ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.
Instituto
DESARROLLO URBANO

“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.”

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

INF-RSG--CASC-146-21

Informe Etapa de Diseños
Componente Redes Secas
Diseño eléctrico subestación interior 250kVA y 30kVA
Estación 20 de Julio

CONSORCIO CS

CONSORCIO CS
Cal y Mayor Colombia S.A.S.
Supering
Supervisión e Ingeniería de Proyectos

BOGOTÁ, Junio 2022

PRODUCTO DOCUMENTAL

INF-RSG--CASC-146-21

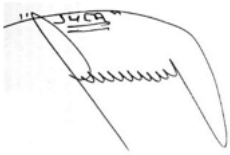
Informe Etapa Diseño
Componente Redes Secas
Diseño eléctrico subestación interior 280kVA
Estación 20 de Julio

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	01/11/2021	Versión inicial	36
Versión 01	02/12/2021	Solución observaciones interventoría	53
Versión 02	27/12/2021	Independización de medidas de energía	60
Versión 03	03/01/2022	Inclusión formato de imágenes y tablas	63

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

EMPRESA CONTRATISTA

VALIDADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Juan Carlos Echeverry. Especialista Redes Secas	Ing. Alexander Uribe. Especialista Redes Secas	Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría

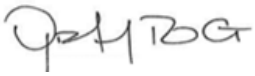
REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. José Norberto Velandia Especialista en redes eléctricas, gas, teléfono, fibra óptica	Ing. Wilmer Alexander Rozo Coordinador de Interventoría	Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría

Tabla de contenido

1 INTRODUCCIÓN 4
2 OBJETIVOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE REDES SECAS 5
2.1 OBJETIVOS GENERALES 5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 6
4 DISEÑO DETALLADO 7
4.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras. 7
4.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico. 10
4.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra. 14
4.4 Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. 20
4.5 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. 23
4.6 Análisis del nivel tensión requerido. 34
4.7 Cálculo de campos electromagnéticos 34
4.8 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. 34
4.9 Cálculo del sistema de puesta a tierra. 39
4.10 Cálculo económico de conductores 42
4.11 Verificación de los conductores 49
4.12 Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos. 49
4.13 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. 49
4.14 Cálculos de canalizaciones 49
4.15 Cálculos de pérdidas de energía 51
4.16 Cálculos de regulación. 52
4.17 Clasificación de áreas 53
4.18 Elaboración de diagramas unifilares. 53
4.19 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción. 53
4.20 Especificaciones de construcción complementarias a los planos 53
4.21 Establecer las distancias de seguridad requeridas 59
4.22 Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido 62
4.23 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera 62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 62

Tabla de figuras

Figura - 1 - Localización General del Proyecto *6*
Figura - 2 – Cuadro de cargas iluminación *8*
Figura - 3 – Cuadro de cargas tomacorrientes generales *9*
Figura - 4 – Calculo de transformadores *10*
Figura - 5 – Análisis nivel de tensión transformador 250 kVA *11*
Figura - 6 – Análisis nivel de tensión transformador 30 kVA *12*
Figura - 7 – Calculo DPS baja tensión *14*
Figura - 8 – Calculo corriente de corto circuito media tensión *15*
Figura - 9 – Calculo corriente de corto circuito transformador 250 kVA baja tensión *16*
Figura - 10 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 250 kVA *17*
Figura - 11 – Calculo corriente de corto circuito media tensión *18*
Figura - 12 – Calculo corriente de corto circuito transformador 30 kVA baja tensión *19*
Figura - 13 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 30 kVA *20*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 14 – Análisis de nivel de riesgo por rayos 21
Figura - 15 – Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos 22
Figura - 16 – Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos 23
Figura - 17 – Evaluación nivel de riesgo RAYO 24
Figura - 18 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo 25
Figura - 19 – Evaluación nivel de riesgo Arco Eléctrico 26
Figura - 20 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo 27
Figura - 21 – Evaluación nivel de riesgo cortocircuito o sobrecarga 28
Figura - 22 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo baja tensión 29
Figura - 23 – Evaluación nivel de riesgo arco baja tensión 30
Figura - 24 – Decisiones y acciones para controlar el riesgo 31
Figura - 25 – Factores de riesgo eléctrico más comunes 33
Figura - 26 – Cargas transformador 250 kVA 35
Figura - 27 – Cálculos eléctricos transformador 250 kVA 36
Figura - 28 – Cargas transformador 30 kVA 37
Figura - 29 – Cálculos eléctricos transformador 30 kVA 38
Figura - 30 – Calculo malla para puesta a tierra 41
Figura - 31 – Cálculo económico de conductores 48
Figura - 31 – Cálculo ocupación de ductos 50
Figura - 33 – Cálculo perdidas de energía 51
Figura - 34 – Cálculo de regulación 52
Figura - 35 – Relación de transformación de TC para medida indirecta 54
Figura - 36 – Clasificación de puntos de medición 55
Figura - 37 – Tipo y clase de exactitud transformadores de corriente 55
Figura - 38 – Calculo del burden transformadores de potencial 57
Figura - 39 – Calculo del burden transformadores de corriente 58
Figura - 40 – Límites de aproximación a partes energizadas de equipos 60
Figura - 41 – Límites de aproximación 61

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el informe y memorias de cálculos detallados de la subestación eléctrica interior 250 kVA de la estación 20 de Julio, como parte de la etapa de diseños del contrato “Actualización, Ajustes y Complementación de la Factibilidad y Estudios y Diseños del Cable Aéreo en San Cristóbal, En Bogotá D.C.”, de acuerdo al reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE 2013 y NTC2050.

2 OBJETIVOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE REDES SECAS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

Elaborar y presentar el diseño detallado de la subestación eléctrica interior de 280kVA comprendida por dos transformadores de 250 kVA y 30 kVA de la estación 20 de julio del proyecto Cable Aéreo en San Cristóbal, siguiendo los lineamientos de la normatividad vigente:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.
- Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050,
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP.
- Normas Técnicas del operador de red. ENEL CODENSA.
- Las demás que le apliquen o complementen las anteriores Normas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En el diseño se consideraron los siguientes aspectos técnicos:

- Subestación tipo interior de 250 kVA incluye celda, con tensión de 11.400/440/254V
- Subestación tipo interior de 30 kVA incluye celda, con tensión de 11.400/208/120V
- Medida indirecta en celda interior
- Celdas de media tensión (protección, remonte)
- Tableros de baja tensión de acuerdo a diagrama unifilar.
- Transformador baja-baja 440/208/120

- El suministro, la instalación, la marcación e identificación y la puesta en servicio de acometida de acuerdo a diagrama unifilar y cuadro de cargas.

- Malla de puesta a tierra según planos

- Red media tensión 11.400 en cable XPLE No 2

3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto del Cable San Cristóbal se desarrolla en la localidad de San Cristóbal, el cual contemplan dos Estaciones intermedias, la primera en el barrio la Victoria ubicado entre las calles 40 y 41 Sur y carreras 3A Este y 3C este, la segunda en el barrio la Altamira ubicado en la calle 42B sur y 43A sur entre las carreras 12A y 12B este, finalizando en el Portal del 20 de Julio ubicado en la Calle 30A sur con carrera quinta (5ta).

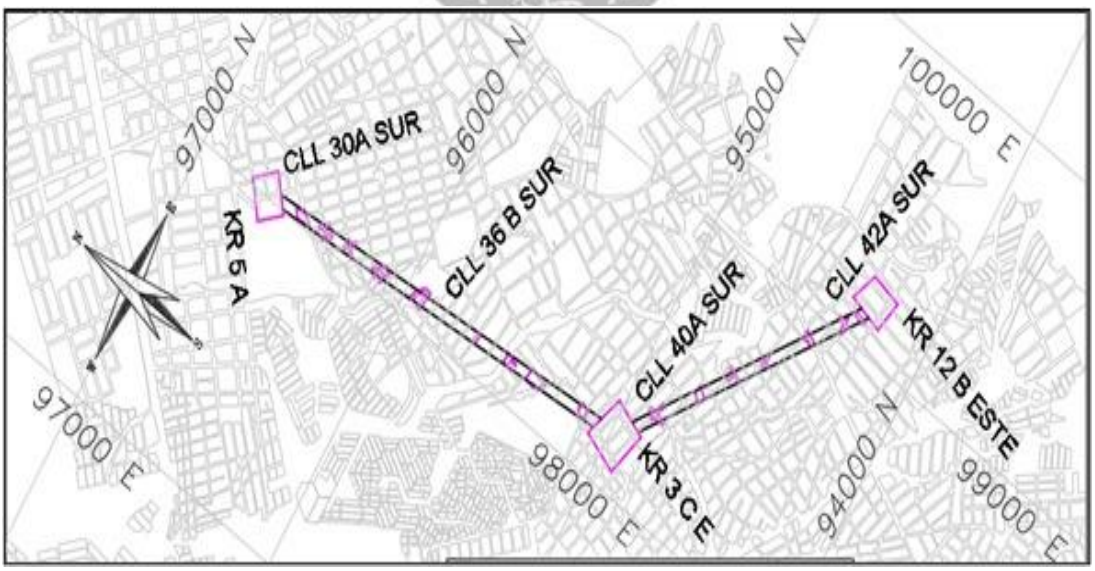


Figura - 1 - Localización General del Proyecto

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4 DISEÑO DETALLADO

Tomando del RETIE el ARTÍCULO 10° - REQUERIMIENTOS GENENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS – 10.1 Diseño de instalaciones eléctricas desarrollamos los siguientes puntos:

4.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras.

Los cálculos iniciales se encuentran de acuerdo a la guía técnica de cargabilidad GTC50, la carga a instalar es de 280 kVA .

Las cargas a usar en el proyecto son:

Cargas tipo Industrial y comercial.

Las cargas a usar en este proyecto son:

- Motores
- Iluminación
- Carga para servicios generales.
- Equipos electromecánicos

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

CUADRO DE CARGAS TABLERO TIG TABLERO DE ILUMINACION GENERAL TRIFASICO 30 CIRCUITOS																			
CIRCUITO	Iluminacion General								TOTAL WATTOS	AFECTACION DE ARMONICOS	TOTAL AFECTACION DE ARMONICOS	TENSIÓN	CORRIENTES (A)			PROTECCIÓN (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCTORES		
	BALA 13W 1050 LM	Panel cuadrado 60x60 42W 3648LM	Panel rectangular 120x30 42W 3569LM	Hermetica 2x18W 36W 3260LM	High Bay 120x30 2x4000LM	High Bay 60x40 2x4000LM	EMERGENCIA SALIDA 90E 300x185x45 SOBREPONER	Bateria de Emergencia				(V)	A	B	C		Fase	Neutro	Tierra
1	22		4						454	1,25	568	120	4,7			1x15	12	12	12
2	17		1	7					515	1,25	644	120	5,4			1x15	12	12	12
3	14	4	1						392	1,25	490	120		4,1		1x15	12	12	12
4	14	4	3						476	1,25	595	120		5,0		1x15	12	12	12
5					9	5			1.680	1,25	2.100	120			17,5	1x15	12	12	12
6				2	7				912	1,25	1.140	120			9,5	1x15	12	12	12
7	10	11							592	1,25	740	120	6,2			1x15	12	12	12
8			12						504	1,25	630	120	5,3			1x15	12	12	12
9	29	6		1					665	1,25	831	120		6,9		1x15	12	12	12
10	10	12							634	1,25	793	120		6,6		1x15	12	12	12
11									0	1,25	0	120			0,0				
12									0	1,25	0	120			0,0				
13	24	4	4						648	1,25	810	120	6,8			1x15	12	12	12
14									200	1,25	250	120	2,1			1x15	12	12	12
15-17						14			1.680	1,25	2.100	220		9,5	9,5	2x15			
16									200	1,25	250	120		2,1		1x15	12	12	12
18									200	1,25	250	120			2,1	1x15	12	12	12
19									0	1,25	0	120	0,0						
20									0	1,25	0	120	0,0						
21									0	1,25	0	120		0,0		1x15	12	12	12
22									0	1,25	0	120		0,0					
23									3.000	1,25	3.750	220	17,0	17,0	17,0	1x15	12	12	12
24									0	1,25	0	120			0,0				
25									0	1,25	0	120	0,0						
26									0	1,25	0	120	0,0						
27									0	1,25	0	120		0,0					
28									0	1,25	0	120		0,0					
29									0	1,25	0	120			0,0				
30									0	1,25	0	120			0,0				
	140	41	25	10	16	19	0	0	12.752		15940		47	51	56				

Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 2 – Cuadro de cargas iluminación

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CUADRO DE CARGAS TABLERO TIG TABLERO DE ILUMINACION GENERAL TRIFASICO 30 CIRCUITOS																			
CIRCUITO	Iluminacion General								TOTAL WATIOS	AFECTACION DE ARMONICOS	TOTAL AFECTACION DE ARMONICOS	TENSIÓN	CORRIENTES (A)			PROTECCIÓN (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCTORES		
	BALA 13W 1050 LM	Panel cuadrado 60x60 42W 3648LM	Panel rectangular 120x30 42W 3569LM	Hermetica 2x18W 36W 3260LM	High Bay 120x30 2x4000LM	High Bay 60x40 2x4000LM	EMERGENCIA SALIDA 90E 300x185x45 SOBREPONER	Bateria de Emergencia				(V)	A	B	C		Fase	Neutro	Tierra
1	22		4						454	1,25	568	120	4,7			1x15	12	12	12
2	17		1	7					515	1,25	644	120	5,4			1x15	12	12	12
3	14	4	1						392	1,25	490	120		4,1		1x15	12	12	12
4	14	4	3						476	1,25	595	120		5,0		1x15	12	12	12
5					9	5			1.680	1,25	2.100	120			17,5	1x15	12	12	12
6				2	7				912	1,25	1.140	120			9,5	1x15	12	12	12
7	10	11							592	1,25	740	120	6,2			1x15	12	12	12
8			12						504	1,25	630	120	5,3			1x15	12	12	12
9	29	6		1					665	1,25	831	120		6,9		1x15	12	12	12
10	10	12							634	1,25	793	120		6,6		1x15	12	12	12
11									0	1,25	0	120			0,0				
12									0	1,25	0	120			0,0				
13	24	4	4						648	1,25	810	120	6,8				12	12	12
14									0	1,25	0	120	0,0				12	12	12
15						14			1.680	1,25	2.100	120		17,5			12	12	12
16									0	1,25	0	120		0,0			12	12	12
17									0	1,25	0	120			0,0				
18									0	1,25	0	120			0,0				
19									0	1,25	0	120	0,0						
20									0	1,25	0	120	0,0						
21									0	1,25	0	120		0,0			12	12	12
22									0	1,25	0	120		0,0					
23									3.000	1,25	3.750	120			31,3				
24									0	1,25	0	120			0,0				
25									0	1,25	0	120	0,0						
26									0	1,25	0	120	0,0						
27									0	1,25	0	120		0,0					
28									0	1,25	0	120		0,0					
29									0	1,25	0	120			0,0				
30									0	1,25	0	120			0,0				
	140	41	25	10	16	19	0	0	12.152		15190		28	40	58				

Figura - 3 – Cuadro de cargas tomacorrientes generales

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de transformador 250 kVA			
Carga	Tension	Instalada kVA	Demandada kVA
TIG Tablero iluminacion general	220 V	15,94	15,94
TTG Tablero Tomacorrientes generales	220 V	35,42	26,05
TTR Tablero Tomacorrientes regulados	220 V	20,00	20,00
Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 220 V	220 V	10,80	8,10
Ascensor 1	220 V	10,00	10,00
Ascensor 2	220 V	10,00	10,00
Acometida pilona 1	220 V	5,00	5,00
Bomba Presion AFP	440 V	9,33	9,33
Bomba presion AFT	440 V	9,33	9,33
Bombas aguas crudas	440 V	1,87	1,87
Bomba Tratamiento ALL	440 V	1,87	1,87
Bombas eyectores ALL	440 V	3,73	3,73
Bomba Jockey	440 V	13,99	13,99
Carga Electromecanica	440 V	50,00	50,00
Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 440v 2 por piso	440 V	10,80	8,10
RESERVA	440 V	30,00	30,00
TOTAL		**238,06**	**223,29**

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD

Calculo de transformador 30 kVA			
Carga	Tension	Instalada kVA	Demandada kVA
Policia	220 V	8,00	8,00
Cajeros Automaticos	220 V	10,00	10,00
Reserva	220 V	10,00	10,00
TOTAL		**28,00**	**28,00**

Figura - 4 – Calculo de transformadores

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

Se realiza la coordinación de aislamiento eléctrico, donde se indican las características y tipo de los equipos de transformación y los niveles de tensión a usar.

4. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN Y DATOS TÉCNICOS SUBESTACIÓN	
Nombre del Proyecto	SUBESTACION INTERIOR 250kVA ESTACION 20 DE JULIO

MEMORIAS DE CALCULO NIVEL DE TENSIÓN, TIPO DE SERVICIO Y SUBESTACIÓN

TRANSFORMADOR (250 kVA)

DATOS	**1. CARGA INSTALADA (kVA)**	**250**														
	2. RANGO DE TENSIÓN A UTILIZAR SUGERIDO POR EL OPERADOR DE RED	BAJA					MEDIA A 11.4 kV				MEDIA A 13.2 o 34.5 kV			ALTA 115 Kv o mayor		
		Hasta 5 kVA		Hasta 9 kVA		Hasta 20 kVA	Hasta 50 kVA		Hasta 499 kVA		500 a 5000 kVA			Mayor a 5000 kVA		
		Monofásico		Trifilar		Trifásico	Monofásico		Trifásico		Trifásico			Trifásico		
									X							
	3. TIPO DE SERVICIO	RESIDENCIAL					COMERCIAL				INDUSTRIAL					
		BAJA TENSIÓN (V)			MEDIA TENSIÓN (kV)		BAJA TENSIÓN (V)		MEDIA TENSIÓN (kV)		BAJA TENSIÓN (V)			MEDIA TENSIÓN (kv)		
		120	208	240	13.2	34,5	120	208	440	11,2	34,5	220	380	440	13.2	34,5
									X	X						

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA SUBESTACIÓN SELECCIONADA

CLASIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	**DESCRIPCIÓN TRANSFORMADO**	**USO**	POSTE			ENCERRAMIENTO EXTERIOR (PEDESTAL)			INTERIOR		X					
		POTENCIA	MONOFASICO (KVA)					TRIFÁSICO (KVA)								
			3	5	10	15	25	15	30	45	75	112,5	150	250	500	1000
														X		
		TIPO	ACEITE			SECO		X	PEDESTAL							
		NIVEL DE TENSIÓN	En bornes de baja fase fase (V)					En bornes de alta (kV)								
			208	220	380	440	480	11,4	34,5	115						
						X		X								
	DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE MEDICIÓN	MEDIDOR DE ENERGÍA						1					2			
		TIPO														
		INDIRECTA						**TC's**		**15/5**			**TP's**		**11.400/120**	
	DESCRIPCIÓN SECCIONAMIENTO															

OBSERVACIONES

Diseño:	**JUAN CARLOS ECHEVERRY**	**Firma:**
		M.P. CL 205-30896

Figura - 5 – Análisis nivel de tensión transformador 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN Y DATOS TÉCNICOS SUBESTACIÓN	
Nombre del Proyecto	SUBESTACION INTERIOR 30kVA ESTACION 20 DE JULIO MEDIDAS DIRECTAS

MEMORIAS DE CALCULO NIVEL DE TENSIÓN, TIPO DE SERVICIO Y SUBESTACIÓN

TRANSFORMADOR (30 kVA)

DATOS	**1. CARGA INSTALADA (kVA)**	**30**														
	2. RANGO DE TENSIÓN A UTILIZAR SUGERIDO POR EL OPERADOR DE RED	BAJA					MEDIA A 11.4 kV			MEDIA A 13.2 o 34.5 kV		ALTA 115 Kv o mayor				
		Hasta 5 kVA		Hasta 9 kVA		Hasta 20 kVA	Hasta 50 kVA		Hasta 499 kVA	500 a 5000 kVA		Mayor a 5000 kVA				
		Monofásico		Trifilar		Trifásico	Monofásico		Trifásico	Trifásico		Trifásico				
									X							
	3. TIPO DE SERVICIO	RESIDENCIAL					COMERCIAL					INDUSTRIAL				
		BAJA TENSIÓN (V)			MEDIA TENSIÓN (kV)		BAJA TENSIÓN (V)			MEDIA TENSIÓN (kV)		BAJA TENSIÓN (V)			MEDIA TENSIÓN (kv)	
		120	208	240	13.2	34,5	120	208	440	11,4	34,5	220	380	440	13.2	34,5
								X		X						

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA SUBESTACIÓN SELECCIONADA

CLASIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	**DESCRIPCIÓN TRANSFORMADO**	**USO**	POSTE		ENCERRAMIENTO EXTERIOR (PEDESTAL)		INTERIOR	X								
		POTENCIA	MONOFASICO (KVA)					TRIFÁSICO (KVA)								
			3	5	10	15	25	15	30	45	75	112,5	150	250	500	1000
									X							
		TIPO	ACEITE		SECO			X	PEDESTAL							
		NIVEL DE TENSIÓN	En bornes de baja fase fase (V)					En bornes de alta (kV)								
			208	220	380	440	480	11,4	34,5	115						
						X		X								
	DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE MEDICIÓN	MEDIDOR DE ENERGÍA						1					2			
		TIPO						**MEDIDORES TRIFASICOS DIRECTA 20(100)A**								
		INDIRECTA														
	DESCRIPCIÓN SECCIONAMIENTO															

OBSERVACIONES

Diseño:	**JUAN CARLOS ECHEVERRY**	**Firma:**
		M.P. CL 205-30896

Figura - 6 – Análisis nivel de tensión transformador 30 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CALCULO DPS BAJA TENSION
Guía de Selección TVSS (IEEE 62.41)

1	**UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA APLICACIÓN**			
	NIVEL ISOCERAUNICO			
	Días de tormentas al año	Puntos		
	30 o Mas	18		
	15 a 30	10		
	0 a 15	2	2	Puntos
2	**UBICACIÓN RESPECTO A OTRAS ACTIVIDADES**			
	Ambiente	Puntos		
	Rural	11		
	Sub-Urbano	6		
	Urbano	1	11	Puntos
3	**UBICACIÓN RESPECTO A OTRAS CONSTRUCCIONES**			
	Construcción	Puntos		
	El mas alto	11		
	Mediano	6		
	El mas Pequeño	1	11	Puntos
4	**TIPO DE ACOMETIDA**			
	Acometida	Puntos		
	Ultimo Clientes	11		
	Clientes Múltiples	6		
	Independiente	1	1	Puntos
5	**HISTORICO DE DISTURBIOS**			
	Acometida	Puntos		
	Frecuentes	11		
	Ocasionales	6		
	Escasos	1	1	Puntos
6	**IMPORTANCIA DEL EQUIPO QUE VA A SER PROTEGIDO**			
	Equipos	Puntos		
	Indispensables	19		
	Medios	11		
	Pueden detenerse	3	3	Puntos
7	**COSTO DE REPARACION DEL EQUIPO QUE SE DAÑA**			
	Reparación	Puntos		
	Costosa	19		
	Moderada	11		
	Económica	3	3	Puntos
8	**NIVEL DE EXPOSICION**			
	NIVEL A	CARGA FINAL		
	NIVEL B	DISTRIBUCION		
	NIVEL C	ACOMETIDA	NIVEL B	

TOTAL PUNTOS	32	Puntos

TABLA DE SELECCIÓN					
Total Puntos	INDICE DE EXPOSIICON CALCULADO				
	De 12 a 24	De 25 a 38	De 39 a 55	De 56 a 75	De 76 a 100
NIVEL C (Acometida)	120 kA	160 kA	250 kA	320 kA	500 kA
	120 kA	120 kA	160 kA	250 kA	320 kA
NIVEL B (Distribucion)	50 kA	80 KA	120 kA	160 kA	250 kA
	36 kA	50 kA	80 kA	120 kA	160 kA
Nivel A (Carga Fija)		36 kA	50 kA	80 kA	120 kA
			36 kA	50 kA	80 kA

Figura - 7 – Calculo DPS baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Según tabla de selección y el puntaje obtenido, se dispone de dos opciones de capacidad de corriente de corto circuito, de acuerdo a los criterios del diseñador se selecciona un DPS baja tensión de 80 kA, de acuerdo a las características de la construcción y su ubicación geográfica.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

4.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Se realiza el análisis y cálculo de cortocircuito y falla a tierra de la instalación de la red de media tensión, de acuerdo a los valores entregados por el operador de red en el punto de pegue otorgado.

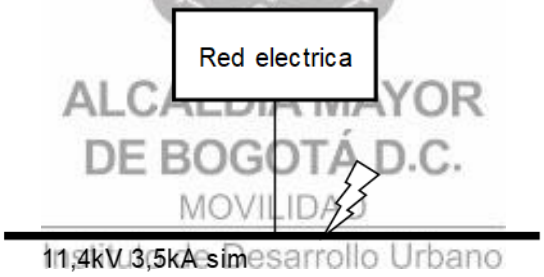
En los cálculos se evidencia la corriente de cortocircuito en el tablero de baja tensión, en la red de media tensión y en el transformador.

Se asume un valor de cortocircuito en media tensión, mientras se otorga la factibilidad por el operador de energía ENEL-CODENSA

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal:	**11,4**	kV
Icc:	**3,5**	kA sim
Scc:	39,9	MVA
Icc Asimetrica:	7,17	kA asim
Ra/Za:	0,251	
Za:	3,257	Ω
Xa:	3,153	Ω
Ra:	0,816	Ω
Ra/Xa:	0,259	
Factor K:	1,448	*(IEC 60909)*



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 8 – Calculo corriente de corto circuito media tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Transformador trifásico

Potencia: 250 kVA

Voltaje en lado de falla (V2): 0,44 kV V1: 11,4 kV

Voltaje de corto circuito %: 4 *Tabla T1*

Ra: 1,01940337 Ohm Rr 0,00151859 Ohm reflejada

Xa: 3,28816748 Ohm Xr 0,00489835 Ohm reflejada

T1. Tensión de cortocircuito Vcc normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

kVA	630	800	1000	1250	1600	2000
Vcc (%)	4	4,5	5	5,5	6	7

Se tiene que: $Z_t = V_{cc} \times \frac{V_n^2}{S_n}$ Z del transformador

Por lo tanto: Zt = 30,976 mΩ

Se tiene que: $X_t \approx Z_t$ X del transformador

Por lo tanto: Xt = 30,976 mΩ Xr =4,898mΩ

Se tiene que: $R_t \approx 0{,}20 \times X_t$ R del transformador

Por lo tanto: Rt = 6,1952 mΩ Rr =1,518mΩ

Luego: $\frac{R_{total}}{X_{total}} = 0{,}22$

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ Zt = 36,69 mΩ

Se tiene que: $I_{cc,sim} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_t}$

Por lo tanto: Icc, sim = **6,92** **kA simetricos**

Luego tenemos que: K = 1,52 , para $\frac{R_t}{X_t} = 0{,}22$ *(IEC 60909)*

$I_{cc} = \sqrt{2} \times K \times I_{cc,sim}$

Finalmente: Icc = 14,84 kA asimetricos

Basado en la norma UTE C 15-105 y IEC 60 909.

Figura - 9 – Calculo corriente de corto circuito transformador 250 kVA baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Tension del sistema: 11,4 kV

Lugar: Barra 440

Impedancias del sistema

Equipo	R	X
Red	0,816	3,153
Cable	0,203	0,135

Total

Rt =	1,0194 Ω
Xt =	3,2882 Ω
Zt =	3,4426 Ω
Icc =	1,91 kA sim
R/X =	0,31
Factor K =	1,38
Icc asimetrica =	**3,73 kA asim**

IEC60909

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Metodo Explicado en:

De Metz-Noblat, B. Cálculo de corrientes de cortocircuito (Cuaderno Tecnico nº 158 Barcelona: Schneider , 2000.

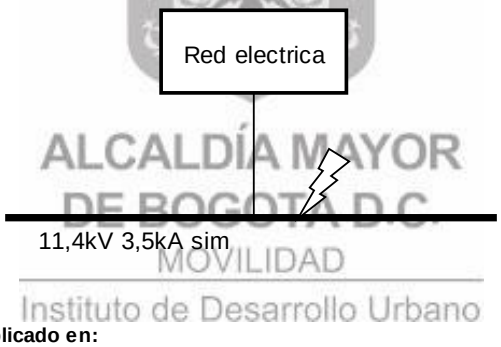
Figura - 10 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal:	**11,4**	kV
Icc:	**3,5**	kA sim
Scc:	39,9	MVA
Icc Asimetrica:	7,17	kA asim
Ra/Za:	0,251	
Za:	3,257	Ω
Xa:	3,153	Ω
Ra:	0,816	Ω
Ra/Xa:	0,259	
Factor K:	1,448	*(IEC 60909)*



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Metodo Explicado en:

De Metz-Noblat, B. Cálculo de corrientes de cortocircuito (Cuaderno Tecnico nº 158) Barcelona: Schneider , 2000.

Figura - 11 – Calculo corriente de corto circuito media tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Transformador trifásico

Potencia: 30 kVA

Voltaje en lado de falla (V2): 0,208 kV V1: 11,4 kV

Voltaje de corto circuito %: 4 *Tabla T1*

Ra: 1,01940337 Ohm Rr 0,00033936 Ohm reflejada

Xa: 3,28816748 Ohm Xr 0,00109464 Ohm reflejada

T1. Tensión de cortocircuito Vcc normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

kVA	630	800	1000	1250	1600	2000
Vcc (%)	4	4,5	5	5,5	6	7

Se tiene que: $Z_t = V_{cc} \times \frac{V_n^2}{S_n}$ Z del transformador

Por lo tanto: Zt = 57,68533333 mΩ

Se tiene que: $X_t \approx Z_t$ X del transformador

Por lo tanto: Xt = 57,68533333 mΩ Xr =1,094mΩ

Se tiene que: $R_t \approx 0{,}20 \times X_t$ R del transformador

Por lo tanto: Rt = 11,53706667 mΩ Rr =0,339mΩ

Luego: $\frac{R_{total}}{X_{total}} = 0{,}20$

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ Zt = 59,97 mΩ

Se tiene que: $I_{cc,sim} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_t}$

Por lo tanto: Icc, sim = **2,00** **kA simetricos**

Luego tenemos que: K = 1,54 , para $\frac{R_t}{X_t} = 0{,}20$ *(IEC 60909)*

$I_{cc} = \sqrt{2} \times K \times I_{cc,sim}$

Finalmente: Icc = 4,35 kA asimetricos

Basado en la norma UTE C 15-105 y IEC 60 909.

Figura - 12 – Calculo corriente de corto circuito transformador 30 kVA baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Tension del sistema: 11,4 kV
Lugar: Barra 440

Impedancias del sistema

Equipo	R	X
Red	0,816	3,153
Cable	0,203	0,135

Total

Rt =	1,0194	Ω
Xt =	3,2882	Ω
Zt =	3,4426	Ω
Icc =	1,91	kA sim
R/X =	0,31	
Factor K =	1,38	*IEC60909*
Icc asimetrica =	**3,73**	**kA asim**

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 13 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 30 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.4 Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

Se realiza el análisis para la verificación de requerimiento de sistema contra descargas atmosféricas con el software RISK, donde se verifica el nivel requerido, en este caso nivel IV y se procede al diseño con el método de la esfera rodante.

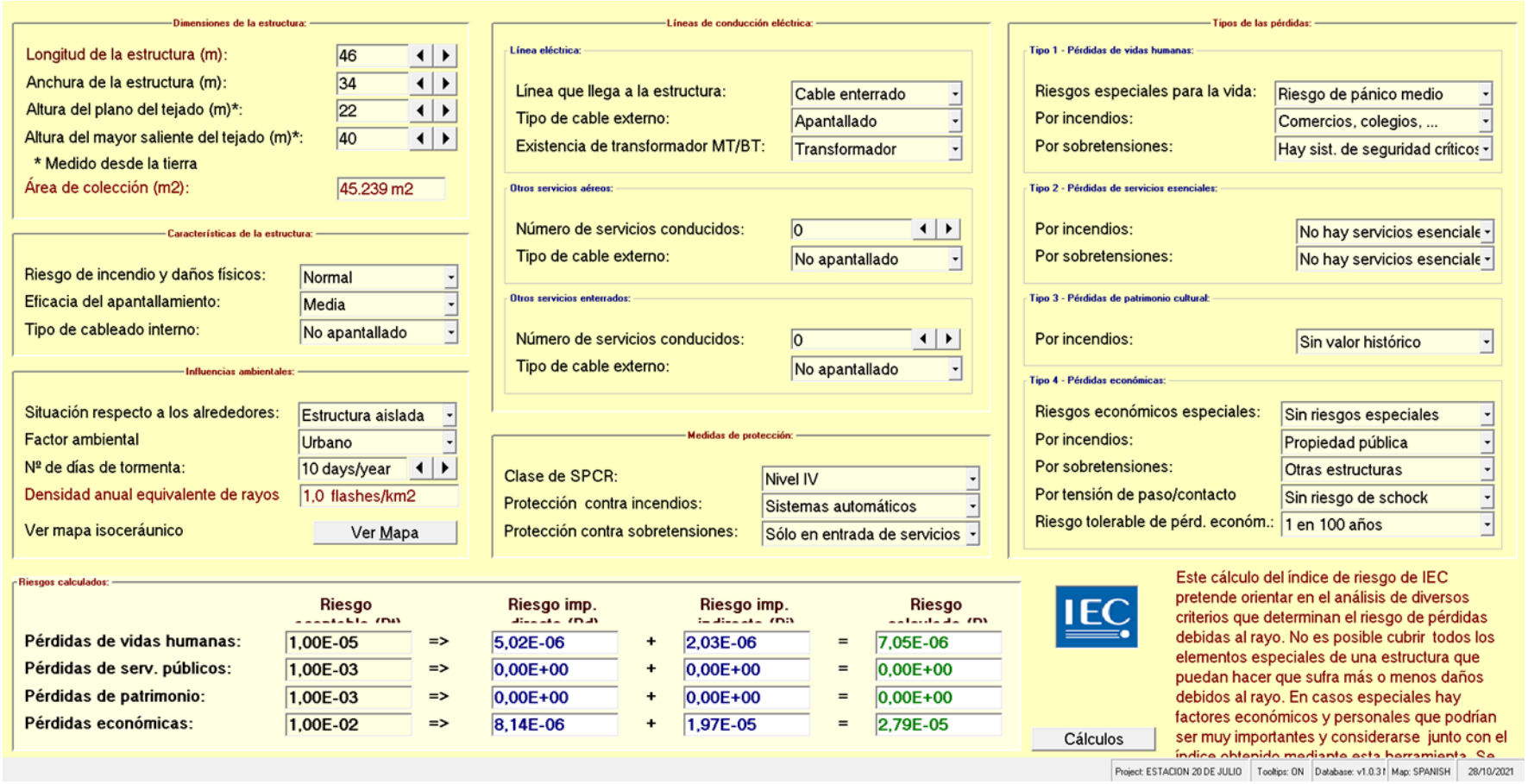


Figura - 14 – Análisis de nivel de riesgo por rayos

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS con software RISK

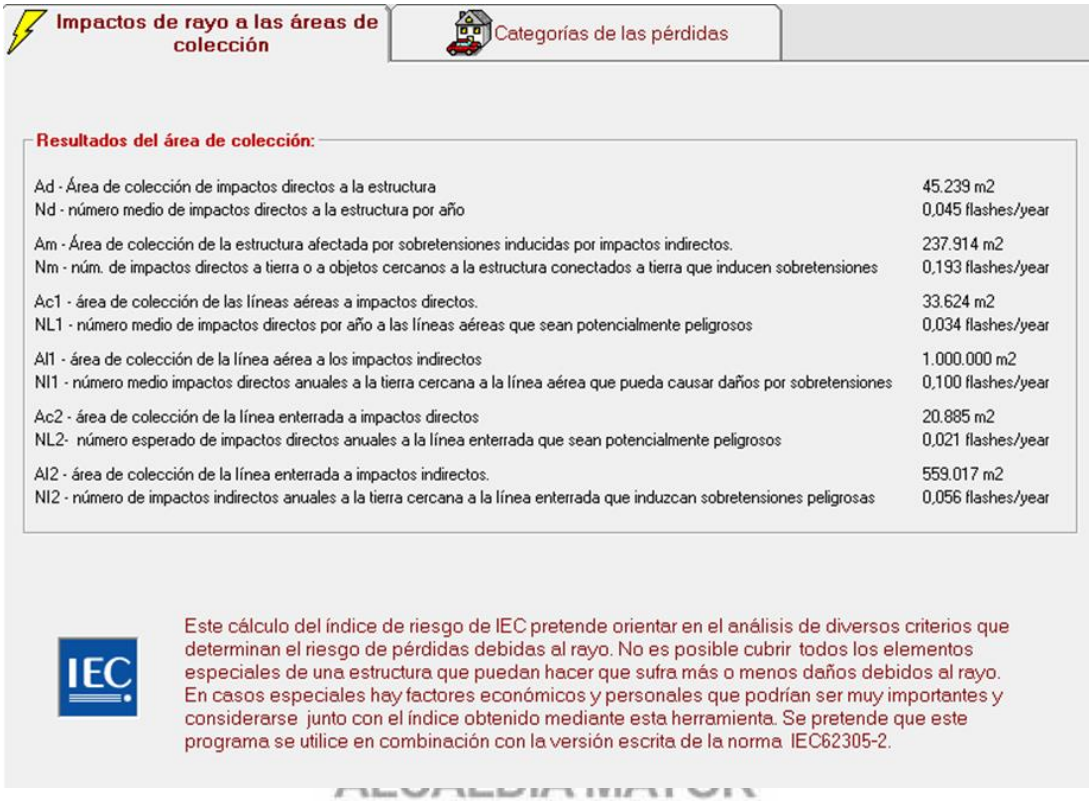
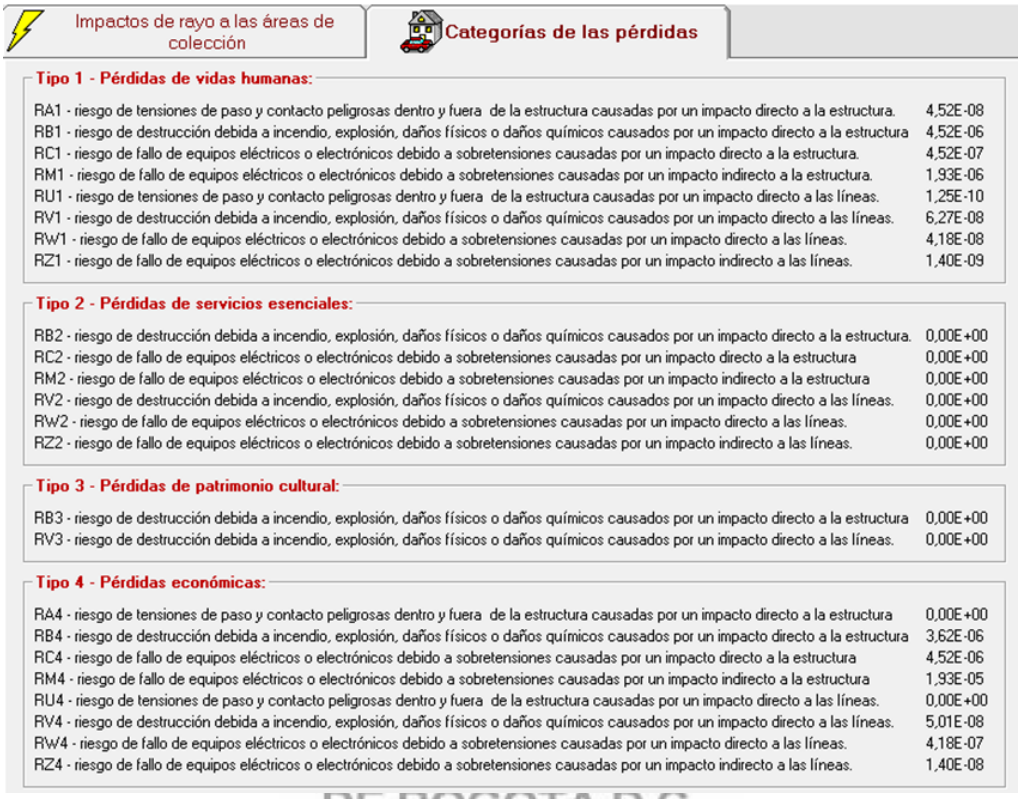


Figura - 15 – Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS con software RISK

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



Impactos de rayo a las áreas de colección

Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	4,52E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	4,52E-06
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	4,52E-07
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	1,93E-06
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	1,25E-10
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	6,27E-08
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	4,18E-08
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	1,40E-09

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	3,62E-06
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	4,52E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	1,93E-05
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	5,01E-08
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	4,18E-07
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	1,40E-08

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 16 – Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS con software RISK

4.5 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Se realiza el análisis de riesgos de origen eléctrico con las tablas que se muestran a continuación; de acuerdo a las exigencias y siguiendo los lineamientos de la norma técnica colombiana Retie donde se recomiendas las medidas necesarias para mitigar dichos riesgos.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION	por	RAYO	(al) o (en)	REDES EN MEDIA Y/O BAJA TENSIÓN AÉREAS
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL: __X__ REAL:___

CONSECUENCIAS						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL2520S-172174 FECHA: nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: MEDIO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LOS POSTES ESTEN PUESTOS A TIERRA ADECUADAMENTE.
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
EQUIPOTENCIALIZAR LA TUBERIA METALICA Y APANTALLAMIENTO DE LA LINEA AL SPT.
SEGUIR LOS LINEAMIENTOS DEL OPERADOR DE RED, EN CUANTO AL APANTALLAMIENTO DE LAS LINEAS.
EN LOS TRANSFORMADORES SE DEBEN INSTALAR LOS DPS DE ACUERDO A LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO.
INSTALAR ESTRUCTURAS Y APOYOS CON SU CORRECTA SUJECION MECANICA Y AMARRE DE LOS CONDUCTORES A LOS AISLADORES Y APOYOS.
VERIFICAR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD TANTO HORIZONTAL COMO VERTICALMENTE.
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTURA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
EN CASO DE PRESENTARSE LLUVIAS TORMENTOSAS PROHIBIR EL TRABAJO SOBRE LA LINEA Y RESGUARDARSE EN SITIOS SEGUROS
EN CASO DE TORMENTA RESGUARDARSE EN SITIO SEGURO

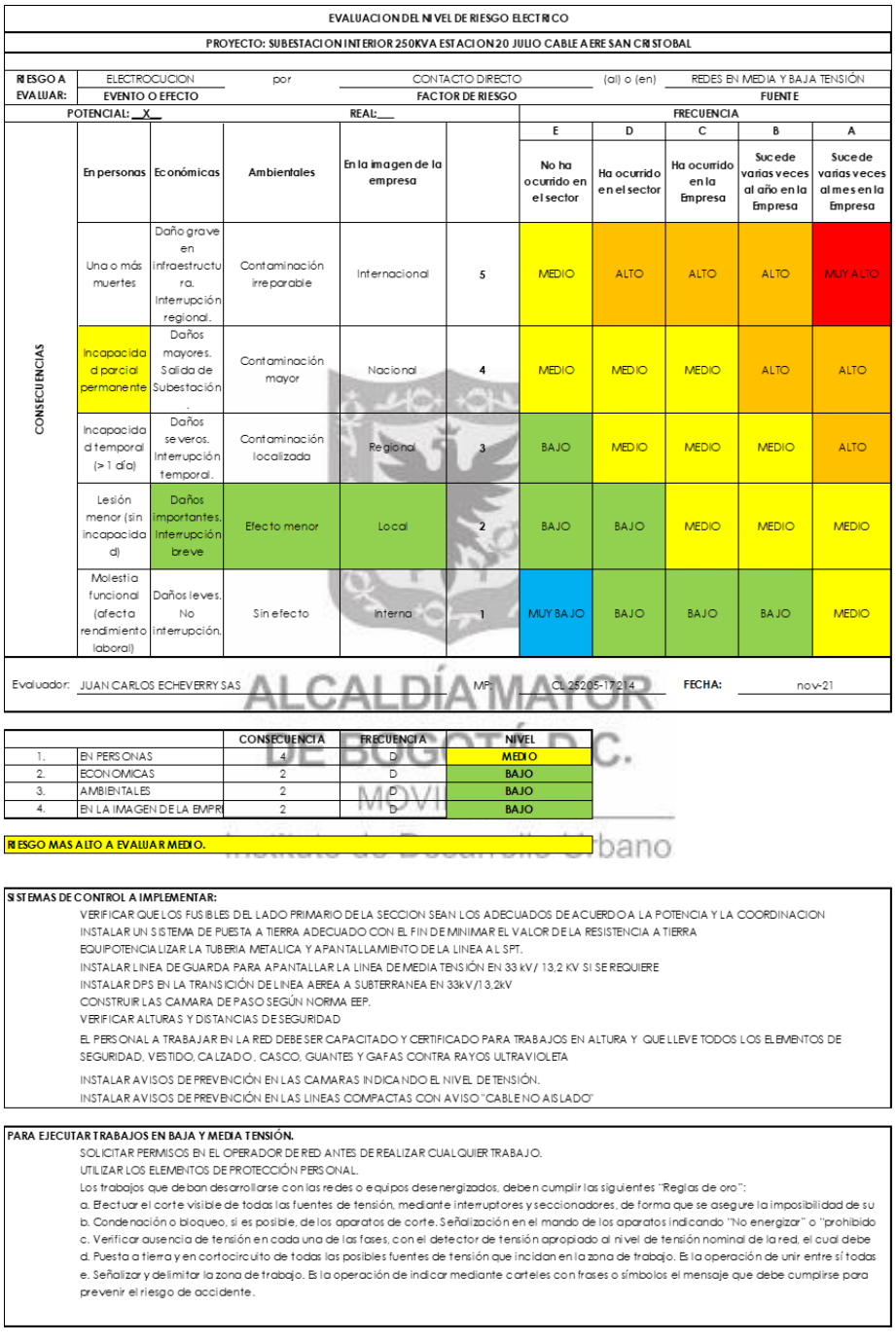
PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe
d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 17 – Evaluación nivel de riesgo RAYO

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS



EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION		por	CONTACTO DIRECTO		(al) o (en)	REDES EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN			
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE			
POTENCIAL: X			REAL:			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL 25205-172114 FECHA: nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	4	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPR	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

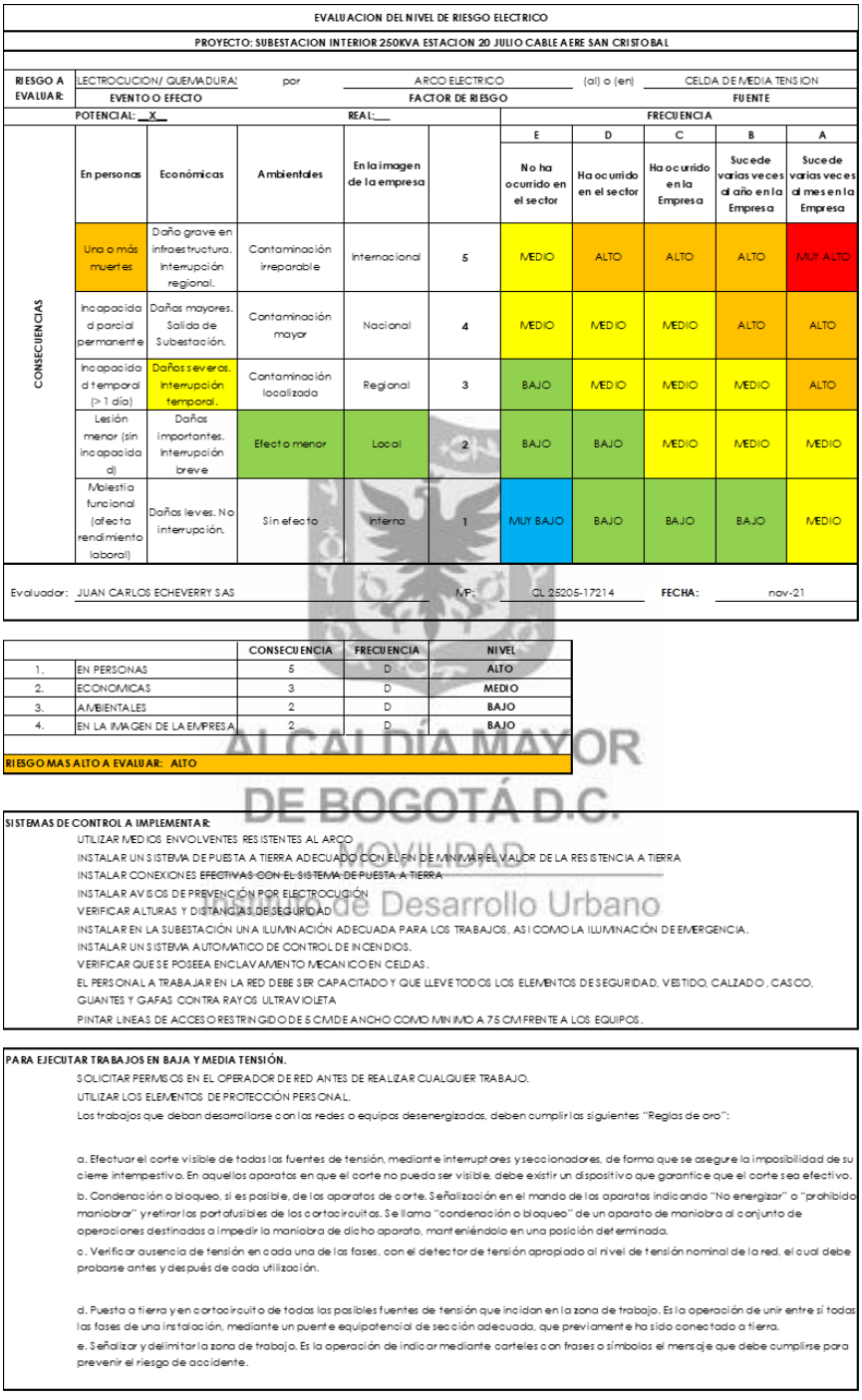
VERIFICAR QUE LOS FUSIBLES DEL LADO PRIMARIO DE LA SECCION SEAN LOS ADECUADOS DE ACUERDO A LA POTENCIA Y LA COORDINACION
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
EQUIPOTENCIALIZAR LA TUBERIA METALICA Y APANTALLAMIENTO DE LA LINEA AL SPT.
INSTALAR LINEA DE GUARDA PARA APANTALLAR LA LINEA DE MEDIA TENSIÓN EN 33 kV/ 13,2 KV SI SE REQUIERE
INSTALAR DPS EN LA TRANSICIÓN DE LINEA AEREA A SUBTERRANEA EN 33kV/13,2kV
CONSTRUIR LAS CAMARA DE PASO SEGÚN NORMA EEP.
VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTURA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN EN LAS CAMARAS INDICANDO EL NIVEL DE TENSIÓN.
INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN EN LAS LINEAS COMPACTAS CON AVISO "CABLE NO AISLADO"

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe
d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 18 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS



EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	LECTROCUCION/ QUEMADURAS	por	ARCO ELECTRICO	(all) o (en)	CELDA DE MEDIA TENSION
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL: X REAL:

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL 25205-17214 FECHA: nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	D	ALTO
2.	ECONOMICAS	3	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: ALTO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

UTILIZAR MEDIOS ENVOLVENTES RESISTENTES AL ARCO
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMIZAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
INSTALAR CONEXIONES EFECTIVAS CON EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN POR ELECTROCUCIÓN
VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD
INSTALAR EN LA SUBESTACIÓN UNA ILUMINACIÓN ADECUADA PARA LOS TRABAJOS, ASI COMO LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.
INSTALAR UN SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL DE INCENDIOS.
VERIFICAR QUE SE POSEEA ENCLAVAMIENTO MECANICO EN CELDAS.
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
PINTAR LINEAS DE ACCESO RESTRINGIDO DE 5 CM DE ANCHO COMO MINIMO A 75 CM FRENTE A LOS EQUIPOS.

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":

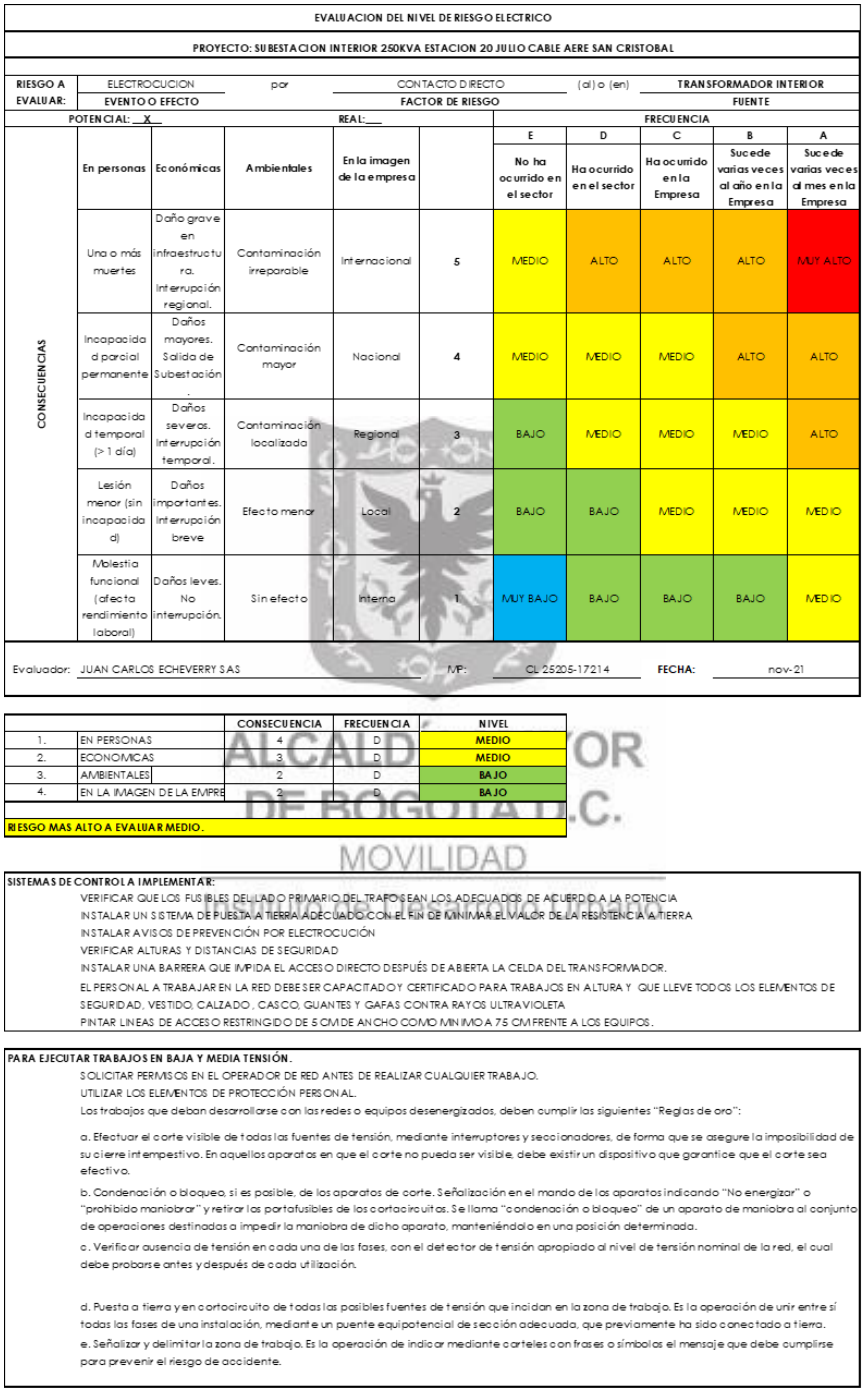
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

Figura - 19 – Evaluación nivel de riesgo Arco Eléctrico

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS



EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION	por	CONTACTO DIRECTO	(al) o (en)	TRANSFORMADOR INTERIOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL: X REAL:

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL 25205-17214 FECHA: nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	4	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	3	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRE	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LOS FUSIBLES DEL LADO PRIMARIO DEL TRAFO SEAN LOS ADECUADOS DE ACUERDO A LA POTENCIA
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN POR ELECTROCUCIÓN
VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD
INSTALAR UNA BARRERA QUE IMPIDA EL ACCESO DIRECTO DESPUÉS DE ABIERTA LA CELDA DEL TRANSFORMADOR.
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTURA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
PINTAR LINEAS DE ACCESO RESTRINGIDO DE 5 CM DE ANCHO COMO MINIMO A 75 CM FRENTE A LOS EQUIPOS.

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":

a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.

b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.

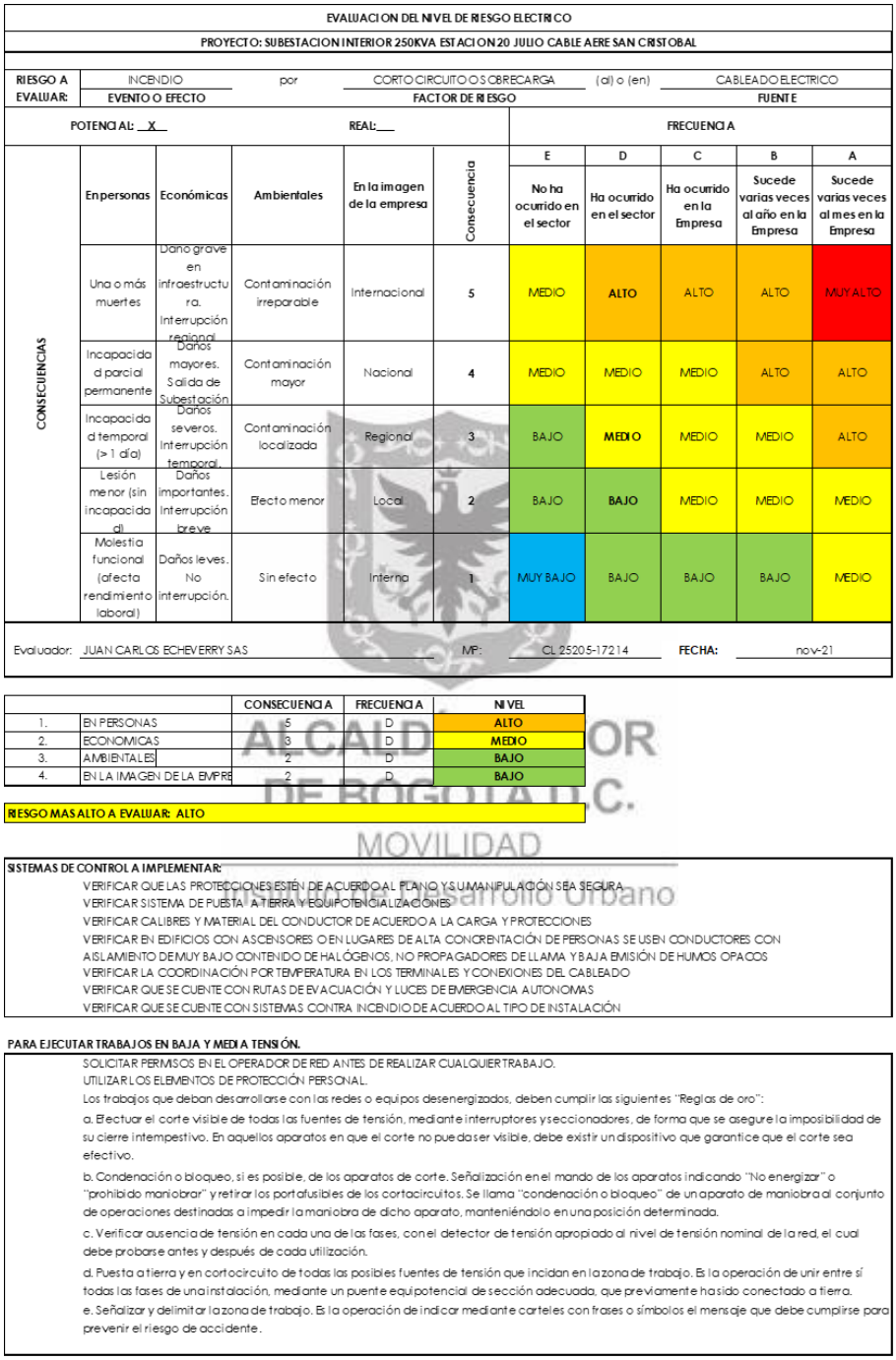
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.

e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 20 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS



EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	INCENDIO	por	CORTO CIRCUITO O SOBRECARGA	(al) o (en)	CABLEADO ELECTRICO
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL: X REAL:

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	Consecuencia	FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL 25205-17214 FECHA: nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	D	ALTO
2.	ECONOMICAS	3	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRE	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: ALTO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

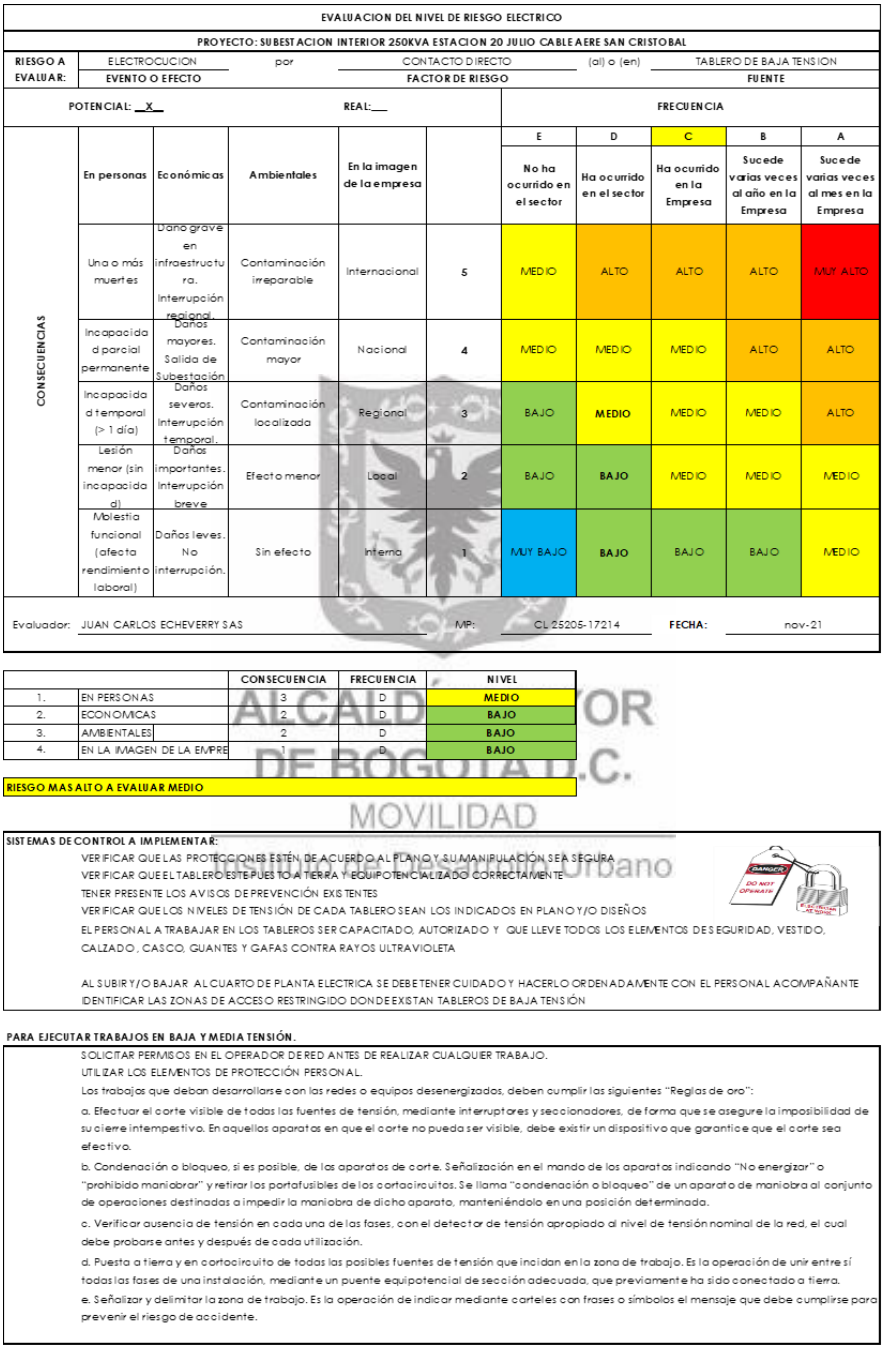
VERIFICAR QUE LAS PROTECCIONES ESTÉN DE ACUERDO AL PLANO Y SU MANIPULACIÓN SEA SEGURA.
VERIFICAR SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIZACIONES
VERIFICAR CALIBRES Y MATERIAL DEL CONDUCTOR DE ACUERDO A LA CARGA Y PROTECCIONES
VERIFICAR EN EDIFICIOS CON ASCENSORES O EN LUGARES DE ALTA CONCRENTACIÓN DE PERSONAS SE USEN CONDUCTORES CON AISLAMIENTO DE MUY BAJO CONTENIDO DE HALÓGENOS, NO PROPAGADORES DE LLAMA Y BAJA EMISIÓN DE HUMOS OPACOS
VERIFICAR LA COORDINACIÓN POR TEMPERATURA EN LOS TERMINALES Y CONEXIONES DEL CABLEADO
VERIFICAR QUE SE CUENTE CON RUTAS DE EVACUACIÓN Y LUCES DE EMERGENCIA AUTONOMAS
VERIFICAR QUE SE CUENTE CON SISTEMAS CONTRA INCENDIO DE ACUERDO AL TIPO DE INSTALACIÓN

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.
d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 21 – Evaluación nivel de riesgo cortocircuito o sobrecarga

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS



EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION	por	CONTACTO DIRECTO	(al) o (en)	TABLERO DE BAJA TENSION
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL: _X_ REAL:___

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL 25205-17214 FECHA: nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	3	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRE	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LAS PROTECCIONES ESTÉN DE ACUERDO AL PLANO Y SU MANIPULACIÓN SEA SEGURA
VERIFICAR QUE EL TABLERO ESTE PUESTO A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIZADO CORRECTAMENTE
TENER PRESENTE LOS AVISOS DE PREVENCIÓN EXISTENTES
VERIFICAR QUE LOS NIVELES DE TENSIÓN DE CADA TABLERO SEAN LOS INDICADOS EN PLANO Y/O DISEÑOS
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LOS TABLEROS SER CAPACITADO, AUTORIZADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA

AL SUBIR Y/O BAJAR AL CUARTO DE PLANTA ELECTRICA SE DEBE TENER CUIDADO Y HACERLO ORDENADAMENTE CON EL PERSONAL ACOMPAÑANTE
IDENTIFICAR LAS ZONAS DE ACCESO RESTRINGIDO DONDE EXISTAN TABLEROS DE BAJA TENSIÓN

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":

a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.

b. Condenación o bloqueo, si es posible, de las aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.

c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.

e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 22 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

PROYECTO: SUBESTACION INTERIOR 250KVA ESTACION 20 JULIO CABLE AERE SAN CRISTOBAL

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS **EVENTO O EFECTO**	por	ARCO **FACTOR DE RIESGO**	(al) o (en)	TABLERO DE BAJA TENSION **FUENTE**					
POTENCIAL: __X__		**REAL:**__			**FRECUENCIA**					
						E	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	**Económicas**	**Ambientales**	**En la imagen de la empresa**		**No ha ocurrido en el sector**	**Ha ocurrido en el sector**	**Ha ocurrido en la Empresa**	**Sucede varias veces al año en la Empresa**	**Sucede varias veces al mes en la Empresa**
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	**5**	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	**4**	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	**3**	BAJO	**MEDIO**	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	**2**	BAJO	**BAJO**	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	**1**	MUY BAJO	**BAJO**	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY SAS MP: CL25205-172114 **FECHA:** nov-21

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	3	D	**BAJO**
2.	ECONOMICAS	2	D	**BAJO**
3.	AMBIENTALES	1	D	**BAJO**
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRE	1	D	**BAJO**

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR BAJO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LAS PROTECCIONES ESTÉN DE ACUERDO AL PLANO Y SU MANIPULACIÓN SEA SEGURA
VERIFICAR QUE EL TABLERO ESTE PUESTO A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIZADO CORRECTAMENTE
TENER PRESENTE LOS AVISOS DE PREVENCIÓN EXISTENTES
VERIFICAR QUE LOS NIVELES DE TENSIÓN DE CADA TABLERO SEAN LOS INDICADOS EN PLANO Y/O DISEÑOS
VERIFICAR AUSENCIA DE TENSIÓN
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LOS TABLEROS SER CAPACITADO, AUTORIZADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, PROTECCION PERSONAL, CASCO, GAFAS CON PROTECCION RAYOS UV, GUANTES, CALZADO AISLADO.
USAR HERRAMIENTAS CON AISLAMIENTO HASTA 600V Y MANIPULARLAS ADECUADAMENTE
IDENTIFICAR LAS ZONAS DE ACCESO RESTRINGIDO DONDE EXISTAN TABLEROS DE BAJA TENSIÓN

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual
d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 23 – Evaluación nivel de riesgo arco baja tensión

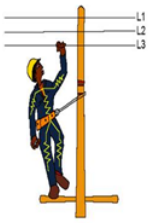
Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE			
COLOR	**NIVEL DE RIESGO**	**DECISIONES A TOMAR Y CONTROL**	**PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS**
	MUY ALTO	**Inadmisible para trabajar:** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo. (PES).
	ALTO	**Minimizarlo:** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisi de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	**Aceptarlo:** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	**Asumirlo:** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: •¿Qué puede salir mal o fallar? •¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? •¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

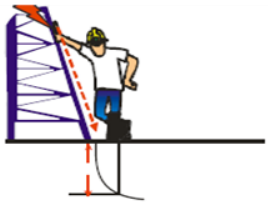
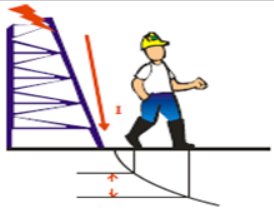
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 24 – Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Fuente – Tabla 9.4 RETIE

	ARCOS ELECTRICOS **POSIBLES CAUSAS:** Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga , apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga si utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.
	AUSENCIA DE ELECTICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS) **POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema interrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas interrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.
	**CONTACTO DIRECTO** **POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de Técnicos o impericia de no Tecnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.
	CONTACTO INDIRECTO **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.
	CORTOCIRCUITO **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
	ELECTRICIDAD ESTÁTICA **POSIBLES CAUSAS:** Union y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Sistema de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eleiminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

	EQUIPO DEFECTUOSO **POSIBLES CAUSAS:** Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Mantenimiento predictivo, y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.
	RAYOS **POSIBLES CAUSAS:** Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.
	SOBRECARGA **POSIBLES CAUSAS:** Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.
	**TENSIÓN DE CONTACTO** **POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resisitividad del piso, equipotencializar.
	**TENSIÓN DE PASO** **POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resisitividad del piso, equipotencializar.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 25 – Factores de riesgo eléctrico más comunes

Fuente – Tabla 9.5 RETIE

4.6 Análisis del nivel tensión requerido.

La tensión a utilizarse es: En media tensión 11.4 kV y en baja tensión 440/254/208/120, verificar en el ítem 4.2, coordinación de aislamiento donde se indican los niveles de tensión a usar en el proyecto de subestación tipo interior 250kVA Y 30kVA estación 20 de Julio.

4.7 Cálculo de campos electromagnéticos

No aplica para este proyecto; debido a que la red de media tensión aérea es existente y a una distancia considerable (Permanencia mayor a 8 horas); igualmente la red de media y baja tensión es subterránea con canalización independiente de acuerdo a normas.

4.8 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. NO VALIDO Instituto de Desarrollo Urbano

Se realiza el cálculo de transformador de acuerdo a las cargas a usar en el proyecto, según la tabla siguiente y a los cuadros de carga en el ítem 4.1

Transformador

Menu Principal

Proyecto: 1 TX: TR1

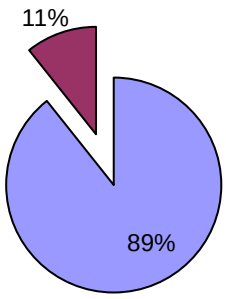
Cargas del Transformador

N°	Descripción	Carga	Unidad	FP	Ef.	VA	W	VAR
1	TIG Iluminaion gral	15940	VA	0,9		15940	14346	6948,084916
2	TTN tomas gral	26050	VA	0,9		26050	23445	11354,93175
3	TTR tomas regulados	20000	VA	0,9		20000	18000	8717,797887
4	Tomas MTTO 440V	8100	VA	0,9		8100	7290	3530,708144
5	Ascensor 1 y 2	20000	VA	0,9		20000	18000	8717,797887
6	Pilona 1	5000	VA	0,9		5000	4500	2179,449472
7	Equipos presion	40100	VA	0,9		40100	36090	17479,18476
8	Carga electromecanica	50000	VA	0,9		50000	45000	21794,49472
9	Tomas MTTO 220V	8100	VA	0,9		8100	7290	3530,708144
10	Reserva	30000	VA	0,9		30000	27000	13076,69683
						Sub Total	200961,00	97329,85
						Total		223290 VA

Voltaje del sistema 240 V

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Nota: todas las cargas se consideran trifásicas para fines del calculo, a menos que se exprese directamente en VA



Capacidad del Transformador
250 kVA

89,32%	Uso
10,68%	Reserva
26,71 kVA	Reserva

Figura - 26 – Cargas transformador 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto: TRASNFORMADOR 250kVA
Código: 1 **Fecha** **27/12/2021**
Nombre del transformador: TR1

Datos Eléctricos

Potencia:	250	kVA	
Tipo de alimentación:	Trifasico		
Impedancia base:	519,84	mΩ	
Frecuencia:	60	Hz	
Relación de Trans.:	90909090909	:1	

Clase del transformador :
Transformadores Trifásicos seco
Enfriamiento: *(IEEE C57.93)*
TIPO AA Tipo seco, con enfriamiento propio.

Primario

Tipo de conexión:	Delta	
Hilos:	3	
Voltaje de línea:	11,4	kV L-L
Voltaje de fase:	11,4	kV
Corriente de línea:	12,66	A
Corriente de Fase:	7,31	A
Conexión del neutro:	No tiene	

Secundario

Tipo de conexión:	Estrella		
Hilos:	3		
Voltaje de línea:	0,44	kV L-L	(440 V)
Voltaje(s) de fase:	0,25403412	kV	
			(0 V)
Corriente de línea:	328,04	A	
Corriente de Fase:	328,04	A	
Conexión del neutro:	solidamente a tierra		

Alimentadores

Primario

Factor mult. de corriente	125	%
Corriente de diseño:	15,83	A
Material:	ALUMINIO	
Voltaje de Operación Cable:	5001-35000	V
Tabla aplicada:	*Tabla 310.74 CEN 2004*	
Calibre	1/0	AWG / MCM
Temp. Op.	90°C	
Fact. Temp	21-25	°C
Corriente nominal cable	150	A
Conductores por fase	1	
Cap. Total por fase	150	A
% carga en el cable	10,55%	
% Reserva	89,45%	
Calibre del neutro:		AWG / MCM
Conductores por neutro:		

Datos de canalización

Protecciones

Primario

Limitaciones sobre el lugar: Supervisados
% Impedancia del TX: Mas de 6% pero menos de 10%
Tipo de protección: Fusible

	Tabla 450.3(A) CEN-2004		
Ajuste max. del dispositivo:	150	% I de diseño	
Cap. de corriente del dispositivo:	40	A	AF
Max corriente de ajuste:	23,74	A	AD

Secundario

Tipo de protección: Interruptor automático

	Tabla 450.3(A) CEN-2004		
Ajuste max. del dispositivo:	125	% I de diseño	
Cap. de corriente del dispositivo:	400	A	AF
Max corriente de ajuste:		A	AD

Sistema de puesta a tierra

Tipo de conductor: Desnudo
Cantidad de conexiones: 1 *CEN 2004 tabla 250-122*
Calibre mínimo: 2

AF: AMPERIOS FRAME
AD: AMPERIOS DE DISPARO

Otras características

- ☐ Indicador de temperatura
- ☐ Indicador de presión
- ☐ Indicador de nivel de liquido
- ☐ Indicador de sobrecarga
- Color de pintura:
- ☑ Descargador de sobre voltajes

Instalado en
- ◉ Interior
- ○ Exterior

Figura - 27 – Cálculos eléctricos transformador 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Transformador

Menu Principal

Proyecto: 1

TX: TR1

Cargas del Transformador

N°	Descripción	Carga	Unidad	FP	Ef.	VA	W	VAR
1	Policia	8000	VA	0,9		8000	7200	3487,119155
2	Cajeros Automaticos	10000	VA	0,9		10000	9000	4358,898944
3	Reserva	10000	VA	0,9		10000	9000	4358,898944
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

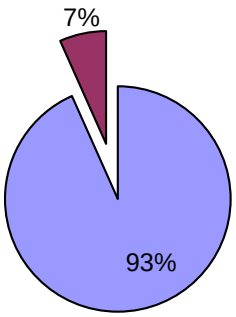
Voltaje del sistema 440 V

Sub Total 25200,00 12204,92

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Total 28000 VA

Nota: todas las cargas se consideran trifásicas para fines del calculo, a menos que se exprese directamente en VA



Capacidad del Transformador
30 kVA

93,33% Uso
6,67% Reserva
2 kVA Reserva

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 28 – Cargas transformador 30 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto: TRASNFORMADOR 30kVA
Código: 1 — **Fecha**
Nombre del transformador: TR1 — **27/12/2021**

Datos Eléctricos

Potencia:	30	kVA	Clase del transformador : Transformadores Trifásicos seco
Tipo de alimentación:	Trifasico		Enfriamiento: *(IEEE C57.93)*
Impedancia base:	4332,00	mΩ	TIPO AA Tipo seco, con enfriamiento propio.
Frecuencia:	60	Hz	
Relación de Trans.:	90909090909:1		

Primario

Tipo de conexión:	Delta		
Hilos:	3		
Voltaje de línea:	11,4	kV L-L	
Voltaje de fase:	11,4	kV	
Corriente de línea:	1,52	A	
Corriente de Fase:	0,88	A	
Conexión del neutro:	No tiene		

Secundario

Tipo de conexión:	Estrella		
Hilos:	3		
Voltaje de línea:	0,44	kV L-L	(440 V)
Voltaje(s) de fase:	0,25403412	kV	
			(0 V)
Corriente de línea:	39,36	A	
Corriente de Fase:	39,36	A	
Conexión del neutro:	solidamente a tierra		

Alimentadores

Primario

Factor mult. de corriente	125	%
Corriente de diseño:	1,90	A
Material:	ALUMINIO	
Voltaje de Operación Cable:	5001-35000 V	
Tabla aplicada:	*Tabla 310.74 CEN 2004*	
Calibre	1/0	AWG / MCM
Temp. Op.	90°C	
Fact. Temp	21-25	°C
Corriente nominal cable	150	A
Conductores por fase	1	
Cap. Total por fase	150	A
% carga en el cable	1,27%	
% Reserva	98,73%	
Calibre del neutro:		AWG / MCM
Conductores por neutro:		

Datos de canalización

Protecciones

Primario

Limitaciones sobre el lugar:	Supervisados		
% Impedancia del TX:	Mas de 6% pero menos de 10%		
Tipo de protección:	Fusible		
	Tabla 450.3(A) CEN-2004		
Ajuste max. del dispositivo:	150	% I de diseño	
Cap. de corriente del dispositivo:	40	A	AF
Max corriente de ajuste:	2,85	A	AD

Secundario

Tipo de protección:	Interruptor automático		
	Tabla 450.3(A) CEN-2004		
Ajuste max. del dispositivo:	125	% I de diseño	
Cap. de corriente del dispositivo:	400	A	AF
Max corriente de ajuste:		A	AD

Sistema de puesta a tierra

Tipo de conductor:	Desnudo	
Cantidad de conexiones:	1	*CEN 2004 tabla 250-122*
Calibre mínimo:	2	

AF: AMPERIOS FRAME
AD: AMPERIOS DE DISPARO

Otras características

- ☐ Indicador de temperatura
- ☐ Indicador de presión
- ☐ Indicador de nivel de liquido
- ☐ Indicador de sobrecarga
- Color de pintura:
- ☑ Descargador de sobre voltajes

Instalado en
- ◉ Interior
- ○ Exterior

Figura - 29 – Cálculos eléctricos transformador 30 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.9 Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Para este diseño se tiene en cuenta un conjunto de normas y reglamentos que requieren ser cumplidas por diferentes entidades tanto nacionales como internacionales para el tipo de obras eléctricas. Más específicamente se nombran a continuación:

- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 primera actualización de 1998.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, vigente. 2013 (Articulo 10)
- IEEE 80 – 2000 Guide for Safety in AC Substation Grounding
- Criterios de diseño del Ingeniero a cargo del proyecto eléctrico.

FUNCIONES DE UNA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Entre las más importantes se tienen:

2.1 Evitan sobretensiones producidos por descargas atmosféricas, operación o maniobras de disyuntores.

2.2 Proporcionar una vía rápida de descarga de baja impedancia con el fin de mejorar y asegurar el funcionamiento de protecciones.

2.3 Proporcionar seguridad al personal de la subestación.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

REQUISITOS QUE SE CUMPLIRAN EN EL DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA

Los requisitos que debe cumplir una malla de puesta a tierra son los siguientes:

a. Debe tener una resistencia tal, que el sistema se considere sólidamente puesto a tierra.

b. La variación de la resistencia, debido a cambios ambientales, debe ser despreciable de manera que la corriente de falla a tierra, en cualquier momento, sea capaz de producir el disparo de las protecciones.

c. Impedancia de onda de valor bajo para fácil paso de las descargas atmosféricas.

d. Debe conducir las corrientes de falla sin provocar gradientes de potencial peligrosos entre sus puntos vecinos.

e. Al pasar la corriente de falla durante el tiempo máximo establecido de falla, (es decir disparo de respaldo), no debe haber calentamientos excesivos.

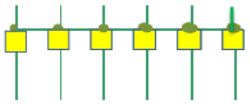
f. Debe ser resistente a la corrosión.

CALCULO DE MALLA (GRID) PARA PUESTA A TIERRA

IDENTIFICACIÓN PROYECTO: ESTACION 20 DE JULIO

INFORMACION BASICA Y VALORES PROPUESTOS

	Unidad de medida	Símbolo		Valor
Resistividad del terreno	Ω.m	ρ	=	250
Corriente de falla	kA	I_f	=	3,5
Tiempo de despeje de falla	ms	t_{df}	=	150
Número de varillas		nv	=	13
Calibre del conductor	AWG	Nº	=	2/0
Diámetro del conductor de Malla de PT	mm	d	=	10,630
Largo de la Malla	m	A	=	15
Ancho de la Malla	m	B	=	6
Espaciamiento entre conductores	m	D	=	3
Número de conductores de longitud A		m	=	6
Número de conductores de longitud B		n	=	3
Longitud total del conductor de la Malla	m	Lc	=	108
Profundidad de la Malla	m	h	=	0,7



CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Conductores Longitudinales

Rádio del conductor de la Malla (m)	mm	r	=	5,315
Factor de espaciamiento longitudinal		F	=	2,01
Espaciamiento longitudinal equivalente entre conductores	m	E	=	6,03

R_{PT} = 6,06 Ω

Resistencia de un conductor longitudinal	Ω	R_{1cA}	=	25,98
Resistencia de interferencia para un conductor longitudinal	Ω	R_{iA}	=	3,95
Resistencia total de un conductor longitudinal	Ω	R_{tcA}	=	45,72
Resistencia de m conductores longitudinales	Ω	R_{mcA}	=	7,62

Conductores Transversales

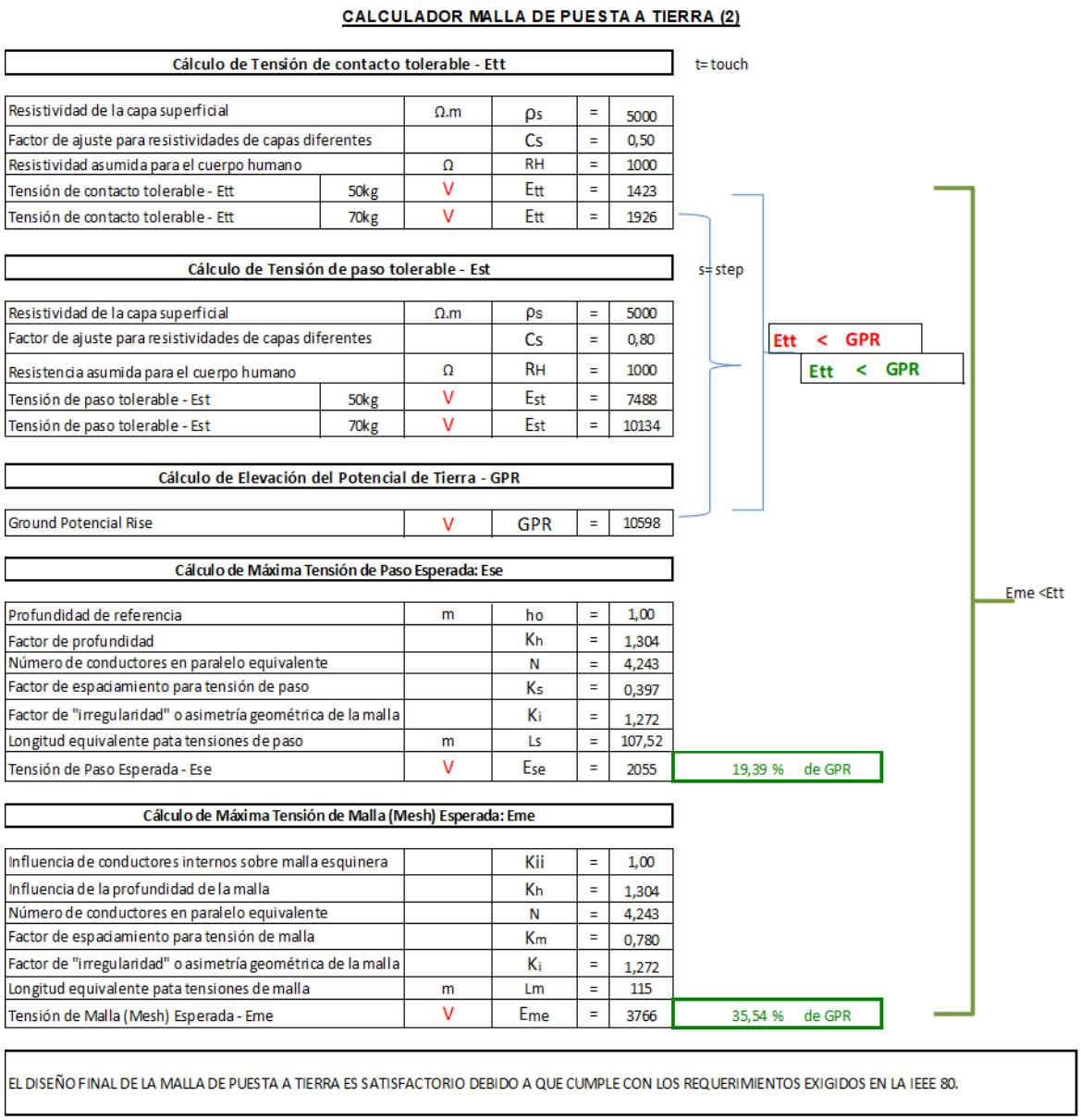
Factor de espaciamiento transversal		F	=	1,26
Espaciamiento transversal equivalente entre conductores	m	E	=	3,78

Resistencia de un conductor transversal	Ω	R_{1cB}	=	53,65
Resistencia de interferencia para un conductor transversal	Ω	R_{iB}	=	7,55
Resistencia de interferencias mutuas longitudinales y transversales	Ω	R_{iAB}	=	34,84
Resistencia total de un conductor transversal	Ω	R_{tcB}	=	88,49
Resistencia de n conductores transversales	Ω	R_{ncB}	=	29,497

OPERATIVIDAD DE LA MALLA

Corriente a "Evacuar" o a Disipar por la Malla

Factor de división de corriente - Fracción de corriente de falla que debe disipar la Malla.		Sf	=	0,50
Factor de proyección - Futuras ampliaciones		Cp	=	1,00
Factor de decremento o corrección por If simétrica		Df	=	1,00
Corriente a disipar por la malla - Grid	kA	I_G	=	1,75



CALCULADOR MALLA DE PUESTA A TIERRA (2)

Cálculo de Tensión de contacto tolerable - Ett — t= touch

Resistividad de la capa superficial		Ω.m	ρs	=	5000
Factor de ajuste para resistividades de capas diferentes			Cs	=	0,50
Resistividad asumida para el cuerpo humano		Ω	RH	=	1000
Tensión de contacto tolerable - Ett	50kg	V	Ett	=	1423
Tensión de contacto tolerable - Ett	70kg	V	Ett	=	1926

Cálculo de Tensión de paso tolerable - Est — s= step

Resistividad de la capa superficial		Ω.m	ρs	=	5000
Factor de ajuste para resistividades de capas diferentes			Cs	=	0,80
Resistencia asumida para el cuerpo humano		Ω	RH	=	1000
Tensión de paso tolerable - Est	50kg	V	Est	=	7488
Tensión de paso tolerable - Est	70kg	V	Est	=	10134

Ett < GPR

Ett < GPR

Cálculo de Elevación del Potencial de Tierra - GPR

Ground Potencial Rise	V	GPR	=	10598

Cálculo de Máxima Tensión de Paso Esperada: Ese

Profundidad de referencia		m	ho	=	1,00
Factor de profundidad			Kh	=	1,304
Número de conductores en paralelo equivalente			N	=	4,243
Factor de espaciamiento para tensión de paso			Ks	=	0,397
Factor de "irregularidad" o asimetría geométrica de la malla			Ki	=	1,272
Longitud equivalente pata tensiones de paso		m	Ls	=	107,52
Tensión de Paso Esperada - Ese		V	Ese	=	2055

19,39 % de GPR

Cálculo de Máxima Tensión de Malla (Mesh) Esperada: Eme

Influencia de conductores internos sobre malla esquinera			Kii	=	1,00
Influencia de la profundidad de la malla			Kh	=	1,304
Número de conductores en paralelo equivalente			N	=	4,243
Factor de espaciamiento para tensión de malla			Km	=	0,780
Factor de "irregularidad" o asimetría geométrica de la malla			Ki	=	1,272
Longitud equivalente pata tensiones de malla		m	Lm	=	115
Tensión de Malla (Mesh) Esperada - Eme		V	Eme	=	3766

35,54 % de GPR

Eme <Ett

EL DISEÑO FINAL DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA ES SATISFACTORIO DEBIDO A QUE CUMPLE CON LOS REQUERIMIENTOS EXIGIDOS EN LA IEEE 80.

Figura - 30 – Calculo malla para puesta a tierra

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.10 Cálculo económico de conductores

Se realiza el cálculo económico con el software de procobre donde se tienen en cuenta los costos de energía, tiempo de uso anual del alimentador, calibres y corrientes con una proyección de 20 años, para determinar el dimensionamiento adecuado de los conductores.

Datos Generales sobre la instalación

Fecha : 30-11-2021

Proyecto : SUBESTACION 20 JULIO

Descripción : Subestaciòn 20 Julio

Precio de energía activa : Col$ 600

Aumento anual de costo de energía, sin incluir efectos de inflación : 3 %

Precio de la variación anual de la demanda : Col$ 0 / W·ano

Tasa de capitalización : 19 %

Vida económica de la instalación : 20 Años

Emisiones de CO2 en el momento de la generación por unidad de energía eléctrica : 0,149 kg-CO2/kWh

Emisiones de CO2 en el momento de la producción del cobre por kilo de cobre : 4,09 kg-CO2/kg-Cu

Circuitos

Descripción : Tablero General Distribucion - Banco Condensadores

Tensión nominal : 440 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 4/0 AWG/kCmil

Longitud : 10 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 197 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 20

Número de dias por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 440V- Transformador 112.5kVA
Tensión nominal : 440 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2/0 AWG/kCmil
Longitud : 15 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 148 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 440V - Equipos hidraulicos
Tensión nominal : 440 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 4 AWG/kCmil
Longitud : 25 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 53 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 440V - Equipo electromecanico
Tensión nominal : 440 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2 AWG/kCmil
Longitud : 40 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 66 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero General 440V - Tomacorrientes mantenimiento 440V
Tensión nominal : 440 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 30 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 11 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 90 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 4
Número de dias por año de operación de circuito : 200
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : trasnformador 112.5kVA - Tablero general 208V
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2/0 AWG/kCmil
Longitud : 10 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 157 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - TIG Tablero iluminacion
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 6 AWG/kCmil
Longitud : 15 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 45 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - Ttg tablero tomacorrientes generales
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2 AWG/kCmil
Longitud : 15 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 73 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - TTR Tomacorrientes Regulados
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 4 AWG/kCmil
Longitud : 15 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 56 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - Tomacorrientes mantenimiento 208V
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 30 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 23 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 4
Número de dias por año de operación de circuito : 200
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - Ascensor 1
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 50 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 8
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - Ascensor 2
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 60 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 8
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general 208V - Pilona 1
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 80 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 24 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Transformador 30kVA - Tablero general medidores 30kVA
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2 AWG/kCmil
Longitud : 15 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 84 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general medidores 30kVA - Policia
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 40 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 23 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Descripción : Tablero general medidores 30kVA - Cajeros automaticos
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 40 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente média : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de dias por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col$ 1.370,39 / m·mm2

Cálculo

	Sección Técnica (STEC)				Sección Económica y Ambiental (SEAC)							
Circuito	Sección nominal (AWG/ kCmil)	CI ($)	CJ ($)	CT ($)	Sección nominal (AWG/ kCmil)	CI ($)	CJ ($)	CT ($)	Ahorro de inversión ($)	Tiempo de retorno de inversión (años)	Ahorro de energía (kWh)	Ganancia ambiental (reducción de CO2) (kg -CO2)
Tablero General Distribución - Banco Condensadores	4/0	2.829.000	6.423.082	9.252.082	4/0	2.829.000	6.423.082	9.252.082	0	0	0	0
Tablero general 440V- Transformador 112.5kVA	2/0	2.848.500	8.645.377	11.493.877	2/0	2.848.500	8.645.377	11.493.877	0	0	0	0
Tablero general 440V - Equipos hidraulicos	4	1.792.800	4.713.659	6.506.459	1/0	4.106.250	1.863.089	5.969.339	537.120	16	4.751	2.002
Tablero general 440V - Equipo electromecanico	2	5.984.320	12.258.760	18.243.080	3/0	11.712.000	4.848.431	16.560.431	1.682.649	15	12.351	5.086
Tablero General 440V - Tomacorrientes mantenimiento 440V	8	1.176.960	117.014	1.293.974	8	1.176.960	117.014	1.293.974	0	0	0	0
trasnformador 112.5kVA - Tablero general 208V	2/0	2.532.000	8.647.833	11.179.833	2/0	2.532.000	8.647.833	11.179.833	0	0	0	0
Tablero general 208V - TIG Tablero iluminacion	6	852.360	4.322.950	5.175.310	2	2.244.120	1.709.641	3.953.761	1.221.549	11	4.356	1.897
Tablero general 208V - Tig tablero tomacorrientes generales	2	2.244.120	4.499.100	6.743.220	3/0	4.392.000	1.779.428	6.171.428	571.792	16	4.533	1.863
Tablero general 208V - TTR Tomacorrientes Regulados	4	1.434.240	5.262.383	6.696.623	2/0	3.798.000	1.650.347	5.448.347	1.248.276	13	6.020	2.575
Tablero general 208V - Tomacorrientes mantenimiento 208V	8	1.176.960	491.637	1.668.597	8	1.176.960	491.637	1.668.597	0	0	0	-37
Tablero general 208V - Ascensor 1	8	1.471.200	3.324.355	4.795.555	6	2.130.900	2.092.094	4.222.994	572.561	11	2.054	855

Figura - 31 – Cálculo económico de conductores

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS - software de procobre

4.11 Verificación de los conductores

Ver Anexo Coordinación de protecciones e igualmente en los cuadros de cargas.

4.12 Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

No aplica a este proyecto, puesto que las redes de media tensión (11.400V) son existentes y las proyectadas serán subterráneas.

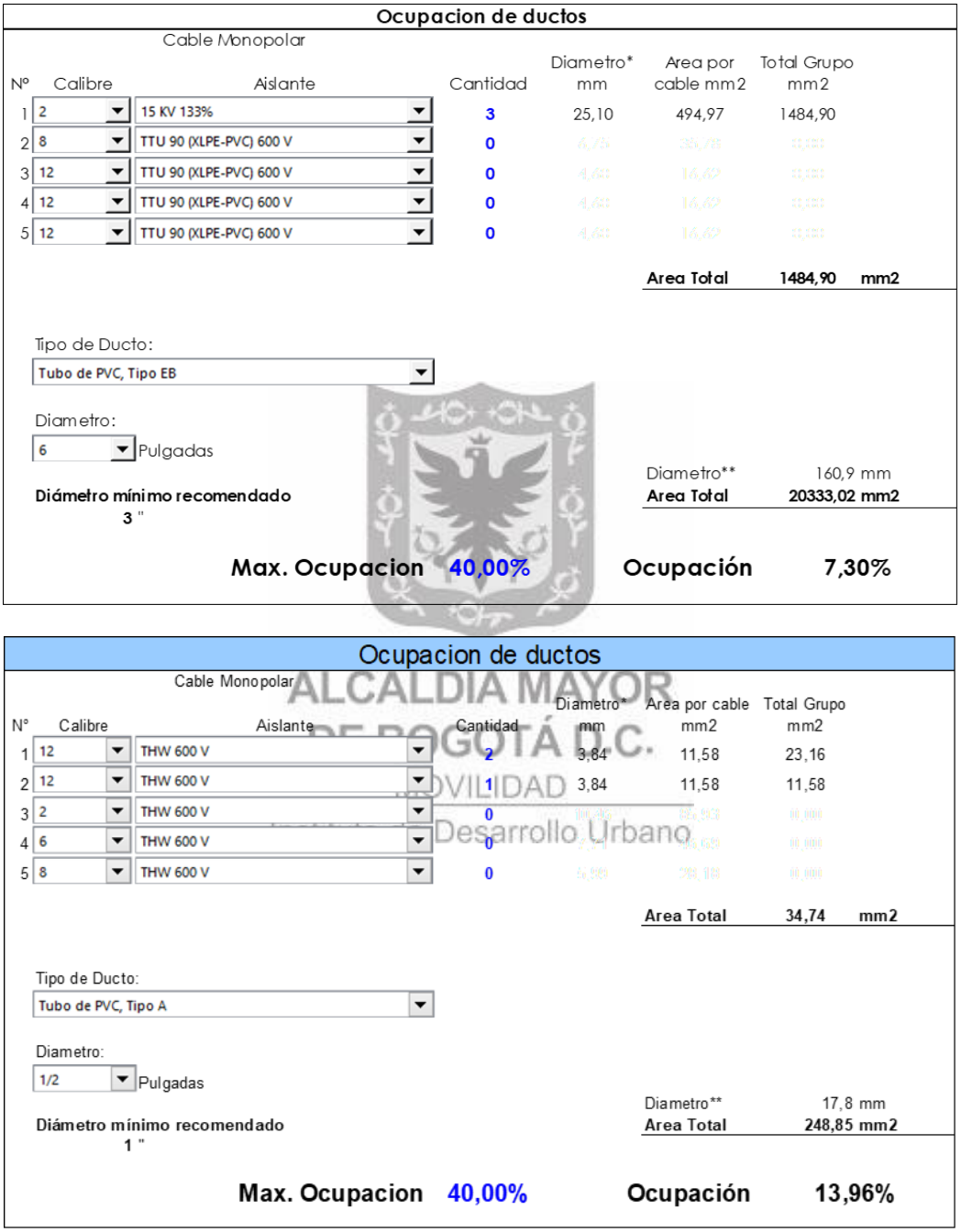
4.13 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.

Se está a la espera de la factibilidad otorgada por el operador de red ENEL-CODENSA para realizar la coordinación de protecciones completa.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

4.14 Cálculos de canalizaciones

Los ductos están calculados de acuerdo al apéndice C, tabla 11 NTC 2050. Para la ocupación máxima permitida.



Ocupacion de ductos

Cable Monopolar

Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	2	15 KV 133%	3	25,10	494,97	1484,90
2	8	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			

Area Total 1484,90 mm2

Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo EB

Diametro: 6 Pulgadas

Diámetro mínimo recomendado 3 "

Diametro** 160,9 mm

Area Total 20333,02 mm2

Max. Ocupacion 40,00% Ocupación 7,30%

Ocupacion de ductos

Cable Monopolar

Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	12	THW 600 V	2	3,84	11,58	23,16
2	12	THW 600 V	1	3,84	11,58	11,58
3	2	THW 600 V	0			
4	6	THW 600 V	0			
5	8	THW 600 V	0			

Area Total 34,74 mm2

Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo A

Diametro: 1/2 Pulgadas

Diámetro mínimo recomendado 1 "

Diametro** 17,8 mm

Area Total 248,85 mm2

Max. Ocupacion 40,00% Ocupación 13,96%

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Desarrollo Urbano

Figura - 32 – Cálculo ocupación de ductos

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.15 Cálculos de pérdidas de energía

Se realiza en calculo de perdidas por efecto joule en cada uno de los conductores que componen el proyecto.

Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule											
Diseñó:		JUAN CARLOS ECHEVERRY									
Nombre del Proyecto:		SUBESTACION 20 JULIO TRANSFORMADOR 250kVA			Potencia de la carga:			250	kVA	27/12/2021	
Nombre del cicuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores por fase	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)
Desde	Hasta	kVA	Ampers								
Transformador 250kVA	Tablero general 440V	250,0	328	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA				
Tablero general 440V	Banco condensadores kVAR	150,0	197	3Ø	3	Cobre/IMC	4/0	1	0,219	10	254,59
Tablero general	Trasnformador 112,5 kVA	112,5	148	3Ø	3	Cobre/IMC	2/0	1	0,328	10	214,48
Trasnformador 112,5 kVA	Tablero general 220V	112,5	313	3Ø	3	Cobre/IMC	350	1	0,141	12	495,70
Tablero general 220V	TIG Tablero iluminacion general	15,9	44	3Ø	3	Cobre/IMC	6	1	1,61	15	142,04
Tablero general 220V	TTG Tablero Tomacorrientes generales	26,1	72	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	15	154,59
Tablero general 220V	TTR Tablero Tomacorrientes regulados	20,0	56	3Ø	3	Cobre/IMC	4	1	1,02	15	141,67
Tablero general 220V	Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 220 V 2 por piso	8,1	23	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	30	116,64
Tablero general 220V	Ascensor 1	10,0	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	50	296,30
Tablero general 220V	Ascensor 2	10,0	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	40	237,04
Tablero general 220V	Acometida pilona 1	5,0	14	2Ø	2	Cobre/IMC	8	1	2,56	50	49,38
Tablero general	Equipos hidraulicos	40,1	53	3Ø	3	Cobre/IMC	4	1	1,02	25	211,83
Tablero general	Carga Electromecanica	50,0	66	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	40	338,93
Tablero general	Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 440v 2 por piso	8,1	11	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	30	26,03
Tablero general	RESERVA	30,0									
										TOTAL:	2679,23
										PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:	1,1%

Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule											
Diseñó:		JUAN CARLOS ECHEVERRY									
Nombre del Proyecto:		SUBESTACION 20 JULIO TRANSFORMADOR 30kVA			Potencia de la carga:			30	kVA	27/12/2021	
Nombre del cicuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores por fase	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)
Desde	Hasta	kVA	Ampers								
Transformador 30kVA	Tablero general medidores 30kVA	30,0	83	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	15	205,00
T. general medidores 30kVA	Policia	8,0	22	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	40	151,70
T. general medidores 30kVA	Cajeros Automaticos	10,0	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	40	237,04
										TOTAL:	593,74
										PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:	2,0%

Figura - 33 – Cálculo perdidas de energía

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.16 Cálculos de regulación.

Se realiza el cálculo de acuerdo a lo establecido en la sección 215-2.b de la norma NTC2050 la cual establece la caída de tensión para alimentadores y circuitos ramales – Máximo 5%.

CALCULO REGULACION ACOMETIDAS BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR 250kVA 11,400/440/254V

ALIMENTADOR		CARGA	TENSION	DISTANCIA		MOMENTO	REGULACIÓN %		CABLE COBRE			CORRIENTE	PROTECCIÓN
Desde	Hasta	kVA		Tipo	Metros	kVA-M	PARCIAL	ACUMULADA	Fase	Neutro	Tierra	Amperios	Amperios
Transformador	Tablero general 440V	250,0	440V	3 Ø	15	3750,00	0,13		ELECTRODUCTO			328,08	3 X (160-400) A
Tablero general 440V	Banco condensadores kVAR	150,0	440V	3 Ø	10	1500,00	0,21	0,34	4/0		4	196,85	3 X (200) A
Tablero general	Trasnformador 112,5 kVA	112,5	440,0	3 Ø	10	1125,00	0,19	0,32	2/0		4	147,64	3 X (140-200) A
Trasnformador 112,5 kVA	Tablero general 220V	112,5	220 V	4 Ø	12	1350,00	0,45	0,77	350	350	4	312,50	3 X (300-500) A
Tablero general 220V	TIG Tablero iluminacion general	15,9	220 V	3 Ø	15	239,10	0,17	0,49	6	6	8	44,28	3 X (35-50) A
Tablero general 220V	TTG Tablero Tomacorrientes generales	26,1	220 V	3 Ø	15	390,78	0,51	0,83	2	2	8	72,37	3 X (56-80) A
Tablero general 220V	TTR Tablero Tomacorrientes regulados	20,0	220 V	3 Ø	15	300,00	0,60	0,92	4	4	8	55,56	3 X (56-80) A
Tablero general 220V	Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 220 V 2 por piso	8,1	220 V	3 Ø	30	243,00	1,20	1,51	8	8	10	22,50	3 X 40 A
Tablero general 220V	Ascensor 1	10,0	220 V	3 Ø	50	500,00	2,46	2,78	8		10	27,78	3 X (28-40) A
Tablero general 220V	Ascensor 2	10,0	220 V	3 Ø	40	400,00	1,97	2,29	8	8	10	27,78	3 X (28-40) A
Tablero general 220V	Acometida pilona 1	5,0	220 V	2 Ø	50	250,00	2,46	2,78	8	8	10	24,04	2 X (40) A
Tablero general	Equipos hidraulicos	40,1	440 V	3 Ø	25	1002,44	0,39	0,52	4	4	8	52,62	3 X (56-80) A
Tablero general	Carga Electromecanica	50,0	440 V	3 Ø	40	2000,00	0,50	0,63	2	2	8	65,62	3 X (56-80) A
Tablero general	Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 440v 2 por piso	8,1	440 V	3 Ø	30	243,00	0,23	0,36	8	8	10	10,63	3 X (28-40) A
Tablero general	RESERVA	30,0	440 V	3 Ø		0,00	0,00						

CALCULO REGULACION ACOMETIDAS BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR 30kVA 11,400/208/120V

ALIMENTADOR		CARGA	TENSION	DISTANCIA		MOMENTO	REGULACIÓN %		CABLE COBRE			CORRIENTE	PROTECCIÓN
Desde	Hasta	kVA		Tipo	Metros	kVA-M	PARCIAL	ACUMULADA	Fase	Neutro	Tierra	Amperios	Amperios
Transformador 30kVA	Tablero general medidores 30kVA	30,0	220V	3 Ø	15	450,00	0,42		8	8	10	83,33	3 X (80-100) A
T. general medidores 30kVA	Policia	8,0	220V	3 Ø	40	320,00	1,57	1,99	8	8	10	22,22	3 X 40 A
T. general medidores 30kVA	Cajeros Automaticos	10,0	220V	3 Ø	40	400,00	1,97	2,39	8	8	10	27,78	3 X 40 A

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 34 – Cálculo de regulación

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.17 Clasificación de áreas

No aplica en este proyecto

4.18 Elaboración de diagramas unifilares.

Se adjunta planos con el diagrama unifilar en AutoCAD.

4.19 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

Se adjuntan planos en AutoCAD con los detalles de cada uno de los sistemas asociados a redes secas como lo son: sistema de detección de humos, cableado estructurado, sistema de tomacorrientes generales y regulados, sistema de iluminación general y de emergencia.

4.20 Especificaciones de construcción complementarias a los planos

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Medida indirecta en tres elementos

Selección de transformadores de corriente

Para la selección de los transformadores de corriente se determinaron las corrientes primarias y secundarias necesarias para las cargas de diseño.

Los transformadores de corriente diseñados tienen una relación de transformación 15/5 11.4 kV Cl 0,5s interior.

Tabla 5. Relación de transformación de t.c. para mediciones indirectas

Circuitos a 11,4 kV		Circuitos a 13,2 kV		Circuitos a 34,5 kV	
Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c
79 a 118	5/5	91 a 137	5/5	239 a 358	5/5
158 a 237	10/5	183 a 274	10/5	478 a 717	10/5
238 a 355	15/5	275 a 411	15/5	718 a 1 075	15/5
356 a 473	20/5	412 a 503	20/5	1 076 a 1 314	20/5
474 a592	25/5	504 a 617	25/5	1 315 a 1 613	25/5
593 a 710	30/5	618 a 823	30/5	1 614 a 2 151	30/5
711 a 947	40/5	824 a 1 029	40/5	2 152 a 2 689	40/5
948 a 1 184	50/5	1 030 a 1 234	50/5	2 690 a 3 226	50/5
1 185 a 1 421	60/5	1 235 a 1 554	60/5	3 227 a 4 063	60/5
1 422 a 1 829	75/5	1 555 a 1 829	75/5	4 064 a 4 780	75/5
1 830 a 2 369	100/5	1 830 a 2 743	100/5	4 781 a 7 170	100/5
2 370 a 3 554	150/5	2 744 a 4 115	150/5	7 171 a 10 756	150/5
3 555 a 4 739	200/5	4 116 a 5 144	200/5	10 757 a 13 445	200/5

NOTA Para las Tablas 4 y Tabla 5, los rangos de capacidad instalada han sido definidos considerando un Factor de Cargabilidad del t.c. del 120 %. Para el caso de rangos de carga no contemplados en la Tabla 4 (por ejemplo 119 kVA a 157 kVA para circuitos a 11,4 kV puede especificarse un t.c. con Factor de cargabilidad del 150 % o del 200 % según sea el valor de la carga, o utilizarse un t.c. de relación 7,5/5 A.

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 35 – Relación de transformación de TC para medida indirecta

Fuente – NTC 5019

Tipos de puntos de medición

De acuerdo a la Resolución CREG 038 de 2014, Artículo 6, los puntos de medición se clasifican acorde con el consumo o transferencia de energía por la frontera, o, por la capacidad instalada en el punto de conexión, según la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de puntos de medición

Tipo de puntos de medición	Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes]	Capacidad Instalada, CI, [MVA]
1	C ≥ 15.000	CI ≥ 30
2	15.000 > C ≥ 500	30 > CI ≥ 1
3	500 > C ≥ 50	1 > CI ≥ 0,1
4	50 > C ≥ 5	0,1 > CI ≥ 0,01
5	C < 5	CI < 0,01

Figura - 36 – Clasificación de puntos de medición

Fuente – CREG 038

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Exactitud de los elementos del sistema de medición

De acuerdo a la Resolución CREG 038 de 2014, Artículo 9, los medidores, transformadores de medida y cables de conexión, deben cumplir con los índices de clase, clase de exactitud y error porcentual total máximo que se establece en este artículo.

Tipo de puntos medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0.2 S	2	0.2 S	0.2
2 y 3	0.5 S	2	0.5 S	0.5
4	1	2	0.5	0.5
5	1 ó 2	2 ó 3	--	--

Figura - 37 – Tipo y clase de exactitud transformadores de corriente

Fuente – CREG 038

Selección de transformadores de potencial

Los transformadores de potencial diseñados son 11.400 V / 120 V cl 0,5s tipo interior.

Medidores de energía

Se instalará un medidor electrónico de 3 elementos s/modem c/tarjeta cl 0,5s (principal), para las mediciones de energía activa y reactiva dado que cuenta con las fronteras de los puntos de medición tipo 2.

Selección de DPS

La presente especificación tiene por objeto establecer las condiciones que deben satisfacer los descargadores de sobretensión de óxido metálico (DPS) para redes de 11,4, 13,2 y 34,5 kV.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Se seleccionó DPS 15 kV a 10kA.

De acuerdo al material del cuerpo o envoltura, los descargadores deben ser del siguiente tipo:

Descargadores de Oxido de Zn. con envoltura polimérica de In = 10 kA. Temperatura máxima: 45 ºC
Temperatura mínima: - 5 ºC
Humedad relativa ambiente: hasta 100 %.

Parámetros de Entrada	
Numero de elementos del sistema de medida.	3
Factor de potencia del calculo.	0,9
Cantidad cargas conectadas (Sin Compensación)	1
Material de los conductores.	Cobre Semiduro
Temperatura de operación °C.	25
Burden de PTs [VA]	25
Tension secundaria nominal linea linea del transformador de potencial.	120
Clase de exactitud del transformador.	0,5
Burden mínimo al cual fue calibrado	0%
Nodo A (Carga de compensacion)	
Tiene carga compensacion	NO
Valor de Carga Compensación (Ohmios)	
Longitud cable de A a carga de compensacion (m)	
Calibre cable (AWG)	
Nodo B (Carga uno)	
Longitud del cable de A a B (m)	3
Calibre cable (AWG)	12
Longitud del cable de B a carga uno (m)	1
Calibre cable (AWG)	12
Carga en el nodo B (uno)	ELSTER A 1800

RESULTADOS			
Descripción	**Modulo**	**Ángulo**	**Comentario**
Resistencia Equivalente @25°C (Ohm)	4363,655982	25,84	
Corriente de carga (mA)	15,88	(25,84)	
Potencia de la Carga (VA)	**1,10**	**(25,84)**	
Resistencia a Compensar máx (Ohm)	-		
Resistencia a Compensar min (Ohm)	-		
Burden para compensar al 0% - 0 VA			Cumple
Burden para compensar al 100% - 25 VA			

REGULACIÓN DE LOS ELEMENTOS			
Tensión_elemento_1	69,28	0,00012	
%REG_elemento_1	0,00045%		

OBSERVACIONES
* No se requiere realizar compensación de Burden
* No se presentan problemas por regulación
* Se encuentra calibrado como Rango I

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 38 – Calculo del burden transformadores de potencial

Fuente – ENEL-CODENSA

Parámetros de Entrada	
Descripción	**Valor**
Número de TCs	3
Temperatura de Operación (°C)	25
Cantidad de cargas conectadas (sin compensación)	1
Material de los conductores	Cobre Semiduro
Burden de TC s (VA)	2,5
Clase de exactitud del TC	0.5S
Corriente secundaria nominal del TC	5
Burden mínimo al cual fue calibrado	0%
Carga de compensación (CC)	
Tiene Carga de Compensación	NO
Valor Carga de Compensación (Ohmios)	
Longitud del cable de Bornes a Carga de compensación (m)	
Calibre Cable (AWG)	
Equipo 1	
Longitud del cable de CC a carga equipo 1 - (m)	3
Calibre Cable (AWG)	12
Número de hilos en el tramo	1
Carga equipo 1 - (VA)	ELSTER A 1800
Equipo 2	
Longitud del cable de Equipo 1 a Equipo 2 (m)	0,6
Calibre cable (AWG)	12
Número de hilos en el tramo	1
Carga Equipo 2 - (VA)	ELSTER A 1800
Equipo 3	
Longitud del cable de Equipo 2 a Equipo 3 (m)	0,2
Calibre cable (AWG)	12
Número de hilos en el tramo	1
Carga Equipo 3 - (VA)	ELSTER A 1800
Equipo 4	
Longitud del cable de Equipo 3 a Equipo 4 (m)	0,2
Calibre cable (AWG)	12
Número de hilos en el tramo	1
Carga Equipo 4 - (VA)	ELSTER A 1800
Equipo 5	
Longitud del cable de Equipo 4 a Equipo 5 (m)	0,2
Calibre cable (AWG)	12
Número de hilos en el tramo	1

Resultados		
Descripción	**Módulo**	**Comentario**
Resistencia Equivalente (Ohm)	0,017	
Potencia total consumida por los equipos - [VA]	0,010	
Potencia total consumida por los cables - [VA]	0,409	
Potencia en Bornes al 100% de Corriente Nominal (5 A) - [VA]	**0,419**	
Potencia en Bornes al 20% de Corriente Nominal (1 A) - [VA]	0,026	
Resistencia a Compensar máx (Ohm)	-	
Resistencia a Compensar min (Ohm)	-	
Burden a compensar al 25% - 0,625 VA		Cumple
Burden a compensar al 100% - 2,5 VA		
OBSERVACIONES		
* Los cálculos de resistencia a compensar se toman con corrientes al		
100 % de la corriente nominal		
0		
0,00 y 0,00 Ohmios		

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 39 – Calculo del burden transformadores de corriente

Fuente – ENEL-CODENSA

Marcación, señalización y disposiciones sobre seguridad

Para evitar cualquier accidente de origen eléctrico, se instalará en la entrada al local de la subestación un aviso con la siguiente leyenda: “Prohibido el acceso de Personal NO calificado, ni autorizado”.
Además, tendrá una placa de advertencia sobre peligro por riesgo eléctrico.

La subestación en el lado de baja tensión estará equipada junto la puerta de acceso con un extintor de Dióxido de carbono (CO2) o de polvo químico seco, y tendrá como mínimo una capacidad de 15 lb.

La subestación tipo interior garantizara la ventilación, preferiblemente con aire del exterior. En caso de no ser posible se utilizarán ductos adecuados para soportar las condiciones exigidas.

4.21 Establecer las distancias de seguridad requeridas.

Se verifican y se enuncias las distancias de seguridad requeridas para el proyecto el cual tiene niveles de tensión en media tensión de 11.400V subterráneo y niveles de tensión en baja tensión de 440/254/208/120V.

Distancias mínimas para prevención de riesgos por arco eléctrico

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Dado que el arco eléctrico es un hecho frecuente en trabajos eléctricos, que genera radiación térmica hasta de 20000 °C, que presenta un aumento súbito de presión hasta de 30 t/m2, con niveles de ruido por encima de 120 dB y que expide vapores metálicos tóxicos por desintegración de productos, se establecen los siguientes requisitos frente a este riesgo:

Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos de la Tabla 20 y la Figura 9, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 E. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y en general a todo el personal y son básicos para la seguridad eléctrica.

Para personas no calificadas, el límite de aproximación seguro. Para trabajos en tensión, cumplir el límite de aproximación técnica.

Instalar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo que presenta un determinado equipo.

Utilizar los elementos de protección personal acordes con el nivel de riesgo y el nivel de entrenamiento para realizar un trabajo que implique contacto directo.

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
51 V – 300 V	3,00	1,10	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,00	1,10	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,00	1,50	0,66	0,18
15,1 kV – 36 kV	3,00	1,80	0,78	0,25
36,1 kV – 46 kV	3,00	2,44	0,84	0,43
46,1 kV - 72,5 kV	3,00	2,44	0,96	0,63
72,6 kV – 121 kV	3,25	2,44	1,00	0,81
138 kV - 145 kV	3,35	3,00	1,09	0,94
161 kV - 169 kV	3,56	3,56	1,22	1,07
230 kV - 242 kV	3,96	3,96	1,60	1,45
345 kV - 362 kV	4,70	4,70	2,60	2,44
500 kV – 550 kV	5,80	5,80	3,43	3,28

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 40 – Límites de aproximación a partes energizadas de equipos

Fuente – Tabla 20 RETIE

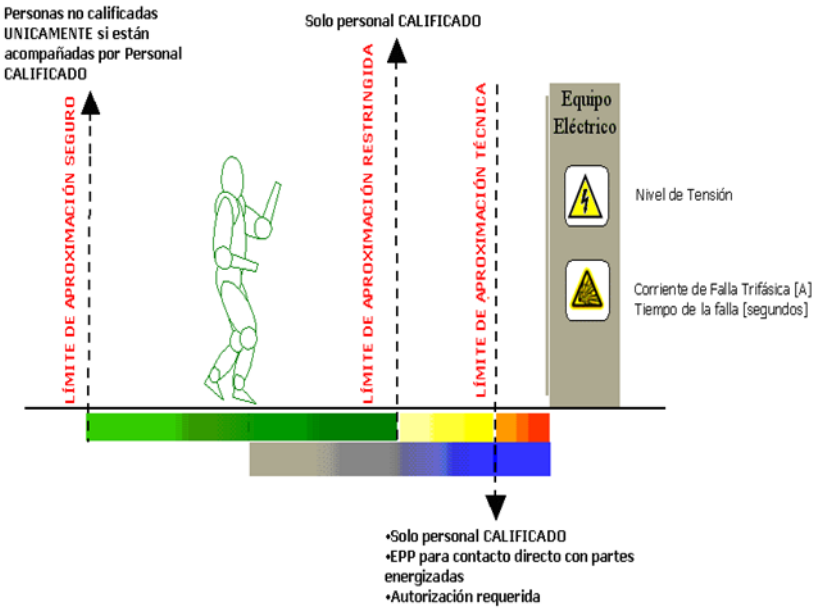


Figura - 41 – Límites de aproximación

Fuente – RETIE

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Para trabajar en zonas con riesgo de arco eléctrico, es decir, en actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mediciones de tensión y corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores, apertura de condensadores y macromediciones; deben cumplirse los siguientes requisitos adaptados de la norma NFPA 70E, previo análisis del riesgo para cada situación particular:

a) Realizar un análisis de riesgos donde se tenga en cuenta la tensión, la potencia de cortocircuito y el tiempo de despeje de la falla.
b) Realizar una correcta señalización del área de trabajo y de las zonas aledañas a ésta.
c) Tener un entrenamiento apropiado para trabajar en tensión.
d) Tener un plano actualizado y aprobado por un profesional competente.
e) Tener una orden de trabajo firmada por la persona que lo autoriza.

f) Usar el equipo de protección personal certificado contra el riesgo por arco eléctrico para trabajar en tensión. Este equipo debe estar certificado para los niveles de tensión y energía incidente involucrados. Para prendas en algodón, este debe ser tratado y tener mínimo 300 g/m 2

El límite de aproximación restringida debe ser señalizado ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido.

4.22 Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido

No hubo desviaciones de la norma técnica NTC 2050.

4.23 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera

No requieren estudios adicionales para las instalaciones de la estación 20 de julio.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realizo el diseño eléctrico de la estación 20 de julio siguiendo el artículo 10.1 diseño detallado del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE en su última versión.
- Se realizaron los cálculos de regulación y perdidas de energía asociados a cada uno de los transformadores de la subestación interior 20 de julio siguiendo los lineamientos del RETIE, NTC 2050 y norma ENEL-CODENSA.
- En la estación 20 de julio se diseñaron instalaciones que cumplen con el objetivo de protección de la vida y salud humana, protección de la vida animal y vegetal y preservación del medio ambiente.

- Se deben seguir todos los lineamientos y especificaciones contempladas en la presente memoria de cálculo y en la normatividad vigente RETIE, NTC 2050 y norma específica ENEL -CODENSA con el fin de realizar buenas practicas en el proceso constructivo garantizando la prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano