso primero.

Si la causa de la defunción, sino otra u otras supervenientes extrañas al accidente.

Si la víctima falleciere después de dos años del accidente no habrá derecho a reclamar la indemnización por muerte, sino la que provenga por incapacidad, en el caso de haber reclamación pendiente.

Ver MUERTE POR ACCIDENTE DE TRABAJO, Gaceta Judicial. Año LIX. Serie 8. No. 11. Pág. 1044. (Quito, 9 de Junio de 1956).

**Art. 370.- Indemnización por incapacidad permanente.-** Si el accidente hubiere ocasionado incapacidad absoluta y permanente para todo trabajo, la

indemnización consistirá en una cantidad igual al sueldo o salario total de cuatro años, o en una renta vitalicia equivalente a un sesenta y seis por ciento de la última renta o remuneración mensual percibida por la víctima.

**Art. 371.- Indemnización por disminución permanente.-** Si el accidente ocasionare disminución permanente de la capacidad para el trabajo, el empleador estará obligado a indemnizar a la víctima de acuerdo con la proporción establecida en el cuadro valorativo de disminución de capacidad para el trabajo.

Los porcentajes fijados en el antedicho cuadro se computarán sobre el importe del sueldo o salario de cuatro años. Se tomará el tanto por ciento que corresponda entre el máximo y el mínimo fijados en el cuadro, teniendo en cuenta la edad del trabajador, la importancia de la incapacidad y si ésta es absoluta para el ejercicio de la profesión habitual, aunque quede habilitado para dedicarse a otro trabajo, o si simplemente han disminuido sus aptitudes para el desempeño de aquella.

Se tendrá igualmente en cuenta si el empleador se ha preocupado por la reeducación profesional del trabajador y si le ha proporcionado miembros artificiales ortopédicos.

Si el trabajador accidentado tuviere a su cargo y cuidado tres o más hijos menores o tres o más hijas solteras, se pagará el máximo porcentaje previsto en el cuadro valorativo.

CONCORD:  
\* CODIGO DEL TRABAJO: Art. 432.

**Art. 372.- Modificación de los porcentajes.-** Los porcentajes fijados en el cuadro valorativo de disminución de capacidad para el trabajo sufrirán las modificaciones establecidas en los artículos 374, 385 y 398 de este Código.

CONCORD:  
\* CODIGO DEL TRABAJO: Art. 432.

**Art. 373.- Indemnización por incapacidad temporal.-** La indemnización por incapacidad temporal será del setenta y cinco por ciento de la remuneración que tuvo el trabajador al momento del accidente y no excederá del plazo de un año, debiendo ser entregada por semanas o mensualidades vencidas, según se trate de obrero o de empleado.

Si a los seis meses de iniciada una incapacidad no estuviere el trabajador en aptitud de volver a sus labores, él o su empleador podrán pedir que, en vista

de los certificados médicos, de los exámenes que se practiquen y de todas las pruebas conducentes, se resuelva si debe seguir sometido al mismo tratamiento médico, gozando de igual indemnización, o si procede declarar su incapacidad permanente con la indemnización a que tenga derecho. Estos exámenes pueden repetirse cada tres meses.

**Art. 374.- Accidente en trabajo ocasional.-** Si el accidente se produjere en la persona de un trabajador llamado a ejecutar un trabajo ocasional que por su índole debe realizarse en menos de seis días, el empleador podrá obtener del juez una rebaja de la indemnización que en este caso no podrá exceder del cincuenta por ciento.

**Art. 375.- Revisión de la disminución permanente parcial.-** Declarada una disminución permanente parcial para el trabajo, si ésta aumentare, puede ser revisada dentro del plazo de un año a pedido del trabajador. El plazo se contará a partir de dicha declaración.

