

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**ANÁLISIS DE ESTUDIO DE ARCO ELÉCTRICO MEDIANTE  
UNA APLICACIÓN WEB BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE  
1584-2018**

PRESENTADO POR:

**DANNY ALEXANDER ESCOBAR MENA  
JAIRO ALEJANDRO HERNÁNDEZ NIETO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2020

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

DIRECTOR:

**ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título:

**ANÁLISIS DE ESTUDIO DE ARCO ELÉCTRICO MEDIANTE  
UNA APLICACIÓN WEB BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE  
1584-2018**

Presentado por:

**DANNY ALEXANDER ESCOBAR MENA  
JAIRO ALEJANDRO HERNÁNDEZ NIETO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**ING. NUMA JIMENEZ CORTEZ**

SAN SALVADOR, FEBRERO 2020

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**ING. NUMA JIMENEZ CORTEZ**



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres David y Adilia y padrinos Juanita y Ernesto quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

A mis hermanos Ixquic y Lennin por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A los ingenieros Pablo, Miguel, Amaya, Bautista y Sorto colegas que mostraron apoyo y conocimientos en todo momento.

Al honorable Ing. Numa Jiménez, con su apoyo y críticas constructivas en todo momento nos ayudó a refinar y mejorar los conocimientos que se adquirieron en la universidad.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, vecinos, conocidos y futuros colegas por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.

**Jairo Hernández**

## **AGRADECIMIENTOS**

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que muchas personas se preocupaban por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en mi vida.

A mi familia, Adela Mena Rivas, Danilo Stanley Escobar Novoa, Sara Teresa Novoa Pérez y Karla Vanessa Escobar Mena, por el amor, apoyo y motivación que me han brindado, en honor a ustedes es este logro. Han sido los pilares que me mantuvieron firme para culminar esta etapa y lo seguirán siendo para las próximas.

A mis mejores amigos, Josué Tobar y Diego Ulloa, quienes siempre han estado en las buenas y las malas; Miguel Carranza, Jairo Sorto, Eduardo Bautista, Rodrigo Amaya y Evelyn Romero, quienes fueron sin duda alguna parte importante en mis estudios y vida; Suany de Rodríguez y Daniel Rodríguez, sin su apoyo y consejos esto no sería posible.

Gracias a mi universidad, gracias por haberme permitido formarme y en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta. Finalmente, a mi maestro y asesor, Ingeniero Numa Jiménez, por la ayuda que nos ha proporcionado a lo largo de este trabajo de graduación.

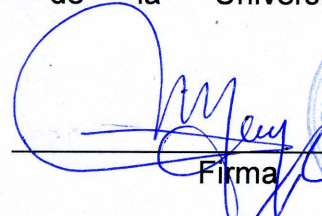
**Danny Escobar**

## NOTA Y DEFENSA FINAL


En esta fecha, lunes 10 de febrero 2020, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 5:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón  
Director

2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia  
Secretario



Firma



Handwritten signature of José Wilber Calderón Urrutia


Firma

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

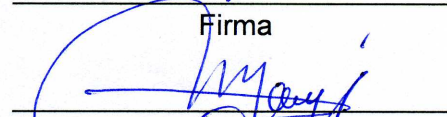
- ING. NUMA POMPILIO JIMENEZ CORTEZ  
(Docente Asesor)

- ING. ARMANDO MARTINEZ CALDERÓN


- MSC. LUIS ROBERTO CHEVEZ PAZ



Firma



Firma



Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

ANÁLISIS DE ESTUDIO DE ARCO ELÉCTRICO MEDIANTE UNA APLICACIÓN WEB  
BASADO EN EL ESTÁNDAR IEEE 1584-2018

A cargo de los Bachilleres:

- ESCOBAR MENA DANNY ALEXANDER

- HERNÁNDEZ NIETO JAIRO ALEJANDRO

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 9.1

( *nueve puntos uno* )

## INDICE

DESCRIPCION DEL TEMA .....	1
OBJETIVOS .....	1
ALCANCES .....	2
ANTECEDENTES .....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
JUSTIFICACION .....	3
ABREVIATURAS.....	4
CAPITULO 1: MARCO TEORICO.....	5
1.1 Accidente .....	5
1.1.1 Accidentes laborales .....	5
1.1.2 Accidentes eléctricos .....	5
1.2. Diagrama unifilar.....	6
1.2.1 Requisitos generales.....	6
1.3 Estudio de cortocircuito .....	6
1.3.1 Fuentes de cortocircuito.....	7
1.3.2 Reactancias de máquinas rotatorias .....	8
1.3.3 Corriente simétrica y asimétrica por forma de onda sinusoidal.....	9
1.3.4 Tipos de fallas .....	9
1.4. Arco eléctrico.....	11
1.4.1 Definición .....	11
1.4.2 Normas y códigos .....	11
1.4.2.1 NFPA 70E.....	11
1.4.2.2 National Electrical Code (NEC) .....	11
1.4.2.3 IEEE Std 1584.....	12
1.4.3 Riesgo de arco eléctrico.....	12
1.4.3.1 Equipos eléctricos .....	13
1.4.3.2 Protecciones eléctricas .....	15
1.4.3.2.1 Equipo de protección básica .....	15
1.4.3.2.2 Equipo de protección especial .....	17

1.4.3.3 Equipo de protección personal.....	17
1.4.4 Señalización.....	19
1.4.5 Prevención de arco eléctrico.....	20
1.4.5.1 Entrenamiento.....	20
1.4.5.2 Jerarquía de controles.....	21
1.4.5.3 Procedimientos.....	22
1.4.6 Mitigación.....	23
1.4.7 Proceso de cálculo IEEE Std 1584-2018.....	24
<b>CAPITULO 2: MANUAL DE USUARIO.....</b>	<b>27</b>
2.1 Función de la aplicación web.....	27
2.2 Descripción de funciones.....	27
2.2.1 Partes de la aplicación web.....	27
2.2.2 Diagramación unifilar de sistemas eléctricos.....	28
2.2.2.1 Inserción de elementos en el canvas.....	29
2.2.2.2 Moverse en el canvas.....	30
2.2.2.3 Borrar elementos en el canvas.....	31
2.2.2.4 Propiedades generales de dibujo en el canva de los elementos.....	31
2.2.2.5 Área de selección de los elementos en el canva.....	32
2.2.2.6 Inserción de líneas en el canva.....	33
2.2.3 Parametrización de elementos de diagramas unificables.....	33
2.2.3.1 Redes.....	33
2.2.3.2 Transformador.....	33
2.2.3.3 Bus.....	34
2.2.3.4 Motor/ Generador.....	34
2.2.3.5 Línea.....	35
2.2.4 Corriente de cortocircuito.....	35
2.2.4.1 Consideraciones.....	36

2.2.4.2 Limitaciones.....	36
2.2.4.3 Ventajas.....	37
2.3 Cálculo de arc flash.....	37
2.3.1. Arc flash 2002.....	37
2.3.1.1 Elementos.....	38
2.3.1.2 Procedimiento de calculo.....	40
2.3.1.3 Descargar viñeta.....	41
2.3.2 Arc flash 2018.....	41
2.3.2.1 Elementos.....	42
2.3.2.2 Procedimiento de calculo.....	43
2.3.2.3 Descargar viñeta.....	44
2.4 Descargar el documento.....	44
2.5 Cargar el documento.....	44
2.6 Descargar consolidado de excel.....	45
2.7 Descargar imagen del diagrama unifilar.....	45
<b>CAPITULO 3: UTILIZACION DE APLICACIÓN WEB EN CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>46</b>
3.1 Caso de estudio: planta de generación renovable .....	46
3.1.1 Información.....	46
3.1.2 Estudio de cortocircuito .....	48
3.1.3 Estudio de arco eléctrico.....	49
3.1.3.1 Resultados software comercial IEEE Std 1584-2002.....	49
3.1.3.2 Resultados aplicación web IEEE Std 1584-2002.....	49
3.1.3.3 Resultados aplicación web vs programa comercial IEEE Std 1584-2002.....	51
3.1.3.4 Resultados aplicación web IEEE Std 1584-2018.....	52
3.2 Caso de estudio: editorial universitaria.....	53
3.2.1 Información.....	53
3.2.2 Estudio de cortocircuito .....	56
3.2.3 Estudio de arco eléctrico.....	56

3.2.3.1 Resultados aplicación web vs página web IEEE Std 1584-2002.....	56
3.2.3.2 Resultados aplicación web IEEE Std 1584-2018.....	57
CAPITULO 4: IEEE STD 1584 2002 VS 2018 .....	59
4.1 IEEE 1584-2002 VS 2018: cambios significativos .....	59
4.1.1 Principales problemas-versión 2002.....	59
4.1.2 Principales cambios-versión 2018 .....	60
4.1.2.1 Diferentes combinaciones de electrodos de barra de bus .....	61
4.1.2.2 Rango de niveles de tensión y distancia entre conductores .....	64
4.1.2.3 Información de dimensiones de la caja.....	64
4.1.2.4 Factor de corrección para variación de corriente de arco y energía incidente.....	64
4.1.2.5 Pruebas de arco eléctrico .....	64
4.2 Comparación resultados IEEE Std 1584-2002 vs 2018.....	65
4.2.1 Planta Generadora.....	65
4.2.2 Editorial Universitaria.....	66
CONCLUSIONES .....	67
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFIA .....	69
ANEXOS .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Señal de corriente simétrica y asimétrica de cortocircuito, fuente: INACAP, Cálculo de Corrientes de Cortocircuito en Baja Tensión.....	9
Figura 2. Tipos de fallas de cortocircuito. (A) Falla Trifásica, (B) Falla Bifásica, (C) Falla Bifásica a Tierra, (D) Falla Monofásica. Fuente: figura 2-10 IEEE Std 551-2006. ....	10
Figura 3. Accidente de arco eléctrico, fuente: safetyandhealthmagazine.com .....	12
Figura 4. Tablero de distribución, fuente: eaton.com .....	13
Figura 5. Switchboard, Fuente: cubic.eu. ....	13
Figura 6. Medium voltage switchgear, fuente: mttiran.com.....	14
Figura 7. Centro de control de motores, fuente: schneider-electric.us .....	14

Figura 8. Cables eléctricos, fuente: eprmagazine.com) .....	15
Figura 9. Fusible de cartucho, imagen: directindustry.es .....	16
Figura 10. Interruptor automático de caja moldeada, fuente:schneider-electric.us .....	16
Figura 11. Relé de protección de generadores, fuente: selinc.com.....	17
Figura 12. Jerarquía de control. Fuente: 3m.com.mx .....	21
Figura 13. Explicación de las partes de la aplicación web. ....	28
Figura 14. Página principal de la aplicación.....	28
Figura 15. Aplicación web en el menú de opciones de diagrama.....	29
Figura 16. Ejemplo de inserción de elemento al canvas, presionando clic izquierdo sobre el botón transformador en el menú “Opciones de Diagrama”. .....	30
Figura 17. Ejemplo de inserción de elemento al canvas, presionando clic izquierdo sobre el botón transformador en el menú "Opciones de Diagrama". .....	30
Figura 18. Ventana de la opción cálculos de Cortocircuito.....	36
Figura 19. Ventana de Cálculo de Arco Eléctrico 2002. ....	38
Figura 20. Opción de cantidad de compartimientos por equipo Eléctrico.....	39
Figura 21. Opciones duplicadas para los compartimientos de equipos eléctricos.....	39
Figura 22. Ventana de arco eléctrico 2018. ....	42
Figura 23. Diagrama Conceptual PGR. ....	47
Figura 24. Dirección de plasma de arco con respecto a los electrodos y el trabajador. ....	60
Figura 25. Configuración VCB (Electrodos Verticales en Caja Metálica).....	61
Figura 26. Configuración VCBB (Electrodos Verticales con aislamiento en Caja Metálica).....	62
Figura 27. Configuración HCB (Electrodos Horizontales en Caja Metálica). ....	62
Figura 28. Configuración HOA (Electrodos Horizontales al Aire Libre). ....	63
Figura 29. Configuración VOA (Electrodos Verticales al Aire Libre).....	63

#### LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categoría de Equipo de Protección Personal (EPP) .....	18
Tabla 2. Área reconocida por la aplicación web como terminal de un equipo eléctrico. ....	32
Tabla 3. Motores del Sistema – Planta de Generación Renovable. ....	47
Tabla 4. Resumen Estudio de Cortocircuito Planta Generación Renovable.....	48
Tabla 5. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR - Software Comercial Windmil – IEEE Std 1584-2002. ....	49



Tabla 6. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico PGR IEEE Std 1584-2002 - Aplicación Web.....	50
Tabla 7. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2002.	51
Tabla 8. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico PGR IEEE Std 1584-2018 - Aplicación Web.....	52
Tabla 9. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2018.	53
Tabla 10. Motores del Sistema – Editorial Universitaria.....	54
Tabla 11. Resumen Estudio de Cortocircuito Editorial Universitaria. ....	56
Tabla 12. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico Editorial- IEEE Std 1584-2002 .....	56
Tabla 13. Resultados Estudio de Arco Eléctrico Editorial – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2002.....	57
Tabla 14. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico Editorial- IEEE Std 1584-2018 .....	57
Tabla 15. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2018. ....	57
Tabla 16. Comparación Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR IEEE Std 1584 2002 vs 2018. ....	65
Tabla 17. Comparación Resultados Estudio de Arco Eléctrico Editorial IEEE Std 1584 2002 vs 2018.....	66

## DESCRIPCION DEL TEMA

El siguiente trabajo de graduación tiene como finalidad analizar la metodología, resultados y terminología de un estudio de arco eléctrico, requerido por el NEC 2008 en español Art. 110.16 (homologado por SIGET), mediante la implementación de una aplicación web de simulación que facilite y permita obtener resultados de energía incidente en lugares de trabajo.

A partir de dichos resultados, se generan viñetas de señalización del riesgo de arco eléctrico y EPP (Equipo de Protección Personal) requerido para trabajar u operar equipos eléctricos. La aplicación web tendrá los recursos académicos necesarios que permitan a los estudiantes de ingeniería eléctrica familiarizarse con el proceso de análisis, requisitos para el estudio, limitantes e interpretación de resultados.

Para ello, se da seguimiento a estándares, códigos, normas y guías de estudio que garanticen resultados confiables en la ejecución del análisis en redes eléctricas; principalmente el trabajo se basará en el estándar IEEE 1584-2018: Guía para Realizar Cálculos de Riesgo de Arco Eléctrico. Esta versión está basada en su antecesora del año 2002, pero presenta un método de cálculo más complejo y respaldado por una mayor cantidad de pruebas de campo.

## OBJETIVOS

Objetivo General:

- Simular estudios de arco eléctrico implementando una aplicación web como herramienta académica para estudiantes de ingeniería eléctrica basado en el estándar IEEE-1584.

Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de arco eléctrico para dos casos de aplicación real: Editorial Universitaria de El Salvador y una planta generadora de una institución externa.
- Desarrollar estudio de cortocircuito en ambos casos de aplicación, caso de la Universidad de El Salvador y caso externo.
- Comparar resultados de simulaciones bajo el estándar IEEE 1584 versión 2002 con su versión actualizada 2018.

- Simular una aplicación web como herramienta académica que realice los procedimientos de cálculo expuestos en el estándar IEEE 1584 y selección de categoría EPP.
- Generar viñetas de señalización de peligro de arco eléctrico en base a los resultados del estudio realizado por la aplicación web.

## ALCANCES

Analizar dos casos reales en estudios de arco eléctrico de instalaciones eléctricas, uno ubicado en la Ciudad Universitaria de El Salvador y una planta generadora de una institución externa, simulados de forma segmentada en la aplicación web y en un programa de simulación comercial para comparar resultados.

Modelar una aplicación web basado a los estándares IEEE-141 (Edición 1991), IEEE 1584 (Edición 2018), NFPA 70E y NEC que permita realizar estudios de arco eléctrico en redes eléctricas trifásicas radiales de hasta 15KV con dos niveles de buses en cascada como herramienta académica gratuita para estudiantes de ingeniería eléctrica.

## ANTECEDENTES

El trabajo de graduación que lleva por título: “*Propuesta de una guía para estudios de arco eléctrico en instalaciones industriales*”, llevado a cabo en el año 2016, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, es un trabajo altamente teórico. En esta investigación se profundiza la teoría y las bases necesarias para entender las causas y efectos de un arco eléctrico, así como los equipos eléctricos, consideraciones y softwares involucrados.

El trabajo de graduación llamado: “*Estudio de Arco Eléctrico en la Planta Industrial Sandwell*”, realizado en el año 2013, en el Instituto Politécnico Nacional de México. Dicho estudio tiene una base teórica puesta en práctica en una planta industrial, abarcando el estudio de Cortocircuito y Coordinación de Protecciones, pasos previos importantes para el correcto estudio de Arco Eléctrico.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un estudio de arco eléctrico es necesario en instalaciones eléctricas. El arco eléctrico es tipo de accidente eléctrico que puede conllevar a la muerte de los involucrados. La realización del estudio de arco eléctrico se puede realizar de forma manual o haciendo uso de programas basado en normativas. No obstante, el uso de dichos programas y algunas normativas implica un costo financiero que los estudiantes o profesionales deben cancelar para aprender estas prácticas de seguridad. La realización de una aplicación web de estudio de arco eléctrico permitiría el acceso gratuito a un software que ejecute estudios de arco eléctrico para poner en práctica y obtener resultados.

## JUSTIFICACION

La utilización de energía eléctrica es imprescindible en la actualidad; sin embargo, si no se cumple con normas de seguridad conlleva riesgos hacia los usuarios y a las personas que realizan trabajos en equipos eléctricos. La Asociación Internacional de Seguridad Social ISSA (International Social Security Association), presenta estadísticas de accidentes eléctricos según el tipo de impacto sobre el cuerpo en periodos de 2003 a 2007 y 2008 a 2012 siendo arco eléctrico el segundo accidente con más ocurrencia después del paso de corriente eléctrica por el cuerpo.

El peligro de un arco eléctrico en instalaciones es ineludible, y se ha hecho presente en diferentes instalaciones eléctricas en donde los niveles de voltajes, potencias, corrientes de cortocircuitos, protecciones y otras cualidades difieren. Los resultados de accidentes de arco eléctrico muestran un rango que abarca desde quemaduras de primer grado, hasta la muerte de personas involucradas.

Es de carácter vital analizar, categorizar y señalar el nivel de peligro que acarrea la operación en dichas instalaciones con el fin de la selección del nivel de protección a usar al operar en las instalaciones, a manera de evitar y reducir el peor resultado posible en accidentes relacionados a los arcos eléctricos.

## ABREVIATURAS

Config: configuración.

Ei: Energía Incidente de Arco Eléctrico.

EPP: Equipo de Protección Personal.

Ia: Corriente de Arco

Ib: Corriente trifásica de cortocircuito con impedancia cero.

LG: falla línea a tierra.

LLG: falla bifásica a tierra.

3L: falla trifásica a tierra.

MCC: Centro de Control de Motores (Motor Control Center).

PGR: Planta de Generación Renovable.

SB: Switchboard.

SG: Switchgear.

STD: estándar.

## CAPITULO 1: MARCO TEORICO

El siguiente capítulo aborda la definición de conceptos básicos relacionados al estudio de arco eléctrico para el desarrollo y prevención de dicho accidente de trabajo. Se inicia con la definición de accidente en el aspecto laboral y eléctrico. Posteriormente, se explican los diagramas eléctricos junto a sus requisitos generales. Finalmente se delimitan los datos necesarios para realizar el estudio de arco eléctrico, su procedimiento y se comentan los riesgos y su prevención.

### 1.1 Accidente

De acuerdo con la RAE (Real Academia Española), el termino accidente se define como *“suceso eventual que altera el orden regular de las cosas”*. Dicho suceso, dependiendo de la gravedad, puede incidir en la salud y/o estado de los involucrados; por esta razón, existen normativas, códigos y reglas que permiten la prevención de la mayoría de los percances.

#### 1.1.1 Accidentes laborales

Existen códigos que otorgan garantías entre empleados y empleadores para respetar sus derechos y seguridad en la realización de actividades laborales. En El Salvador, el Ministerio de Trabajo y Previsión Social define accidente laboral en el artículo 317 del *Código de Trabajo* como

*“toda lesión orgánica, perturbación funcional o muerte, que el trabajador sufra a causa, con ocasión, o por motivo del trabajo. Dicha lesión, perturbación o muerte ha de ser producida por la acción repentina y violenta de una causa exterior o del esfuerzo realizado”*.

En el mejor de los casos, aunque no se pueda evitar el evento imprevisto, se pueden reducir las lesiones en las personas. El resultado de un accidente laboral puede conllevar a:

- Lesiones ocupacionales fatales.
- Lesiones ocupacionales no fatales.

#### 1.1.2 Accidentes eléctricos

Aunque en el código de trabajo, accidente laboral solo abarca al trabajador; en estándares internacionales, como en el caso del IEEE 100 (*The Authoritative Dictionary of IEEE Standard Terms*), en relación con su traducción, además de incluir al trabajador, incluye al equipo y/o propiedad.

## 1.2. Diagrama unifilar

La representación de un sistema eléctrico legible y actualizado es indispensable para su estudio, mantenimiento, operación o trabajo. Dicho diagrama es requisito general de mantenimiento del artículo 205.2 en la NFPA 70E (*Standard for Electrical Safety in the Workplace*). En el cual, demanda al propietario o a la persona a cargo del sistema eléctrico mantener el diagrama unifilar en condiciones legibles y actualizado a cambios realizados.

El diagrama unifilar consta de líneas, símbolos estandarizados e información más importante de los equipos involucrados. Es usual que haya un conjunto de diagramas eléctricos referente a un mismo sistema eléctrico. Esto se debe a que un solo diagrama tendría demasiado información y podría volverse confuso. Por ello, dependiendo del tipo de estudio, operación o trabajo a realizar, puede haber diferentes diagramas justo con la información necesaria. Por ejemplo, para un estudio de cortocircuito será necesario presentar un diagrama con las impedancias de los equipos que aportan a la corriente de cortocircuito; no obstante, en un estudio de protecciones, dicha información no sería necesaria.

### 1.2.1 Requisitos generales

Un diagrama eléctrico preciso deberá cumplir con las características mostradas a continuación, que le permitan una fácil interpretación.

- Ser simple.
- Mantener relación geográfica relativa.
- Mantener las posiciones relativas de los equipos.
- Evitar duplicaciones.
- Mostrar todos los datos conocidos de interés.
- Mostrar expansiones a futuro.

## 1.3 Estudio de cortocircuito

Se utiliza para determinar la magnitud de las corrientes de cortocircuito. Un cortocircuito es simplemente una conexión de baja resistencia entre los dos conductores que suministran energía eléctrica a cualquier circuito. Además, introducen grandes cantidades de energía destructiva en forma de calor y fuerza magnética en un sistema de energía.

La seguridad de los sistemas de distribución de energía eléctrica depende del conocimiento de las corrientes de falla por cortocircuito, y de la capacidad de los dispositivos de protección para interrumpir satisfactoriamente dichas corrientes. Las corrientes de cortocircuito imponen el peligro general más grave para los componentes del sistema de distribución de energía y son las principales preocupaciones al desarrollar y aplicar sistemas de protección. Se requieren cálculos de cortocircuito para la aplicación y coordinación de equipos de protección y la calificación de los equipos.

Un sistema puede experimentar una falla simétrica o asimétrica. Una corriente de falla simétrica es aquella que afecta a todas las fases por igual. Si solo algunas de las fases se ven afectadas, o las fases se ven afectadas de manera desigual, entonces la corriente de falla es asimétrica. Las fallas simétricas son relativamente simples de analizar, sin embargo, representan muy pocas fallas reales. Las fallas asimétricas son más difíciles de analizar, pero son el tipo más común de falla.

### 1.3.1 Fuentes de cortocircuito

El primer paso para un estudio de cortocircuito es determinar las fuentes de corriente, y luego las impedancias en el sistema para determinar cuánta corriente puede fluir en una parte particular del sistema.

Las principales fuentes de cortocircuito son:

- Red eléctrica

Los generadores de la red eléctrica y el transformador de suministro son una fuente de corriente de cortocircuito. El circuito equivalente de la red eléctrica representa el nivel de corriente de cortocircuito y la impedancia equivalente compuesta por el generador, líneas de transmisión y transformadores.

- Generadores

Los generadores aportan a la corriente de cortocircuito porque el generador continúa produciendo voltaje ya que se mantiene el campo de excitación, debido a la inercia rotacional, y la velocidad normal. Este flujo de corriente de cortocircuito está limitado solo por la impedancia del generador y del circuito entre el generador y el punto de cortocircuito.



- Motor síncrono

Similar a los generadores, los motores síncronos son fuente de corrientes de cortocircuito. Esto ocurre cuando, al momento de una falla, el voltaje en sus terminales cae drásticamente. Aunque el motor inicia el proceso de desaceleración por falta de torque mecánico. La inercia de la carga mantiene su funcionamiento, así el motor sigue girando y termina generando corriente que está limitada por la impedancia del motor y el circuito entre el motor y el punto de cortocircuito.

- Motor de inducción

A diferencia del motor síncrono, en el motor de inducción existe un flujo inducido por la corriente del estator que atraviesa el rotor para el funcionamiento normal del motor. Dicho flujo no puede cambiar de forma repentina. Por esto, en una falla se produce un voltaje en los terminales del motor que causa un flujo de corriente de falla hasta que el flujo del rotor es cero. Al no haber flujo sostenido, la corriente de falla decae aproximadamente en cuatro ciclos. Esta corriente aportada al cortocircuito afecta trabajos momentáneos como el de interruptores automáticos y fusibles eléctricos. La corriente de falla está limitada por el circuito entre el motor con el punto de cortocircuito y la impedancia del motor.

### 1.3.2 Reactancias de máquinas rotatorias

Las máquinas rotatorias presentan un valor de reactancia debido a los efectos electromagnéticos en el estator que cambia con respecto al tiempo que lleva el cortocircuito. Estándares industriales clasifican esta reactancia variable en tres tipos:

- Reactancia Subtransitoria ( $X_d''$ ): abarca la reactancia instantánea del primer ciclo después de la falla. Comprende aproximadamente hasta el 0.1 segundo de falla (0-10 ciclos).
- Reactancia Transitoria ( $X_d'$ ): valor de reactancia después del periodo subtransitorio. Abarca hasta dos segundos después de la falla (50-100 ciclos).
- Reactancia Síncrona ( $X_d$ ): establece la reactancia en condición de estado estable de falla segundos después de haber ocurrido (más de 100 ciclos).

En el caso de los motores de inducción, poseen únicamente reactancia subtransitoria. Los motores síncronos y generadores poseen las tres reactancias variables.

### 1.3.3 Corriente simétrica y asimétrica por forma de onda sinusoidal

La corriente de cortocircuito está compuesta por dos componentes, una componente DC y una componente AC. Una falla simétrica ocurre cuando la corriente de cortocircuito no tiene componente de DC; la falla asimétrica ocurre cuando la corriente tiene ambas componentes, DC y AC.

La componente de DC decae con respecto al tiempo de forma exponencial y es proporcional a la relación de reactancia con resistencia ( $X/R$ ). Por lo tanto, la corriente asimétrica se convierte en corriente simétrica con el pasar del tiempo. La siguiente figura representa el comportamiento de la falla simétrica y asimétrica con respecto al tiempo.

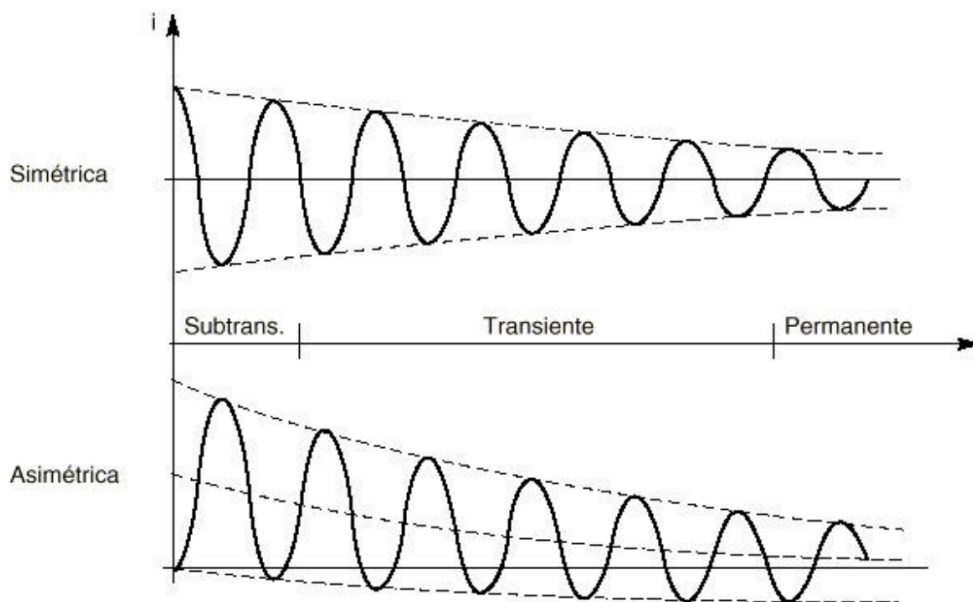


Figura 1. Señal de corriente simétrica y asimétrica de cortocircuito, fuente: INACAP, Cálculo de Corrientes de Cortocircuito en Baja Tensión.

### 1.3.4 Tipos de fallas

Dependiendo de la combinación de conductores conectados al ocurrir una falla, se determina su clasificación. A la vez, las fallas se pueden catalogar como atornillada (bolted), condición de cero impedancias donde los conductores están físicamente unidos, y fallas a través de impedancias, como es el arco de fallas de arco. Para el estudio de cortocircuito, el enfoque estudia la falla atornillada de fase con impedancia cero. En base a la combinación de conductores las fallas pueden ser:

- Trifásica: aparece cuando las tres fases de un sistema se conectan en un mismo punto. Es la falla más severa; por lo tanto, la corriente de falla trifásica es el objetivo principal del estudio y la utilizada para la selección de equipos de protección.
- Bifásica: ocurre al unir dos fases del sistema en un solo punto. El resultado es una corriente de falla asimétrica; aunque ocurre más que la falla trifásica, representa el 87% del valor de corriente de falla trifásica.
- Bifásica a tierra: se genera cuando dos fases del sistema se conectan a tierra, posiblemente como resultado de la evolución de una falla monofásica.
- Monofásica: sucede al conectar cualquiera de las fases a tierra. Es la falla más frecuente en sistemas eléctricos.

Las fallas anteriores se ilustran en la siguiente imagen para mejor entendimiento.

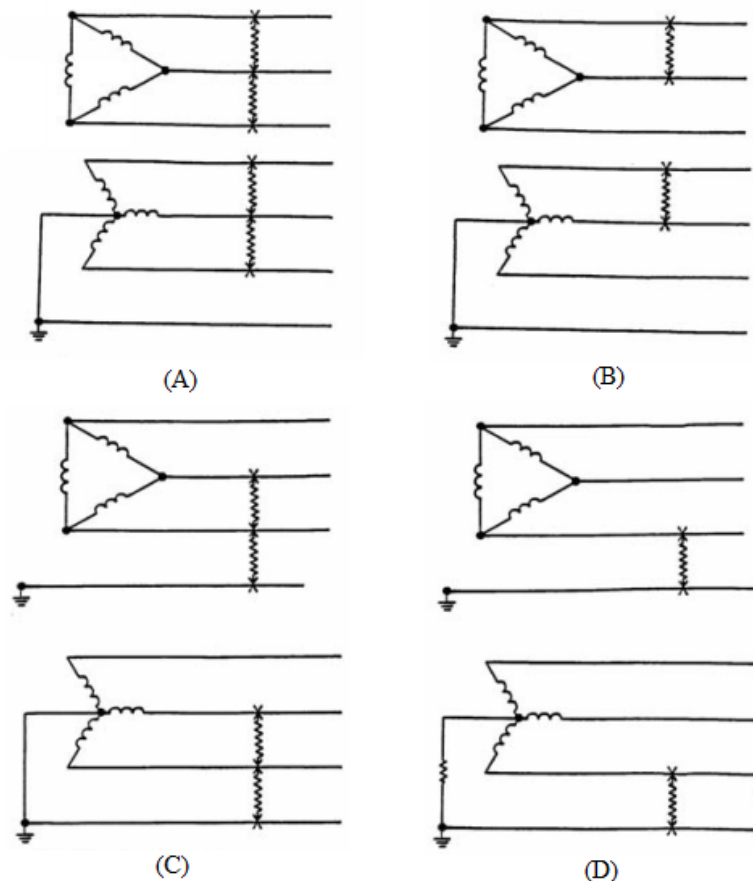


Figura 2. Tipos de fallas de cortocircuito. (A) Falla Trifásica, (B) Falla Bifásica, (C) Falla Bifásica a Tierra, (D) Falla Monofásica. Fuente: figura 2-10 IEEE Std 551-2006.

## 1.4. Arco eléctrico

### 1.4.1 Definición

El arco eléctrico es una falla eléctrica frecuentemente producida por un accidente o mala maniobra en los equipos eléctricos. Este fenómeno ocurre cuando existe un flujo de corriente entre dos electrodos con diferencia de potencial dentro de un medio gaseoso (aire ionizado). Como resultado, existe un aumento de temperatura en el espacio del flujo de corriente, además de un arco de luz conectando ambos electrodos.

La temperatura que genera un arco eléctrico puede ser superior a 19,427 °C en las terminales del arco; temperatura que puede vaporizar cualquier material y generar quemaduras muy graves o hasta la muerte.

### 1.4.2 Normas y códigos

#### 1.4.2.1 NFPA 70E

Por su traducción al inglés, es el estándar de seguridad eléctrica en el trabajo. Su objetivo es proporcionar practicas seguras en el área de trabajo ante peligros relacionados al uso de energía. El estándar abarca tres capítulos: prácticas de trabajo, requisitos de mantenimiento y requisitos para equipos especiales.

El estudio de arco eléctrico en DC es estudiado en los anexos del estándar, siendo de importante aplicación en sistemas con bancos de baterías, circuitos DC de control, etc. En el primer capítulo, se pueden encontrar las categorías de EPP (Equipo de Protección Personal) en función de la energía incidente. Su aplicación es importante para la protección ante un arco eléctrico de los trabajadores que dan mantenimiento a los equipos de forma segura.

#### 1.4.2.2 National Electrical Code (NEC)

Es un estándar adoptable para la instalación segura de cableado y equipos eléctricos en los Estados Unidos. Forma parte de la serie National Fire Code publicada por la National Fire Protection Association (NFPA), una asociación comercial privada. En su versión 2008 (homologado por Siget), versión 2014 y versión 2017, de acuerdo al artículo 110.16 Advertencia de Arco Eléctrico es necesaria la realización de un estudio de arco eléctrico que permita determinar el peligro de arco en equipos que puedan requerir ajuste, servicio, observación o mantenimiento mientras se

encuentran energizados. Dicho peligro de arco eléctrico deberá de colocarse en una viñeta que incluya el equipo de protección personal necesario y debe ser colocado de forma visible.

#### 1.4.2.3 IEEE Std 1584

La Asociación de Estándares de la IEEE desarrolló desde el 2002 el estándar IEEE 1584, como una guía para el cálculo de riesgo de arco eléctrico. Su versión más actualizada es del año 2018, presenta un método de cálculo más avanzado y fue desarrollado con una mayor base de casos de estudio. Este documento se basa principalmente en la aplicación del estándar IEEE 1584.

#### 1.4.3 Riesgo de arco eléctrico

La exposición a un arco eléctrico ocurre cuando hay una manipulación por parte del personal hacia un equipo eléctrico, ya sea con el fin de realizar un trabajo de maniobra, reparación o un mantenimiento. La estadística de accidentes de arco eléctrico de acuerdo al *Industrial Safety & Hygiene News* indican que en Estados Unidos ocurren 30 mil accidentes por año, de los cuales 7 mil resultan en quemaduras, 2 mil hospitalizaciones y 400 fatalidades al año (Arc flash statistics en ISHN, 2013).

Los riesgos de arco eléctrico son:



Figura 3. Accidente de arco eléctrico, fuente: [safetyandhealthmagazine.com](http://safetyandhealthmagazine.com)

- Quemaduras, producto del intenso calor, la luz emitida y derretimiento de componentes eléctricos por un arco eléctrico. Dependiendo el grado de la quemadura podría conllevar a la destrucción de la piel y tejido.
- Derretimiento de los componentes en el equipo eléctrico, generando exposición a gases y peligro de quemaduras.
- Descarga eléctrica, puede producir parálisis, fibrilación, quemaduras y dependiendo de la corriente eléctrica y el tiempo de exposición, la muerte.

#### 1.4.3.1 Equipos eléctricos

Los equipos eléctricos involucrados en el estudio de arco eléctrico deberán ser identificados, inspeccionados e investigados. Estos son equipos que probablemente requieran mantenimiento, ajuste o visualización mientras estén energizados. La siguiente lista, describe dichos equipos:

- Tablero de distribución

Un panel eléctrico que contiene dispositivos de interrupción y protecciones de sobre corriente para circuitos derivados que están encerrados en un gabinete de metal y generalmente colocado en o contra una pared siendo accesible únicamente de la parte frontal. Es empleado en instalaciones industriales y comerciales.



Figura 4. Tablero de distribución, fuente: eaton.com

- Switchboards



Figura 5. Switchboard, Fuente: cubic.eu.

Un panel eléctrico grande o conjunto de paneles en el que están montados interruptores y/o dispositivos de protección para la segmentación de altas corrientes eléctricas en

secciones de menor corriente o desconexión. Este es un equipo de baja tensión (<600V) con rango de intensidad de corriente entre 400 a 6kA.

- Switchgear:

Estructura cerrada únicamente con acceso de ventilación que contiene equipos de conmutación y/o interrupción para alimentación primaria. A la vez, puede incluir control y dispositivos auxiliares. Su acceso es restringido por puertas o cubiertas extraíbles. De acuerdo con su aplicación, existen switchgears de baja, mediana y alta tensión.



Figura 6. Medium voltage switchgear, fuente: mttiran.com

- MCC



Figura 7. Centro de control de motores, fuente: schneider-electric.us

Centro de Control de Motores por sus siglas en ingles “MCC” (Motor Control Center) es un conjunto de uno o más secciones cerradas que tienen un bus de común y que contienen principalmente unidades de control para motores.

- Cables

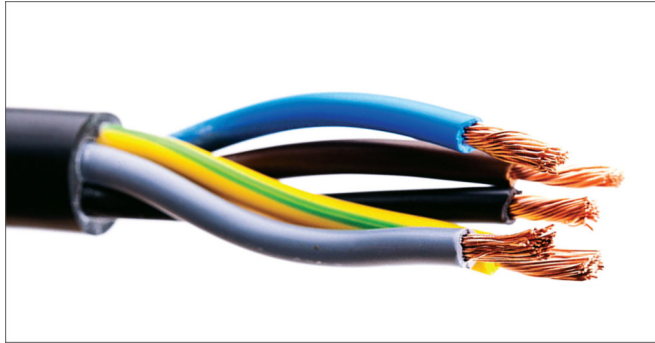


Figura 8. Cables eléctricos, fuente: eprmagazine.com)

Es un conductor eléctrico que tiene como finalidad la conducción de electricidad para su transporte; se conecta entre dispositivos para así poder energizarlos. Usualmente son hechos de aluminio o cobre. El cable puede ir recubierto por una funda protectora y aislante. Dependiendo de su uso, hay de diferentes capacidades de corriente y tensión.

#### 1.4.3.2 Protecciones eléctricas

Son dispositivos capaces de detectar y despejar condiciones anormales de operación en un sistema eléctrico. Un sistema de protecciones eléctricas es esencial e indispensable en una instalación eléctrica segura.

##### 1.4.3.2.1 Equipo de protección básica

Los dispositivos que censan corrientes anormales y desconectan la sección afectada para su protección y reparación son los equipos de protección básicos. Estos dispositivos se dividen en:

- Fusible:

Equipo de interrupción accionado al identificar sobrecorrientes con o sin limitador de corriente. Este dispositivo puede proteger el sistema solo una vez, no se pueden restablecer, ya que el



elemento fusible se destruye para interrumpir la falla y su tiempo de accionamiento depende de las características del equipo contrastadas con la cantidad de corriente.



Figura 9. Fusible de cartucho, imagen: directindustry.es

- Interruptores automáticos:

Dispositivo eléctrico de interrupción y conmutación que detecta y despeja fallas de sobrecorriente en un sistema. Esto ocurre principalmente en interruptores automáticos de baja tensión (menores a 1kV). Si el dispositivo es de media tensión (1kV-72.5kV), deberá trabajar en conjunto con transformadores de corriente (CT) y relés para la detección y accionamiento del interruptor.



Figura 10. Interruptor automático de caja moldeada, fuente:schneider-electric.us

- Relés de protección:

Los relés son interruptores que abren y cierran circuitos electromecánica o electrónicamente; controlan la corriente un circuito eléctrico abriendo y cerrando contactos. Trabajan en conjunto con interruptores automáticos de media tensión para su accionamiento, pueden ser instantáneos o de retraso y existen distintas características de configuración tiempo versus corriente.



Figura 11. Relé de protección de generadores, fuente: selinc.com

#### 1.4.3.2.2 Equipo de protección especial

Estos son los dispositivos de protección específicos y deben ser coordinados con los equipos de protección básica para el funcionamiento correcto del sistema en caso de una falla. Las protecciones especiales son:

- Protección del conductor
- Protección del motor
- Protección del transformador
- Protección del generador
- Protección de bus y switchgear
- Protección de línea de suministro del servicio

La información sobre las protecciones de equipos especiales se aborda más a detalle en el estándar IEEE 242 – “*Practicas Recomendadas por IEEE para la Protección y Coordinación de Sistemas de Potencia Industriales y Comerciales*”.

#### 1.4.3.3 Equipo de protección personal

Conocido como EPP por sus siglas en inglés, juega un papel importante para garantizar la salud y seguridad de los empleados en el trabajo. Este es utilizado para salvaguardar de lesiones o enfermedades en la realización de trabajos, en este caso, se pretende proteger de accidentes de arco eléctrico. El equipo debe tener una clasificación de arco de acuerdo con ASTM F1891, “*Especificación Estándar para Ropa resistente al fuego e Impermeable resistente al fuego*”, o equivalente.

La siguiente tabla pertenece a la norma NFPA 70E, que aborda las categorías de EPP y su descripción de acuerdo con la energía incidente (resultado de estudio de arco eléctrico).

Tabla 1. Categoría de Equipo de Protección Personal (EPP)

Categoría	EPP
<b>1</b>	Ropa con clasificación de arco, rango mínimo de arco de 4 cal/cm <sup>2</sup> (16.7J/cm <sup>2</sup> ).
	Camisa de manga larga y pantalón u overol. Pantalla facial o traje con capucha. Chaqueta, ropa impermeable, o revestimiento de casco (AN).
	<b>Equipo de protección</b>
	Casco de seguridad. Gafas de seguridad. Protección auditiva (inserciones del canal auditivo). Guantes de cuero de alta resistencia. Calzado de cuero.
<b>2</b>	Ropa con clasificación de arco, rango mínimo de arco de 8cal/cm <sup>2</sup> (33.5J/cm <sup>2</sup> ).
	Camisa manga larga y pantalón u overol. Pantalla facial o traje con capucha y pasamontañas. Chaqueta, ropa impermeable o revestimiento de casco (AN).
	<b>Equipo de protección</b>
	Casco de seguridad. Gafas de seguridad. Protección auditiva (inserciones del canal auditivo). Guantes de cuero de alta resistencia. Calzado de cuero.
<b>3</b>	Ropa con clasificación de arco seleccionada para que el rango de arco del sistema cumpla con la clasificación de arco mínima requerida de 25cal/cm <sup>2</sup> (104.6J/cm <sup>2</sup> ).
	Camisa manga larga y pantalón u overol. Chaqueta, pantalón y capucha de arco eléctrico. Chaqueta, ropa impermeable o revestimiento de casco (AN).

	<b>Equipo de protección</b>
	Casco de seguridad. Gafas de seguridad. Protección auditiva (inserciones del canal auditivo). Calzado de cuero.
<b>4</b>	Ropa con clasificación de arco seleccionada para que el rango de arco del sistema cumpla con la clasificación de arco mínima requerida de 40cal/cm <sup>2</sup> (167.4J/cm <sup>2</sup> ).
	Camisa manga larga y pantalón u overol. Chaqueta, pantalón y capucha de arco eléctrico. Chaqueta, ropa impermeable o revestimiento de casco (AN).
	<b>Equipo de protección</b>
	Casco de seguridad. Gafas de seguridad. Protección auditiva (inserciones del canal auditivo). Calzado de cuero.

#### 1.4.4 Señalización

Los equipos eléctricos mencionados y descritos anteriormente, además de ser identificados, inspeccionados e investigados, deberán ser señalizados para advertir sobre el peligro de arco eléctrico en dicho punto de la instalación. Esto está estipulado en el artículo 110.16 de NEC (National Electrical Code) 2017. La señalización deberá cumplir con el artículo 110.21(B) y deberá ser localizada de forma visible en el equipo.

Los requisitos presentados por el NEC para la viñeta de señalización son los siguientes:

- Deberá advertir del peligro usando palabras, colores, símbolos y combinación de las anteriores de forma efectiva.
- Deberá permanecer de forma fija al equipo y no debe de ser escrita a mano.
- El material deberá soportar las condiciones ambientales del lugar.

A diferencia del NEC, que se centra en el estado y visualización de la viñeta, la NFPA requiere que la siguiente información:

- Nivel de tensión nominal del sistema.
- Frontera de arco eléctrico.
- Por lo menos uno de los siguientes:
  - Energía incidente disponible y la distancia de trabajo correspondiente.
  - Clasificación mínima de ropa de arco.
  - Nivel específico de EPP (Equipo de Protección Personal).

#### 1.4.5 Prevención de arco eléctrico

Las lesiones graves en el lugar de trabajo son demasiado comunes, hay una variedad de accidentes y lesiones que ocurren en todos los sectores ocupacionales. Las personas que trabajan en diferentes sectores enfrentan una variedad de riesgos diferentes.

En muchos casos, los accidentes no solo son causados por un pequeño error o un simple accidente de un trabajador ocupado. Muchos accidentes laborales están vinculados a la negligencia de un empleador o empleado. Aunque no faltan las formas en que las personas pueden lesionarse en el trabajo, sabemos que existen varios procedimientos que los empleadores pueden implementar para evitar que los empleados sufran daños evitables.

##### 1.4.5.1 Entrenamiento

El personal debe estar capacitado para comprender el contenido de las reglas, por qué existen y cómo implementarlas en el campo. Los empleados que enfrentan un riesgo de descarga eléctrica que no se reduzca a un nivel seguro deberán estar capacitados y familiarizados con prácticas laborales relacionadas con la seguridad eléctrica que se apliquen a su trabajo

La capacitación debe abarcar a todo el personal, no solo a las personas asociadas con el trabajo eléctrico. A pesar de que no necesitan conocimiento a detalle, sí necesitan conocer los posibles riesgos eléctricos. Por lo tanto, todos en el lugar de trabajo deben tener algún grado de capacitación en seguridad eléctrica.

Las personas deben comprender las razones por las cuales deben seguir los procedimientos, estándares y prácticas relacionados con la seguridad eléctrica para la realización de trabajos. Además, el personal eléctrico también debe estar capacitado en procedimientos de emergencia, como los primeros auxilios y reanimación cardiopulmonar (RCP).

### 1.4.5.2 Jerarquía de controles

La correcta planificación laboral y el seguimiento de la “jerarquía de controles” puede reducir la probabilidad de accidentes. La jerarquía de controles es un sistema de eliminación y mitigación de riesgos laborales. El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH por sus siglas en inglés), es una agencia de EE. UU. que ejecuta recomendaciones e investigaciones sobre riesgos laborales. Esta agencia interpreta la jerarquía de controles de la siguiente manera.

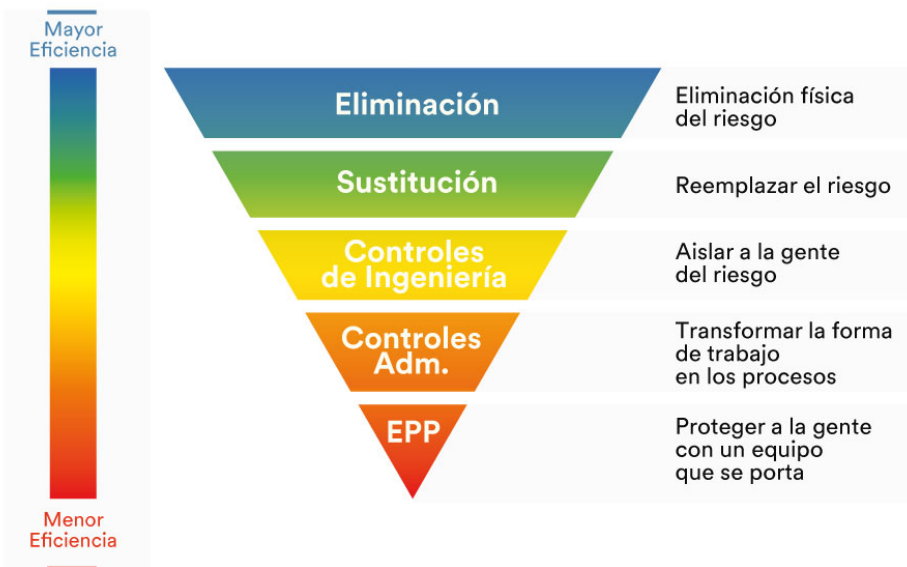


Figura 12. Jerarquía de control. Fuente: 3m.com.mx

- **Eliminación**

Consiste en la supresión física del riesgo, es este caso la energía eléctrica. Si el equipo esta des-energizado no puede ocurrir un arco eléctrico. Por lo tanto, se recomienda la realización de trabajo eléctrico de mantenimiento, ajuste, visualización o cualquier otro tipo cuando el equipo esta des energizado.

- **Sustitución**

Comprende el cambio de equipos por opciones más seguras. Ya sea equipos más eficientes como equipos de protección.

- **Controles de Ingeniería**

Prever accidentes mediante controles a lugares potenciales de riesgo. Evitando el acceso de personal no capacitado en los cuartos eléctricos, manteniendo cerrados los equipos eléctricos; en general, bloquear el riesgo de los empleados.

- Controles Administrativos

Proporcionar la información adecuada para la toma de decisiones seguras. Seguir recomendaciones para ejercer trabajos eléctricos de forma segura.

- EPP

Uso de equipo de protección personal de acuerdo a la energía incidente de arco eléctrico en el lugar de trabajo.

#### 1.4.5.3 Procedimientos

Es un modo sistemático de ejecución de instrucciones con respecto a los requisitos y preocupaciones de seguridad para llegar a un resultado o fin determinado. Es importante desarrollar estos estándares internos como referencias de fácil uso para los tipos de tareas en las que un empleado podría estar expuesto a un riesgo eléctrico; deben abordar el trabajo en equipos eléctricos en todos los niveles de voltaje.

Un modelo de prácticas permite una inspección instantánea de lo que se requiere para realizar el trabajo o prueba detallada para cada tipo diferente de equipo eléctrico. La planificación anticipada y la preparación para lo inesperado pueden minimizar los efectos perjudiciales de los peligros que aún pueden ocurrir.

Se necesitan procedimientos específicos del trabajo para tareas inusuales o inesperadas, o para trabajar en piezas específicas de equipos eléctricos inusuales. Los procedimientos deben ser preparados por personal eléctrico calificado que esté familiarizado con una instalación o planta, siguiendo un formato estándar que aborde los controles del programa de seguridad eléctrica. El procedimiento típico de acuerdo al estándar IEEE 902 -1998 debe incluir información siguiente:

- Título: identifica el equipo específico donde se aplica el procedimiento.
- Propósito: identificar la tarea a realizar.
- Calificación: capacitación y conocimiento que el personal deberá poseer para realizar el trabajo.
- Identificación de riesgos: riesgos que se identificaron durante el desarrollo del procedimiento.
- Clasificación de riesgo: el grado de riesgo para la tarea particular a realizar.
- Límites de aproximación: las distancias y restricciones de aproximación para el acceso del personal alrededor de equipos eléctricos energizados.

- Prácticas seguras de trabajo: controles que deben estar en su lugar antes y durante la realización del trabajo en o cerca de equipos energizados.
- Equipo de protección personal: tipos y cantidades mínimas que el personal requiere para realizar las tareas descritas en los procedimientos.
- Equipo de prueba y herramientas: necesarios para realizar el trabajo descrito en el procedimiento. Se mantendrán y operarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Dato de referencia: material de referencia utilizado en el desarrollo del procedimiento. Incluye los diagramas eléctricos, nivel de voltaje e instrucciones de operación del fabricante.
- Pasos de procedimiento: pasos requeridos para realizar tareas específicas de una manera especificada.
- Imágenes: para ilustrar y elaborar adecuadamente tareas específicas.

#### 1.4.6 Mitigación

Atenuar los efectos de un accidente de arco eléctrico es un objetivo alcanzable. Ya sea que el sistema eléctrico este en diseño o ya existente, se pueden modificar los procedimientos, equipos eléctricos o instalar nuevos.

Después de un análisis de arco eléctrico, se debe verificar la coordinación selectiva de protecciones. La modificación de los tiempos de disparo puede reducir en gran medida la energía incidente de un arco. Por ejemplo, existen demoras en la activación de protecciones que pueden incrementar los efectos de un arco eléctrico. El problema con configurar todos los interruptores en la configuración de disparo instantáneo más rápido es que puede resultar en un sistema eléctrico no coordinado y comprometer la seguridad del sistema eléctrico.

Otro aspecto a considerar es el análisis y reducción de corrientes de cortocircuito disponibles. Entre las opciones para conseguirlo están los reactores en línea, el aumento de longitud de conductores, fusibles limitadores de corrientes de cortocircuito, transformadores de alta impedancia e instalación de conexiones a tierra con alta resistencia. La aplicación de estos criterios recae sobre el diseñador del sistema eléctrico de potencia.

Algunas opciones de equipo que evitan la exposición al riesgo eléctrico son operadores remotos, interruptores de mantenimiento, selectividad lógica (ZSI -Zone Selective Interlocking), relés de



falla de arco y equipo de protección contra arco eléctrico. Los operadores remotos disminuyen el riesgo al aumentar la distancia de trabajo a la que está el trabajador, siempre y cuando el operador remoto tenga la capacidad de trabajo en esos niveles de energía. ZSI es un método de prevención que elimina los retardos de disparos en interruptores automáticos con selectividad cronométrica.

#### 1.4.7 Proceso de cálculo IEEE Std 1584-2018

La siguiente sección aborda un resumen del proceso aplicado en el estándar IEEE 1584-2018. Dado que es una guía de cálculo compleja, no se espera que se realice a mano. Su aplicación deberá ser desarrollada por algún programa para la facilidad de resultados.

El proceso en general tiene dos partes, un modelo para  $208 < V < 600$  y  $600 < V < 15000$ . Se calculan valores intermedios de corriente de arco, energía incidente y frontera de arco, dichos datos son interpoladores o extrapolados para obtener datos finales. Posteriormente se calculan factores de corrección en base al tamaño de la caja eléctrica y son aplicados para ajustar resultados. Las ecuaciones mencionadas a continuación se encuentran en los anexos.

Pasos para el cálculo de peligro de arco eléctrico:

##### A. Obtención de corriente de arco eléctrico ( $I_{arc}$ ).

1. Determinar la configuración de electrodos, distancia entre electrodos y corriente trifásica de cortocircuito.
2. Identificar el nivel de tensión en el punto de interés.

##### I. Para valores de tensión entre 208V y 600V:

Se aplica la ecuación (1) del estándar para obtener un valor inicial a 600V y la ecuación (25) para determinar un valor final.

##### II. Para valores de tensión entre 600V y 15000V:

Se aplica la ecuación (1) del estándar para obtener un valor inicial a 600V, 2700V y 15000V. Luego se ocupan las ecuaciones (16), (17) y (18) para la obtención de valores finales. Si el nivel de tensión ronda entre 600V y 2700V, el valor final será determinado con la ecuación (17). Si el nivel de tensión es mayor a 2700V, la corriente de arco final será obtenida con la ecuación (18).

- B. Determinar la duración del arco (tiempo de accionamiento de protección aguas arriba) para la corriente de arco eléctrico ( $I_{arc}$ ).
- C. Obtener energía incidente.
1. Determinar el factor de corrección por el tamaño de la caja eléctrica.
    - I. Para tipo de caja superficial (Shallow), se aplica la ecuación (14).
    - II. Para tipo de caja típica (Typical), se usa la ecuación (15).
  2. Identificar el nivel de tensión en el punto de interés.
    - I. Para valores de tensión entre 208V y 600V:

Se aplica la ecuación (6) del estándar para obtener un valor a 600V.
    - II. Para valores de tensión entre 600V y 15000V:

Se aplican las ecuaciones (3), (4) y (5) del estándar para obtener un valor inicial a 600V, 2700V y 15000V. Luego se ocupan las ecuaciones (19), (20) y (21) para la obtención de valores finales. Si el nivel de tensión ronda entre 600V y 2700V, el valor final será determinado con la ecuación (21). Si el nivel de tensión es mayor a 2700V, la corriente de arco final será obtenida con la ecuación (20).
- D. Determinar frontera de arco eléctrico.
1. Determinar el factor de corrección por el tamaño de la caja eléctrica.
    - I. Para tipo de caja superficial (Shallow), se aplica la ecuación (14).
    - II. Para tipo de caja típica (Typical), se usa la ecuación (15).
  2. Identificar el nivel de tensión en el punto de interés.
    - I. Para valores de tensión entre 208V y 600V:

Se aplica la ecuación (10) del estándar para obtener un valor a 600V.
    - II. Para valores de tensión entre 600V y 15000V:

Se aplican las ecuaciones (7), (8) y (9) del estándar para obtener un valor inicial a 600V, 2700V y 15000V. Luego se ocupan las ecuaciones (22), (23) y (24) para la obtención de valores finales. Si el nivel de tensión ronda entre 600V y 2700V, el valor final será determinado con la ecuación (24). Si el nivel de tensión es mayor a 2700V, la corriente de arco final será obtenida con la ecuación (23).
- E. Se calcula un factor de corrección de variación para la corriente de arco eléctrico con la ecuación (2). Con dicha corriente se repiten los pasos B en adelante para determinar

variaciones en energía incidente y frontera de arco dado por un distinto tiempo de activación para la protección superior. Finalmente se opta por el valor mayor de energía incidente y frontera de arco.

## CAPITULO 2: MANUAL DE USUARIO

### 2.1 Función de la aplicación web

Con la presente aplicación web se pretende brindar la capacidad de generar un diagrama unifilar interactivo que presente las facultades de ser parametrizable, modificable y con cuyos parámetros ingresados se permitan generar dos tipos de análisis:

- 2.2.4 Corriente de cortocircuito: Este se basa en la reducción de impedancias en series y paralelo del diagrama unifilar introducido, usando cálculos en por unidad, para el cual se selecciona la potencia y voltaje más grande de los equipos introducidos como unidades base del calculo
- 2.3 Cálculo de arc flash: Hay dos cálculos de Arc Flash que la aplicación permite hacer, ambos se basan en la normativa IEEE Std 1584 “IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations”, sin embargo, se uno ocupa la publicada en el 2002 y la otra la más reciente del año 2018. Se toma en cuenta los rangos de energía incidente para determinar la categoría de EPP según NFPA 50E-2015.

### 2.2 Descripción de funciones

#### 2.2.1 Partes de la aplicación web

En la aplicación se pueden distinguir los siguientes elementos:

- Menús de Herramientas: son las herramientas disponibles al usuario en el menú seleccionado, los tipos de menú disponibles son los siguientes:
  - Menú de Diagramas
  - Menú de Cálculos
- Canva: ventana graficadora 2D de diagramas unificables
- Footer: de la aplicación: una caja de herramientas para ciertos botones del menú principal (“Descargar archivo”, “Cargar Diagrama”).

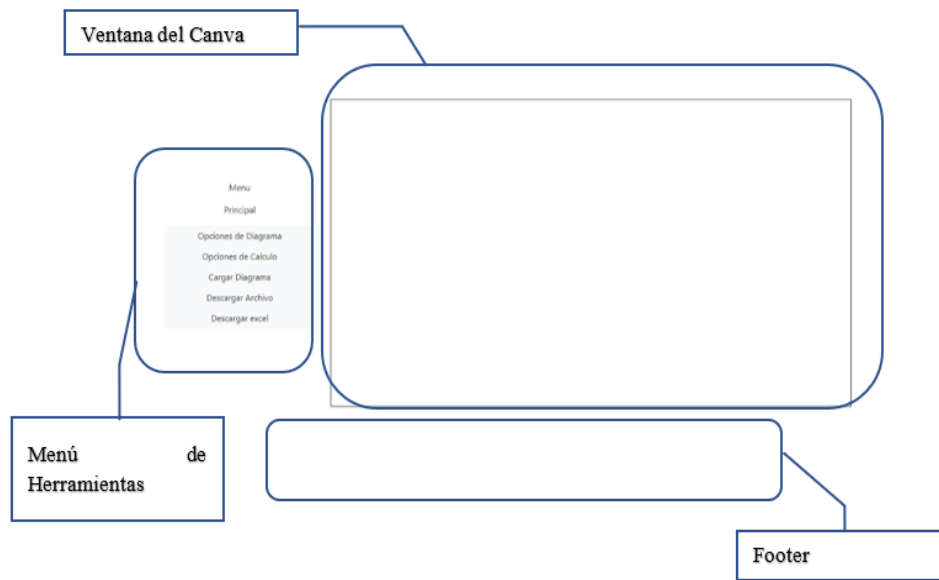


Figura 13. Explicación de las partes de la aplicación web.

### 2.2.2 Diagramación unifilar de sistemas eléctricos

La aplicación web posee la capacidad de generar diagramas unifilares a partir de la introducción de datos, para hacer el diagrama unifilar en la aplicación, se necesita seleccionar en el “Menú Principal” la opción “Opciones de diagrama” como se muestra en la figura 14. A continuación, se observará la aplicación web como en la figura 15.

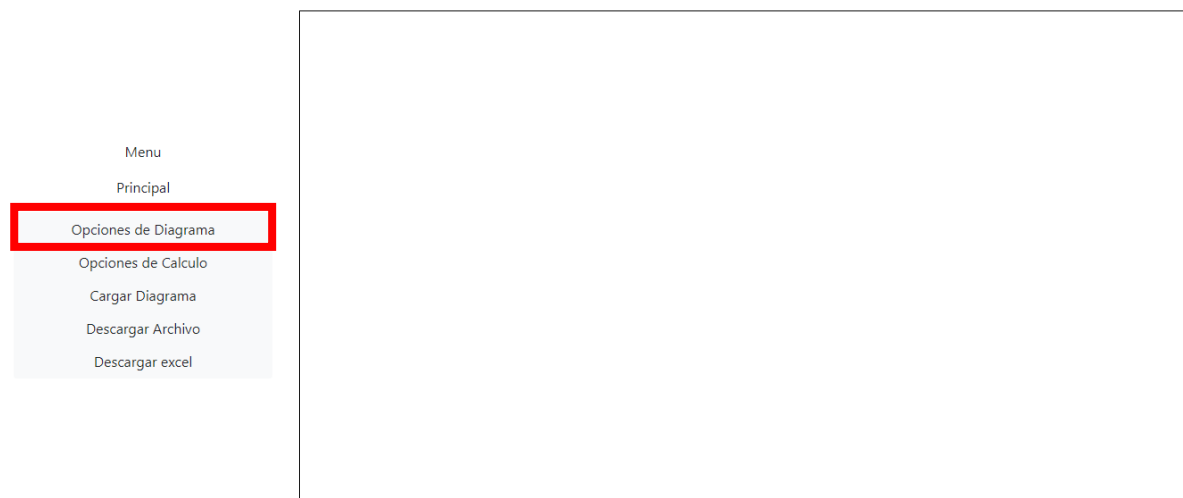


Figura 14. Página principal de la aplicación.

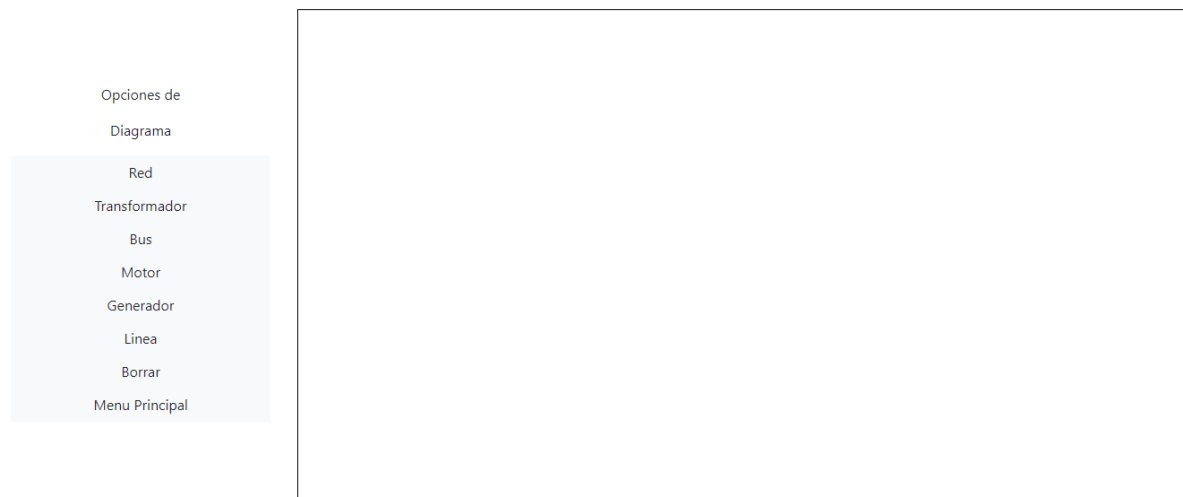


Figura 15. Aplicación web en el menú de opciones de diagrama.

En el menú de “Opciones de Diagrama” todos los botones a excepción de los últimos dos son acciones para la inserción de objetos al canvas de la aplicación web.

#### 2.2.2.1 Inserción de elementos en el canvas

La aplicación web tienen una serie de elementos nativos parametrizables, entre estos se tiene:

- Redes Eléctricas
- Transformadores
- Buses
- Motores
- Generadores
- Líneas

Todos los elementos nativos *a excepción de las Líneas* se pueden insertar al canvas de la misma manera, desde el menú “Opciones de diagrama”, se selecciona con clic izquierdo el elemento que se desea agregar al canvas y se prosigue dando clic izquierdo sobre el canvas como lo explica la secuencia de Figura 16 y Figura 19.

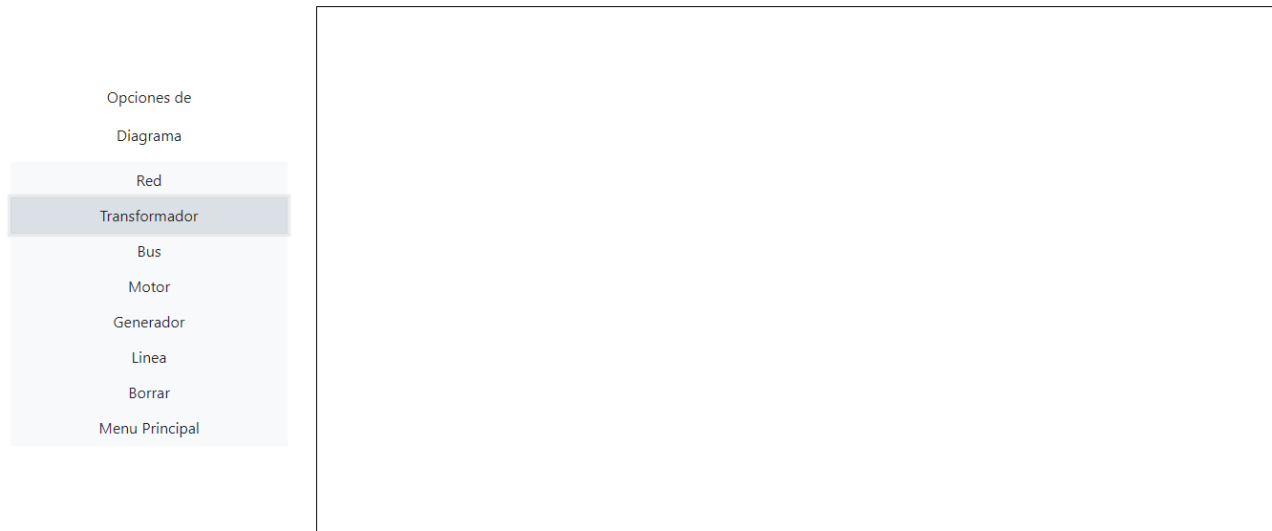


Figura 16. Ejemplo de inserción de elemento al canvas, presionando clic izquierdo sobre el botón transformador en el menú “Opciones de Diagrama”.

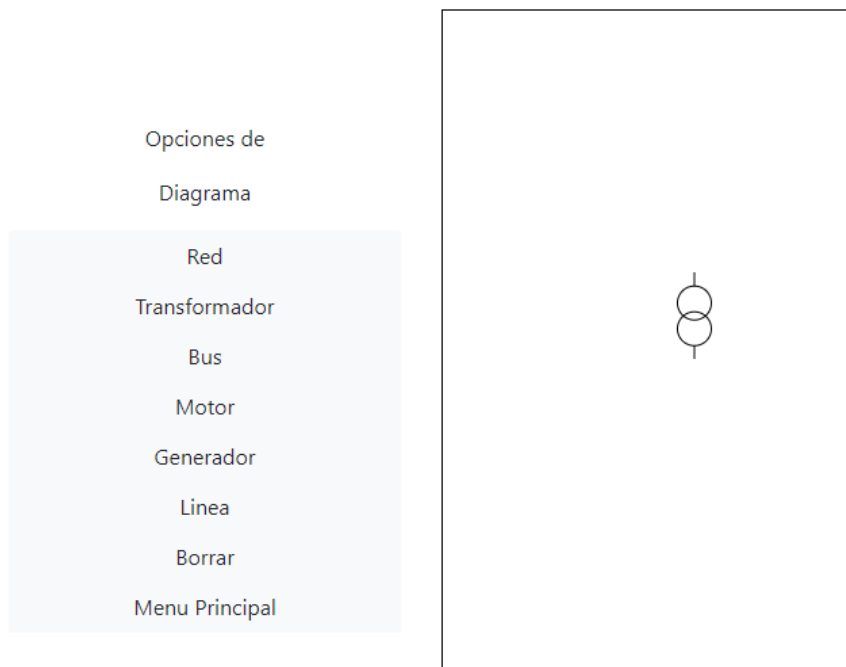


Figura 17. Ejemplo de inserción de elemento al canvas, presionando clic izquierdo sobre el botón transformador en el menú "Opciones de Diagrama".

#### 2.2.2.2 Moverse en el canvas

El canvas tiene la posibilidad de poseer más elementos de los que se pueden mostrar en el área de canvas, el canvas solo es una ventana que permite ver parte del diagrama.

El canvas se ha programado con los siguientes axiomas:

- Se tiene un plano cartesiano 2D estático donde las coordenadas en “X” y en “Y” se mantienen sin ninguna alteración nunca.
- Los valores positivos de “X” se encuentran más a la derecha.
- Los valores positivos de “Y” se encuentran más abajo.
- Lo que se muestra en la aplicación web es solo un fragmento cuadrado de 1100 pixeles de ancho y 500 pixeles de alto.
- El fragmento visible (“Ventana del Canvas”) que se muestra en la aplicación web se mueve en el plano cartesiano 2D, y por ende se tiene una posición asociada a él.
- Todo símbolo de un equipo eléctrico tiene una posición y una dimensión asociada a él, siendo la posición la única modificable de forma innata a la aplicación web, el tamaño del símbolo se puede modificar cambiando la variable `scalaElementos` a través de la herramienta de desarrollador del explorador web, el valor usual de esta variable es 1, si se quieren símbolos más pequeños (se recomienda 0.75), luego basta con mover la posición la ventana del canvas. Se prefiere no modificar este número.
- Todo elemento de equipo eléctrico tiene un símbolo asociado a él y tiene terminales que permite que las líneas lo interconecten con otro equipo eléctrico.
- Las líneas es la única forma de unir dos diferentes tipos de equipos eléctricos.

Para ver diferentes partes del plano cartesiano se tiene que mover la posición de la ventana del Canvas para que la ventana apunte a diferentes partes del plano cartesiano.

**Para mover la Ventana del Canvas se aprieta clic izquierdo, se mantiene y se mueve el mouse con dirección contraria a donde se quiera visualizar.**

#### 2.2.2.3 Borrar elementos en el canvas

Para borrar los elementos del diagrama unifilar, que se muestran en el canvas, se selecciona el botón de “Borrar” que se encuentra en el menú “Opciones de diagrama” (se puede observar en la Figura 16), y luego se selecciona el elemento que se quiera eliminar, en el caso de las líneas se tiene que dar el clic encima de los recuadros negros que se sitúan en medio de ellas.

#### 2.2.2.4 Propiedades generales de dibujo en el canva de los elementos

Los elementos el canva tienen tres propiedades principales.


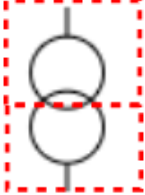
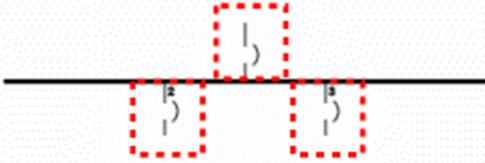
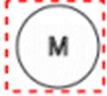
1. Posición: por defecto al iniciar la aplicación web el Canva
2. Cantidad de terminales:
3. Área de selección: cada objeto que posea más de dos terminales tendrá un área cuadrada por cada terminal dentro y alrededor del símbolo del equipo eléctrico

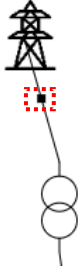


### 2.2.2.5 Área de selección de los elementos en el canva

Los diferentes elementos tienen diferentes áreas de selección donde la aplicación web reconoce que se está seleccionando ese objeto, y un terminal. A continuación, se muestra la Tabla 2 **Error! Reference source not found.** donde se describe el área de selección para los terminales de los elementos y se exhibe en imágenes como el área interna del cuadrado punteado.

Tabla 2. Área reconocida por la aplicación web como terminal de un equipo eléctrico.

Elemento	Área de Selección
Red	Solo posee un terminal, la cual es el cuadro enmarcado 
Transformador	Posee dos terminales, el terminal de Alta Tensión (el de arriba), y la de baja tensión 
Buses	Posee por defecto tres terminales, en donde los terminales son las protecciones que posea, donde las áreas de cada terminal son áreas cuadradas alrededor de las protecciones, y los terminales se numeran así: el terminal 1 es la protección de más arriba (también se le llama protección principal), luego se numeran en la parte baja de izquierda 
Motores/ Generadores	Poseen solo un terminal 

Líneas	Poseen un solo terminal, que es el cuadro a la mitad de la línea	
--------	--	---

### 2.2.2.6 Inserción de líneas en el canva

La inserción de una línea se hace con el siguiente procedimiento:

- Se selecciona el botón “Línea” del menú “Opciones de diagrama”.
- Mover el puntero del mouse hacia la “Ventana del Canvas”.
- Seleccionar con clic izquierdo un terminal de un objeto.
- Seleccionar con clic izquierdo el terminal de otro elemento diferente al anterior.

### 2.2.3 Parametrización de elementos de diagramas unifilares

Para cambiar parámetros eléctricos a los elementos insertados en el canvas, **se da doble clic sobre el área de algún terminal del elemento**, al hacer esto aparecerá una ventana con las propiedades modificables del elemento seleccionado.

#### 2.2.3.1 Redes

Las redes solo poseen los siguientes parámetros

- Etiqueta: es una propiedad que permite asignarle un nombre a cualquier elemento nativo de la aplicación web, a cualquier elemento que se le asigne una etiqueta, se le aparecerá cercano al elemento al cual pertenezca.
- POT cctk[kVA]: es la potencia de cortocircuito en kVA, este valor es usado para el cálculo de corriente de cortocircuito.
- Tensión nominal: Es el valor nominal el cual provee la Red eléctrica.

#### 2.2.3.2 Transformador

Parámetros

- Etiqueta: Nombre del elemento.
- Potencia[kVA]: Es la potencia nominal del transformador.
- Voltaje primario: es el voltaje el cual está en el terminal localizado en el lado superior del símbolo del transformador.
- Voltaje secundario: voltaje el cual está presente en el terminal inferior del símbolo del transformador.
- Xs[%s]: Es la Impedancia porcentual de cortocircuito del transformador.

### 2.2.3.3 Bus

#### Parámetros

- Etiqueta: Nombre del elemento.
- Tensión Nominal: Tensión a la cual está siendo expuesta el bus
- Longitud Horizontal: Es el tamaño de largo del bus en la ventana del canvas en pixeles.
- Tipo de Caja: los buses pueden representar Paneles de baja tensión, Switchgears, Switchboards y Motor control centers, al seleccionar uno de estas categorías, se le asigna al bus parámetros (Bus gap, Área de trabajo) de alguna de estas clases.
- Altura: es la altura en milímetros que se le asignará al valor seleccionado en el parámetro “Tipo de Caja”. (valor que se usa en los cálculos de Arc Flash 2018)
- Ancho: es lo ancho en milímetros que se le asignará al valor seleccionado en el parámetro “Tipo de Caja”. (valor que se usa en los cálculos de Arc Flash 2018)
- Profundidad: es la profundidad en milímetros que se le asignará al valor seleccionado en el parámetro “Tipo de Caja”. (valor que se usa en los cálculos de Arc Flash 2018)
- Posición en bus: las protecciones se pueden mover a lo largo de la longitud Horizontal del bus, es de tener presente que al agregar o eliminar alguna protección, las posiciones se resetean a distancias equidistantes entre ellas.
- In: valor de corriente nominal de las protecciones este valor se puede observar en los alrededores de la protección. No es una característica usada por alguno de los métodos de cálculos, pero ayuda al usuario como mejor referencia a la planta industrial estudiada.

### 2.2.3.4 Motor/ Generador

#### Parámetros

- Etiqueta: nombre del elemento.
- Voltaje: Tensión nominal en los terminales de conexión.
- HP: La potencia nominal en HP del equipo eléctrico.
- Xs: la reactancia síncrona del motor/ generador. (se ocupa para los cálculos de cortocircuito)
- Xd: reactancia transitoria del motor/generador. (no hay función que ocupe este valor por el momento, se puede dejar vacío este campo).
- Xd2: reactancia subtransitoria del motor/generador. (no hay función que ocupe este valor, se puede dejar el campo vacío)

### 2.2.3.5 Línea

Parámetros (todos los parámetros de las líneas se ocupan para el cálculo de corriente de cortocircuito):

- Etiqueta: nombre que se le desee poner al cable.
- Tubería: las opciones posibles son excluyentes entre ellas, describe de que material esta hecho la tubería que lleva los cables, la opción aire libre hace referencia a que los cables no han sido puestos en ninguna tubería.
- Blindaje: hace referencia a la película de un material conductor que envuelve al aislador de los cables.
- Material: es el material del conductor.
- Distancia: distancia en metros desde un extremo del cable al otro
- Aislante del Cable: representa el nivel de aislamiento que posee el cable, el cual se selecciona por la tensión nominal a la cual el cable se verá sometido.
- Calibre de cable.

### 2.2.4 Corriente de cortocircuito

La aplicación web tiene la capacidad de calcular la corriente de cortocircuito, **antes de hacer el cálculo se tiene que tener todo el diagrama unifilar completo con todos los parámetros de los elementos seteados**, los parámetros se pueden modificar, sin embargo, resulta más fácil hacer solo una parametrización que varias iteraciones.

Para que la aplicación genere los resultados se selecciona el botón de “Opciones de Calculo” en el “Menú Principal”, seguido aparece la siguiente ventana como se muestra en la Figura 15.

ID BUS	Proteccion	Cerrada	ID Equipo Conectado	Tipo Equipo Conectado	Etiqueta Equipo Conectado	In [A] Proteccion	Icckt [kA]
EUCzB	1	Si	Cj3fo	transformador		13	4kA
	2	Si	dvt4Y	bus		13	
	3	Si	y0WFr	bus		13	
dvt4Y	1	Si	EUCzB	bus		13	4kA
	2	Si	8tN9X	motor		13	
y0WFr	1	Si	EUCzB	bus		13	4kA
	2	Si	C2iDp	motor		13	

calcular

Close

Guardar cambios

Figura 18. Ventana de la opción cálculos de Cortocircuito.

Es importante destacar que por defecto todas las conexiones de los buses(terminales) están cerrados, es decir que hay conductividad eléctrica, este parámetro no es cambiabile de forma nativa al programa, sin embargo, si es cambiabile a través de código introducido en la herramienta de desarrollador del explorador usado, si se cambia a no cerrada entonces en su terminal se vería una impedancia infinita, con esto, se podría simular una red con múltiples modos radiales de operación.

#### 2.2.4.1 Consideraciones

- Son Redes trifásicas
- Son corrientes de cortocircuito trifásicas
- No hay desbalance de potencias.
- Las impedancias de los cables son las mismas en todas las fases.

#### 2.2.4.2 Limitaciones

- La aplicación web trabaja mejor con redes radiales y con un solo modo de operación.

- No se esperan sistemas en anillo donde hay flujo de potencia por múltiples rutas que desembocan hacia un mismo punto.
- No hace cálculos de flujo de potencia.
- No hay forma de parametrizar diferentes modos de operación y comparar resultados de forma fácil.

#### 2.2.4.3 Ventajas

- Los resultados se pueden observar desde la ventana de cálculo de Arc Flash
- La configuración de los diagramas unifilares es sencilla.

### 2.3 Cálculo de arc flash

#### 2.3.1. Arc flash 2002

Para proceder con el cálculo se selecciona en el “Menú de Cálculos”, la opción Arc Flash 2002, seguido de esto aparecerá una ventana similar a la mostrada en la Figura 19.

Arc Flash Calculos 2002 ×

Equipo: EUCzB

Tension nominal: 4.16 kV

Tipo de Caja:

Informacion de Equipos Conectados

Proteccion	Cerrada	ID Equipo Conectado	Tipo Equipo Conectado	Etiqueta Equipo Conectado	In [A] Proteccion
1	Si	Cj3fo	transformador		13
2	Si	dvt4Y	bus		13
3	Si	y0WFr	bus		13

Proteccion 1:  Interna en Caja  Externa de la Caja

Aterrizamiento:  Solidamente Aterrizado  Sin aterrizar

lcckt:

Calculo de arco Para Equipo:EUCzB

lcckt:

larc [kA]:  larc min[kA]:

Tarc [s]:  Tarc min[s]: null

Distancia Electrodo[s][mm]: 104 Distancia de Trabajo[mm]: 914.4

E incidente:  E min Incidente:

AFB[mm]:  AFB min[mm]:

Energia Incidente Final:

AFB Final:

Figura 19. Ventana de Cálculo de Arco Eléctrico 2002.

### 2.3.1.1 Elementos

En la Figura 20 se tiene las opciones “Interna en Caja” y “Externa de la Caja”. Debido a la existencia de equipos como Switchgear que poseen más de un compartimento, en donde hay una protección principal que determina el tiempo de extinción de un arco eléctrico hacia el resto de los

compartimientos, o de casos donde se ocupan switches de desconexión con fusibles alimentando a tableros.

Proteccion 1

Interna en Caja  Externa de la Caja

Figura 20. Opción de cantidad de compartimientos por equipo Eléctrico.

- Interna en Caja: Toma en cuenta una protección principal adentro del equipo en un mismo compartimiento junto a las demás protecciones que pueda tener el equipo, en el caso que el arco se generase entre los terminales para entrar a la protección 1 el arco sería extinguido por la protección aguas arriba del equipo que contenga la protección 1. Esta opción seleccionada genera que la ventana de sea como la Figura 21.
- Externa de la Caja: toma como hecho que la protección principal (protección 1) está en un gabinete separado a las demás protecciones del equipo generando que la protección 1 determine el tiempo de extinción de arco eléctrico para las protecciones agua debajo de ella, y la energía incidente podría ser como se explicó para el punto de “Interna en Caja”. Al seleccionar esta opción hace que las opciones de la Figura 21 aparezcan dos veces, una para cada compartimiento.

lockt :

Iarc  Tarc min

Tarc  Tarc min

Distancia Electrodo

E incidente  E min Incidente

AFB  AFB min

Energía Incidente Final:

AFB Final:

Figura 21. Opciones duplicadas para los compartimientos de equipos eléctricos.

Equipo: Este campo que se puede observar como un dropdown box en la Figura 19, puede tomar el valor de las etiquetas/ID de los buses que están en todo el plano cartesiano 2D, y selecciona a que equipo se le hará el estudio de arco.



Aterrizamiento: Hace referencia a los términos “Sólidamente puesto a tierra” que significa si es un sistema con una buena puesta a tierra con su terminal de tierra conectado a la carcasa del equipo.

Icckt: Es la corriente de cortocircuito con que se quiere hacer el cálculo de corriente de arco, cuando se ha seleccionado externo, este valor puede variar entre ambos gabinetes del equipo si se tiene algún dispositivo que limite las corrientes de cortocircuito. La normativa toma como unidad los kilos Amperios

Iarc: Se recomienda presionar calcular una vez se haya puesto la corriente de cortocircuito, sin importar que todavía no se sepa cuanto tiempo poner en el campo Tarc, de esta forma se puede obtener la corriente que pasara por el arco y leer las curvas de la protección que se calcule tenga mayor tiempo para despejar esa corriente. La normativa toma como unidad los kilos Amperios

Tarc: Es el tiempo mayor de todas las protecciones en despejar la corriente de arco (Iarc).

Iarcmin: Para el cálculo de Arco eléctrico se hacen dos cálculos de energía incidente, de frontera de arco y de corriente de arco, la primera corriente se saca con respecto a las fórmulas, la segunda se saca como un porcentaje de la primera. Tanto de la energía incidente como la frontera de arco se tendrán dos resultados, y el más alto de entre estos será el resultado final, a esto se debe que exista Iarcmin/Iarc, Tarmin/Tarc, AFBmin/AFB.

Distancia de electrodos: En la normativa 1584 se toma en cuenta que el arco se genera a partir de los cables de entrada de las protecciones, barras del equipo, entre otras, a partir de la distancia superficial entre estos se genera el arco. La normativa toma como unidad los milímetros.

Tarcmin: Es el tiempo mayor de todas las protecciones en despejar la corriente de arco (Iarcmin).

#### 2.3.1.2 Procedimiento de calculo

- Seleccionar a que Bus se le quiere hacer el estudio.
- Seleccionar que tipo de equipo es el bus.
- Seleccionar si la protección 1 es interna o externa.
- Seleccionar el tipo de aterrizamiento.
- Revisar que corriente de cortocircuito dio como resultado en el cálculo de corriente de cortocircuito, se puede observar en el campo “Icckt” que se encuentra debajo de “Aterrizamiento” y arriba de “Calculo de arco para Equipo”.
- Tomando en cuenta la corriente de cortocircuito leída en el punto anterior y las características de las protecciones, introducir el valor de corriente de cortocircuito.
- Presionar Calcular

- Leer el valor de  $I_{arc}$ , obtener el valor de tiempo para la corriente  $I_{arc}$  de la curva corriente tiempo de la protección respectiva.
- Repetir el paso anterior con  $I_{arcmin}$  y  $T_{arcmin}$ .
- Colocar la Distancia entre los electrodos (cables, barras) en milímetros.
- Volver a presionar el botón calcular.
- Si es necesario repetir los anteriores 6 pasos para el segundo gabinete si se seleccionó la opción de protección 1 externa.
- Presionar el botón Guardar.

#### 2.3.1.3 Descargar viñeta

Para descargar la viñeta se tiene que hacer el cálculo, luego presionar el botón mostrar viñeta, cuando aparezca la viñeta apretar encima de ella clic derecho en “guardar imagen como” y guardar como si fuera un archivo descargado de internet.

**Por cada gabinete hay una viñeta.**

#### 2.3.2 Arc flash 2018

Para entrar a la ventana de cálculo de Arc Flash 2018 (Figura 22) se tiene que apretar el botón “Arc flash” en el “menú de cálculo”.

Arc Flash Calculos ×

Equipo: EUCzB

Tension nominal: 4.16 kV

Tipo de Caja: MCC & Panels

Información de Equipos Conectados

Proteccion	Cerrada	ID Equipo Conectado	Tipo Equipo Conectado	Etiqueta Equipo Conectado	In [A] Proteccion
1	Si	Cj3fo	transformador		13
2	Si	dvt4Y	bus		13
3	Si	y0WFr	bus		13

Proteccion 1:  Interna en Caja  Externa de la Caja

lcckt: 4

Calculo de arco Para Equipo: EUCzB

Conf Electrodo: VCB

Altura: 1143

Ancho: 762

Profundidad: 512

Distancia Electrodo: 104      Distancia de Trabajo: 914.4

lcckt: 15

larc [kA]: 197      larc min [kA]: 223

Tarc: 197      Tarc min [ms]: 223

E incidente:      E min Incidente

AFB:      AFB min

Energia Incidente Final[J/cm^2]: 13.3441

AFB Final[mm]: 1704.2512

Figura 22. Ventana de arco eléctrico 2018.

### 2.3.2.1 Elementos

Este campo que se puede observar como un dropdown box en la Figura 14, puede tomar el valor de las etiquetas/ID de los buses que están en todo el plano cartesiano 2D, y selecciona a que equipo se le hará el estudio de arco.

Conf de Electrodo: La configuración de electrodos es la disposición física en la cual están colocados los electrodos (fuente potencial de arco) adentro de los gabinetes del equipo eléctrico.

Altura: Es la altura del gabinete del equipo al cual se le esté haciendo el estudio de arco eléctrico. Las unidades de medida son milímetros.

Ancho: Es lo Ancho del gabinete del equipo al cual se le esté haciendo el estudio de arco eléctrico. Las unidades de medida son milímetros.

Profundidad: Es la profundidad del gabinete del equipo al cual se le esté haciendo el estudio de arco eléctrico. Las unidades de medida son milímetros.

Icckt: Es la corriente de cortocircuito con que se quiere hacer el cálculo de corriente de arco, cuando se ha seleccionado externo, este valor puede variar entre ambos gabinetes del equipo sí se tiene algún dispositivo que limite las corrientes de cortocircuito.

Iarc: Se recomienda presionar calcular una vez se haya puesto la corriente de cortocircuito, sin importar que todavía no se sepa cuanto tiempo poner en el campo Tarc, de esta forma se puede obtener la corriente que pasara por el arco y leer las curvas de la protección que se calcule tenga mayor tiempo para despejar esa corriente.

Tarc: Es el tiempo mayor de todas las protecciones en despejar la corriente de arco (Iarc).

Iarcmin: Para el cálculo de Arco eléctrico se hacen dos cálculos de energía incidente, de frontera de arco y de corriente de arco, la primera corriente se saca con respecto a las fórmulas, la segunda se saca como un porcentaje de la primera con fórmulas propias de la normativa. Tanto de la energía incidente como la frontera de arco se tendrán dos resultados, y el más alto de entre estos será el resultado final, a esto se debe que exista Iarcmin/Iarc, Tarcmin/Tarc, AFBmin/AFB.

Tarcmin: Es el tiempo mayor de todas las protecciones en despejar la corriente de arco (Iarcmin).

Distancia de electrodos: En la normativa 1584 se toma en cuenta que el arco se genera a partir de los cables de entrada de las protecciones, barras del equipo, entre otras, a partir de la distancia superficial entre estos se genera el arco. La normativa toma como unidad los milímetros.

Distancia de trabajo: Distancia entre una fuente potencial de arco y la cabeza y cuerpo del trabajador realizando la operación

#### 2.3.2.2 Procedimiento de calculo

- Seleccionar a que Bus se le quiere hacer el estudio.
- Seleccionar que tipo de equipo es el bus.

- Seleccionar si la protección 1 es interna o externa.
- Seleccionar la configuración de electrodos.
- Insertar las dimensiones del gabinete al cual se le quiera realizar el calculo
- Revisar el resultado de corriente de cortocircuito en el cálculo de corriente de cortocircuito, se puede observar en el campo “Icckt” que se encuentra debajo de “Protección 1” y arriba de “Calculo de arco para Equipo”.
- Tomando en cuenta la corriente de cortocircuito leída en el punto anterior y las características de las protecciones, introducir el valor de corriente de cortocircuito.
- Insertar la distancia de los electrodos y la distancia de trabajo.
- Presionar Calcular
- Leer el valor de Iarc, obtener el valor de tiempo para la corriente Iarc de la curva corriente tiempo de la protección respectiva.
- Repetir el paso anterior con Iarcmin y Tarcmin.
- Volver a presionar el botón calcular.
- Si es necesario repetir los anteriores 6 pasos para el segundo gabinete si se seleccionó la opción de protección 1 externa.
- Presionar el botón Guardar.

#### 2.3.2.3 Descargar viñeta

Para descargar la viñeta se tiene que hacer el cálculo, luego presionar el botón mostrar viñeta, cuando aparezca la viñeta apretar encima de ella clic derecho en “guardar imagen como” y guardar como si fuera un archivo descargado de internet.

#### 2.4 Descargar el documento

La aplicación web permite descargar el documento en donde se está trabajando para luego volver a cargarlo, se tienen limitantes en cuanto a que se tiene que volver a nombrar el archivo cada vez que se quiera volver a descargar, y el archivo descargado no guarda el nombre asignado.

En el “menú principal” se selecciona “Descargar Archivo”, e inmediatamente aparece en el footer un recuadro para nombrar el archivo y el botón descargar, al nombrar el archivo solo se selecciona aceptar y el archivo se habrá descargado como un archivo de texto con terminación “.CKT”.

#### 2.5 Cargar el documento

Para cargar el documento en el “menú principal” se selecciona Cargar diagrama, y en el footer aparece el botón “Seleccionar archivo”, al seleccionarlo se busca el archivo por el buscador de archivo de Windows, una vez seleccionado solo se aprieta el botón aceptar.

## 2.6 Descargar consolidado de excel

Los resultados se pueden descargar en un consolidado en un archivo Excel “.xlsx” para esto se sitúa en el “Menú Principal” y se selecciona “Descargar excel”, y automáticamente se descargará el archivo, si se quiera descargar una segunda vez se tiene que descargar el archivo “.CKT”, recargar la página web, y cargar el archivo descargado a la aplicación web.

## 2.7 Descargar imagen del diagrama unifilar

Se da clic derecho sobre el canvas y se aprieta el botón “guardar imagen como”, luego se procede a descargar como un archivo normal de internet.

## CAPITULO 3: UTILIZACION DE APLICACIÓN WEB EN CASOS DE ESTUDIO

Luego de describir la aplicación web desarrollada es necesaria su puesta en práctica. A continuación, se muestra el proceso de simulación para dos casos de estudios distintos. El primer caso estudia la red eléctrica de una planta generadora renovable y el segundo caso es la instalación industrial de la editorial universitaria. Ambos casos han sido estudiados en la aplicación web, así como en software comercial para contrastar los resultados y tomar conclusiones de la eficacia de la aplicación web.

### 3.1 Caso de estudio: planta de generación renovable

La energía renovable es la energía de fuentes que se reponen naturalmente. Debido a los problemas relacionados al cambio climático, la generación de energía por fuentes renovables es una iniciativa que ayuda a la protección del medio ambiente. La planta generadora tiene una capacidad de 6MW, cuenta con 6 generadores, está conectada a la red de distribución eléctrica a 23kV y existen 27 puntos de estudios en la instalación.

#### 3.1.1 Información

Para poder realizar la modelación del sistema se debe recopilar datos que permita describir los equipos en el momento de una falla. Se inicia con el diagrama unifilar actualizado del sistema y luego la verificación en campo de lo mostrado en dicho diagrama. Se determinan los equipos fuentes de corriente de cortocircuito, así como el equivalente de la red proporcionado por la compañía de distribución eléctrica.

Equipos Involucrados:

Equivalente de red: el punto de interconexión con la distribuidora es trifásico, presenta una corriente de cortocircuito trifásica de 1.716kA y una relación X/R de 13.45 (7.7166/0.5735).

Generadores: la planta de generación cuenta con 6 generadores de 1310kVA cada uno conectados al bus de 4.16kV y dos generadores de emergencia de 250kVA y 160kVA.

Motores: el sistema cuenta con una gran cantidad de motores, para el correcto funcionamiento de la planta. A continuación, se presenta un resumen de la carga de motores con la que se cuenta. La mayoría de carga de motores se encuentra a 480V.

Tabla 3. Motores del Sistema – Planta de Generación Renovable.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	HP	KW	UNIDADES
1	Compresor de Aire	10		2
2	Centrifugal Blower	300		1
3	Chiller Process Pump	15		1
4	Chiller Cooler	10		1
5	Radiador		2.2	24
6	Bomba de Enfriamiento de Agua		7.5	6
7	Ventiladores	10		6
8	Ventiladores SW4	10		2
9	Compresores TSA	10		4
10	Compresor de Aire	5		1
11	Sopladores	10		2

### Transformadores

La planta presenta una alimentación de 23kV, la cual pasa por un transformador de 10/12MVA conectado en estrella/delta que convierte a 4.16kV. Posteriormente, se encuentra un transformador de 1.2MVA conectado en delta/estrella que transforma a 480V. En baja tensión, se encuentran cuatro transformadores. Tres de ellos son monofásicos, dos con capacidades de 15kVA y uno de 50kVA. El ultimo transformador es de tres fases y 75kVA.

### Diagrama del Sistema

Ambos diagramas unifilares, media tensión y baja tensión se encuentran el anexo 3. A continuación se muestra un diagrama conceptual.

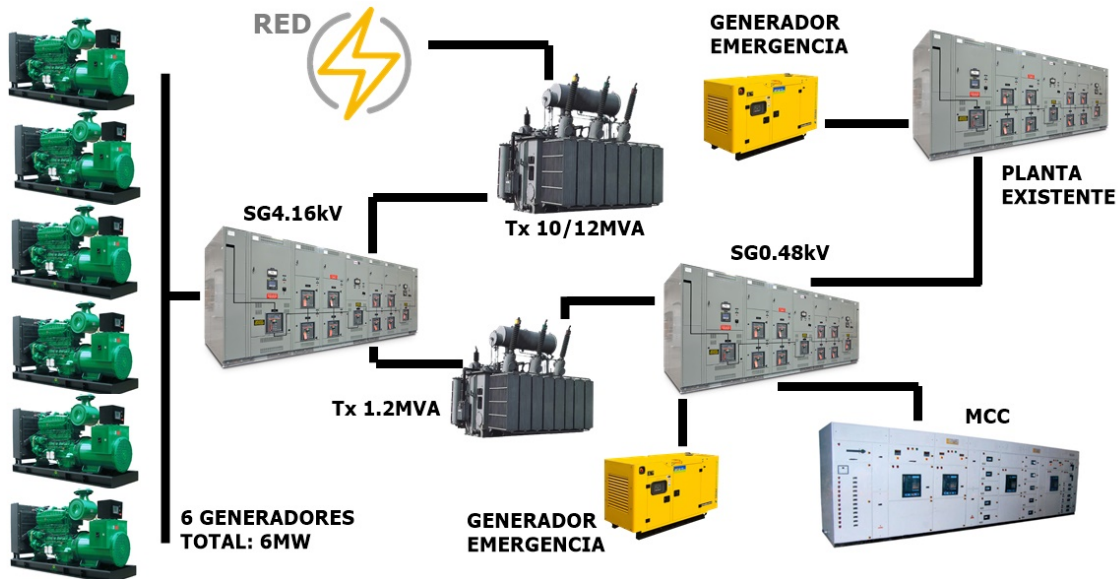


Figura 23. Diagrama Conceptual PGR.



### 3.1.2 Estudio de cortocircuito

El análisis de corrientes de cortocircuito fue realizado en el software Windmil. Luego de configurar todos de información de las fuentes de corriente de cortocircuito, se obtuvieron resultados de las diferentes corrientes de falla (Mínima LG, Máxima LG, LLG, 3L), impedancia acumulada, nivel de tensión, entre otros. La siguiente tabla resume los resultados del estudio. El reporte completo se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 4. Resumen Estudio de Cortocircuito Planta Generación Renovable.

BUS	V[kV]	LG[kA]	LLG[kA]	3L[kA]
SG 4.16	4.16	-	5.63	6.50
SW1	0.48	28.20	31.20	25.45
COMPRESOR AIRE 1	0.48	28.20	31.20	25.45
COMPRESOR AIRE 2	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC MOTOR 1	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC MOTOR 2	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC MOTOR 3	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC MOTOR 4	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC MOTOR 5	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC MOTOR 6	0.48	28.20	31.20	25.45
SW7	0.48	28.20	31.20	25.45
MCC TSA SW5	0.48	25.10	26.44	26.38
SW2 PANEL FUERZA	0.48	28.20	31.20	25.45
SW4	0.48	28.20	31.20	25.45
TSA CONTROL PANEL	0.48	25.10	26.44	26.38
CTRL PANEL SVX 900 (15HP)	0.48	28.20	31.20	25.45
CTRL PANEL SVX 900 (10HP)	0.48	28.20	31.20	25.45
CTRL PANEL SVX 900 (300HP)	0.48	28.20	31.20	25.45
SW6	0.24	4.33	4.35	4.28
TD 2 AUX	0.24	4.33	4.35	4.28
PD1	0.48	13.11	31.53	33.12
PANEL BLOWER 9	0.48	13.11	31.53	33.12
PANEL BLOWER 10	0.48	13.11	31.53	33.12
PC-02	0.48	11.82	32.50	34.42
BSD50	0.48	13.11	31.53	33.12

### 3.1.3 Estudio de arco eléctrico

#### 3.1.3.1 Resultados software comercial IEEE Std 1584-2002

Al igual que el estudio de cortocircuito, se hizo uso del software Windmil para el estudio de arco eléctrico. Dicho software de pago trabaja con el estándar IEEE 1584 año 2002 y se muestran los resultados obtenidos y la información principal de entrada.

Tabla 5. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR - Software Comercial Windmil – IEEE Std 1584-2002.

BUS	V[kV]	Ia[kA] Windmil	Ei[J/cm <sup>2</sup> ] Windmil	Frontera de Arco[mm] Windmil	Categoria EPP	BUS
SG4.16	4.16	6.36	188.8	38000	5	SG4.16
SW1	0.48	13.73	31.18	2071	2	SW1
AIR COMP1	0.48	14.57	3.51	367	1	AIR COMP1
AIR COMP2	0.48	14.57	3.51	367	1	AIR COMP2
MCC MOTOR 1	0.48	14.57	14.09	855	1	MCC MOTOR 1
MCC MOTOR 2	0.48	14.57	14.09	855	1	MCC MOTOR 2
MCC MOTOR 3	0.48	14.57	14.09	855	1	MCC MOTOR 3
MCC MOTOR 4	0.48	14.57	14.09	855	1	MCC MOTOR 4
MCC MOTOR 5	0.48	14.57	14.09	855	1	MCC MOTOR 5
MCC MOTOR 6	0.48	14.57	14.09	855	1	MCC MOTOR 6
SW7	0.48	14.57	3.51	367	1	SW7
SW5	0.48	14.57	3.63	367	1	SW5
SW2 FUERZA	0.48	14.57	3.5107	366	2	SW2 FUERZA
SW4	0.48	14.57	3.57	367	1	SW4
TSA CRTL	0.48	14.57	3.63	367	1	TSA CRTL
CRTL 15HP	0.48	14.57	21.09	1094	2	CRTL 15HP
CRTL 10HP	0.48	14.57	21.09	1094	2	CRTL 10HP
CRTL 300HP	0.48	14.57	21.09	1094	2	CRTL 300HP
SW6	0.24	2.08	0.26	103	1	SW6
TD2AUX	0.24	2.48	0.52	114	1	TD2AUX
PD1	0.48	18.24	4.476	425	2	PD1
PANEL BLOWER 9	0.48	18.24	4.48	425	1	PANEL BLOWER 9
PANEL BLOWER 10	0.48	18.24	4.48	425	1	PANEL BLOWER 10
PC-02	0.48	17.63	1.5	201	1	PC-02
BSD50	0.48	18.24	4.48	425	1	BSD50

Se puede observar que el resultado de categoría de EPP es bastante variado, abarcando desde la categoría 1, hasta la 5. Siendo el nivel de tensión de 4.16kV el que cuenta con el mayor peligro de arco eléctrico.

#### 3.1.3.2 Resultados aplicación web IEEE Std 1584-2002

El mismo sistema eléctrico será evaluado con la aplicación web desarrollada en este trabajo de investigación. El estudio parte de los datos de entrada del software Windmil, así se podrán

comparar el funcionamiento de la aplicación web posteriormente. La siguiente tabla resume la información de entrada para el estudio de arco eléctrico.

Tabla 6. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico PGR IEEE Std 1584-2002 - Aplicación Web.

BUS	V[kV]	Tipo de Equipo	I <sub>b</sub> [kA]	T [ms]	Distancia Electrodo[s][mm]	Distancia Trabajo[mm]	Aterrizado
SG4.16	4.16	SG	6.5	5000	102	910	Si
SW1	0.48	SG	25.45	300	32	610	Si
AIR COMP1	0.48	MCC&P	25.45	16.7	25	455	Si
AIR COMP2	0.48	MCC&P	25.45	16.7	25	455	Si
MCC MOTOR 1	0.48	MCC&P	25.45	67	25	455	Si
MCC MOTOR 2	0.48	MCC&P	25.45	67	25	455	Si
MCC MOTOR 3	0.48	MCC&P	25.45	67	25	455	Si
MCC MOTOR 4	0.48	MCC&P	25.45	67	25	455	Si
MCC MOTOR 5	0.48	MCC&P	25.45	67	25	455	Si
MCC MOTOR 6	0.48	MCC&P	25.45	67	25	455	Si
SW7	0.48	MCC&P	25.45	16.7	25	455	Si
SW5	0.48	MCC&P	26.38	16.7	25	455	Si
SW2 FUERZA	0.48	MCC&P	25.45	16.7	25	455	Si
SW4	0.48	MCC&P	25.45	17	25	455	Si
TSA CRTL	0.48	MCC&P	26.38	16.7	25	455	Si
CRTL 15HP	0.48	MCC&P	25.45	100	25	455	Si
CRTL 10HP	0.48	MCC&P	25.45	100	25	455	Si
CRTL 300HP	0.48	MCC&P	25.45	100	25	455	Si
SW6	0.24	MCC&P	4.28	16.7	25	455	Si
TD2AUX	0.24	MCC&P	4.28	16.7	40	455	Si
PD1	0.48	MCC&P	33.12	16.7	25	455	Si
PANEL BLOWER 9	0.48	MCC&P	33.12	16.7	0	455	Si
PANEL BLOWER 10	0.48	MCC&P	33.12	16.7	0	455	Si
PC-02	0.48	MCC&P	34.42	6	0	455	Si
BSD50	0.48	MCC&P	33.12	16.7	25	455	Si

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación web comparados con los resultados del software comercial.

### 3.1.3.3 Resultados aplicación web vs programa comercial IEEE Std 1584-2002

Tabla 7. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2002.

BUS	V[kV]	Ia[kA]	Ia[kA]	Ei[J/cm2]	Ei[J/cm2]	Frontera de	Frontera de	Categoria	BUS
		programa	Windmil	programa	Windmil	Arco[mm]	Arco[mm] Windmil		
SG4.16	4.16	6.36	6.36	176.43	188.80	35447	38000	5	SG4.16
SW1	0.48	13.71	13.73	31.19	31.18	2381	2071	2	SW1
AIR COMP1	0.48	14.56	14.57	3.51	3.51	367	367	1	AIR COMP1
AIR COMP2	0.48	14.56	14.57	3.51	3.51	367	367	1	AIR COMP2
MCC MOTOR 1	0.48	14.56	14.57	14.08	14.09	855	855	1	MCC MOTOR 1
MCC MOTOR 2	0.48	14.56	14.57	14.08	14.09	855	855	1	MCC MOTOR 2
MCC MOTOR 3	0.48	14.56	14.57	14.08	14.09	855	855	1	MCC MOTOR 3
MCC MOTOR 4	0.48	14.56	14.57	14.08	14.09	855	855	1	MCC MOTOR 4
MCC MOTOR 5	0.48	14.56	14.57	14.08	14.09	855	855	1	MCC MOTOR 5
MCC MOTOR 6	0.48	14.56	14.57	14.08	14.09	855	855	1	MCC MOTOR 6
SW7	0.48	14.56	14.57	3.51	3.51	367	367	1	SW7
SW5	0.48	15.02	14.57	3.63	3.63	374	367	1	SW5
SW2 FUERZA	0.48	14.56	14.57	3.51	3.51	366	366	2	SW2 FUERZA
SW4	0.48	14.56	14.57	3.51	3.57	367	367	1	SW4
TSA CRTL	0.48	15.02	14.57	3.63	3.63	374	367	1	TSA CRTL
CRTL 15HP	0.48	14.56	14.57	21.08	21.09	1092	1094	2	CRTL 15HP
CRTL 10HP	0.48	14.56	14.57	21.08	21.09	1092	1094	2	CRTL 10HP
CRTL 300HP	0.48	14.56	14.57	21.08	21.09	1092	1094	2	CRTL 300HP
SW6	0.24	2.18	2.08	0.28	0.26	106	103	1	SW6
TD2AUX	0.24	2.48	2.48	0.52	0.52	114	114	1	TD2AUX
PD1	0.48	18.24	18.24	4.48	4.48	425	425	2	PD1
PANEL BLOWER 9	0.48	18.24	18.24	4.48	4.48	425	425	1	PANEL BLOWER 9
PANEL BLOWER 10	0.48	18.24	18.24	4.48	4.48	425	425	1	PANEL BLOWER 10
PC-02	0.48	17.63	17.63	0.98	1.50	201	201	1	PC-02
BSD50	0.48	18.24	18.24	4.48	4.48	425	425	1	BSD50
Tasa de Error %		0.4		2.7		2.0			

El mayor porcentaje promedio de error obtenido es del 2.7% para la energía incidente, lo cual justifica como aceptable el rendimiento de la aplicación web. A pesar de las diferencias mínimas de resultados, las categorías de EPP se mantuvieron.

### 3.1.3.4 Resultados aplicación web IEEE Std 1584-2018

Aunque existen diferentes páginas web donde se puede aplicar el estándar (2002), solo existe una página web que permite realizar el estudio de arco eléctrico con el estándar IEEE 1584 (2018). Sin embargo, las opciones de entrada de datos son muy limitadas y no permiten que se realice la comparación de rendimiento para dicha versión. Este hecho justifica la importancia de la aplicación web desarrollada en este trabajo de investigación. Por lo tanto, solo se realizará el estudio con la aplicación web.

Tabla 8. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico PGR IEEE Std 1584-2018 - Aplicación Web.

BUS	V[kV]	Ib[kA]	T [ms]	Equipo	Config Electrodos	Dimensiones[mm]			Distancia	Distancia
						H	W	D	Electrodos[mm]	Trabajo[mm]
<b>SG4.16</b>	4.16	6.5017	5000	SG	VCB/VCBB	1143	762	762	914.4	104
<b>SW1</b>	0.48	25.455	300	SG	VCB/VCBB	508	508	508	609.6	32
<b>AIR COMP1</b>	0.48	25.455	16.7	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>AIR COMP2</b>	0.48	25.455	16.7	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>MCC MOTOR 1</b>	0.48	25.455	67	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>MCC MOTOR 2</b>	0.48	25.455	67	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>MCC MOTOR 3</b>	0.48	25.455	67	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>MCC MOTOR 4</b>	0.48	25.455	67	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>MCC MOTOR 5</b>	0.48	25.455	67	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>MCC MOTOR 6</b>	0.48	25.455	67	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>SW7</b>	0.48	25.455	16.7	SG	VCB/VCBB	508	508	508	609.6	25
<b>SW5</b>	0.48	26.376	16.7	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>SW2 FUERZA</b>	0.48	25.455	16.7	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>SW4</b>	0.48	25.455	17	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>TSA CRTL</b>	0.48	26.376	16.7	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>CRTL 15HP</b>	0.48	25.455	100	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>CRTL 10HP</b>	0.48	25.455	100	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>CRTL 300HP</b>	0.48	25.455	100	MCC	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>SW6</b>	0.24	4.2813	15	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>TD2AUX</b>	0.24	4.2813	16.7	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>PD1</b>	0.48	33.117	16.7	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>PANEL BLOWER 9</b>	0.48	33.117	16.7	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>PANEL BLOWER 10</b>	0.48	33.117	16.7	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>PC-02</b>	0.48	34.418	6	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25
<b>BSD50</b>	0.48	33.117	16.7	PANEL	VCB/VCBB	355.6	304.8	203.2	457.2	25

Con el uso de los datos de la tabla 8, se procedió a realizar el estudio. La tabla 9 expone los resultados obtenidos.

Tabla 9. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2018.

BUS	V[kV]	Ia[kA] programa	T [ms]	Ei[J/cm2] programa	Frontera de Arco[mm]	Categoría EPP	BUS
SG4.16	4.16	5.94	5000	185.40	7344	4	SG4.16
SW1	0.48	20.40	300	49.97	2170	3	SW1
AIR COMP1	0.48	20.75	16.7	4.47	389	1	AIR COMP1
AIR COMP2	0.48	20.75	16.7	4.47	429	1	AIR COMP2
MCC MOTOR 1	0.48	20.75	67	17.92	924	1	MCC MOTOR 1
MCC MOTOR 2	0.48	20.75	67	17.92	924	1	MCC MOTOR 2
MCC MOTOR 3	0.48	20.75	67	17.92	924	1	MCC MOTOR 3
MCC MOTOR 4	0.48	20.75	67	17.92	924	1	MCC MOTOR 4
MCC MOTOR 5	0.48	20.75	67	17.92	924	1	MCC MOTOR 5
MCC MOTOR 6	0.48	20.75	67	17.92	924	1	MCC MOTOR 6
SW7	0.48	20.75	16.7	2.65	429	1	SW7
SW5	0.48	21.45	16.7	4.64	438	1	SW5
SW2 FUERZA	0.48	20.75	16.7	4.55	433	1	SW2 FUERZA
SW4	0.48	20.75	17	4.55	433	1	SW4
TSA CRTL	0.48	21.45	16.7	4.64	438	1	TSA CRTL
CRTL 15HP	0.48	20.75	100	26.74	1153	2	CRTL 15HP
CRTL 10HP	0.48	20.75	100	26.74	1153	2	CRTL 10HP
CRTL 300HP	0.48	20.75	100	26.74	1153	2	CRTL 300HP
SW6	0.24	2.26	15	0.32	99	1	SW6
TD2AUX	0.24	2.26	16.7	3.53	105	1	TD2AUX
PD1	0.48	26.28	16.7	5.83	497	1	PD1
PANEL BLOWER 9	0.48	26.28	16.7	5.83	497	1	PANEL BLOWER 9
PANEL BLOWER 10	0.48	26.28	16.7	5.83	497	1	PANEL BLOWER 10
PC-02	0.48	27.15	6	2.17	288	1	PC-02
BSD50	0.48	26.28	16.7	5.83	497	1	BSD50

Aunque en el siguiente capítulo, se abarca la comparación entre ambas versiones del estándar. Se puede mencionar la disminución del peligro de arco eléctrico. Siendo en este resultado 4, el mayor número de EPP.

### 3.2 Caso de estudio: editorial universitaria

La editorial de la Universidad de El Salvador nace en 1958 bajo la rectoría del Dr. Romeo Fortín Magaña, teniendo su auge en los años sesenta y setenta. Debido a los años de servicio de su equipo de máquinas, se realiza la propuesta de modernización del equipamiento de la misma. Para ello fue necesario un análisis de viabilidad eléctrica del proyecto, el siguiente estudio se basa en la instalación eléctrica actual de la editorial.

#### 3.2.1 Información

Con la ausencia de diagramas eléctricos actualizados de la editorial, se debió iniciar un levantamiento de las instalaciones de forma visual. Esto debido a que las maquinas están funcionando de forma continua. Así se valoró el estado del sistema eléctrico y determino la

capacidad de aumentar la carga. Posteriormente, se investigó la información técnica de los nuevos equipos a instalar para la realización de la propuesta del sistema eléctrico de modernización.

## EQUIPOS INVOLUCRADOS

### Equivalente de red

El punto de interconexión con la distribuidora es trifásico, presenta una corriente de cortocircuito trifásica de 6.3kA a 13.2kV.

### Motores

El sistema cuenta con diferentes maquinas entre impresoras, cortadoras, pegadoras, etc. La tabla 11 resume la información.

Tabla 10. Motores del Sistema – Editorial Universitaria.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	HP	KW	UNIDADES
1	Extractor	3/4		2
2	Guillotina		5.7	1
3	Prensa Cilíndrica		6.2	1
4	Dobladora		3.3	1
5	Minerva		3.6	1
6	Pegadora Semi-Industrial		2.2	1
7	Pegadora industrial		3.0	1
8	Engrapadora		2.7	2
9	Offset		2.2	2
10	Compresor AA Dirección	4		1
11	Compresor AA Diseño	4		1
12	Compresor AA Admin	4		1

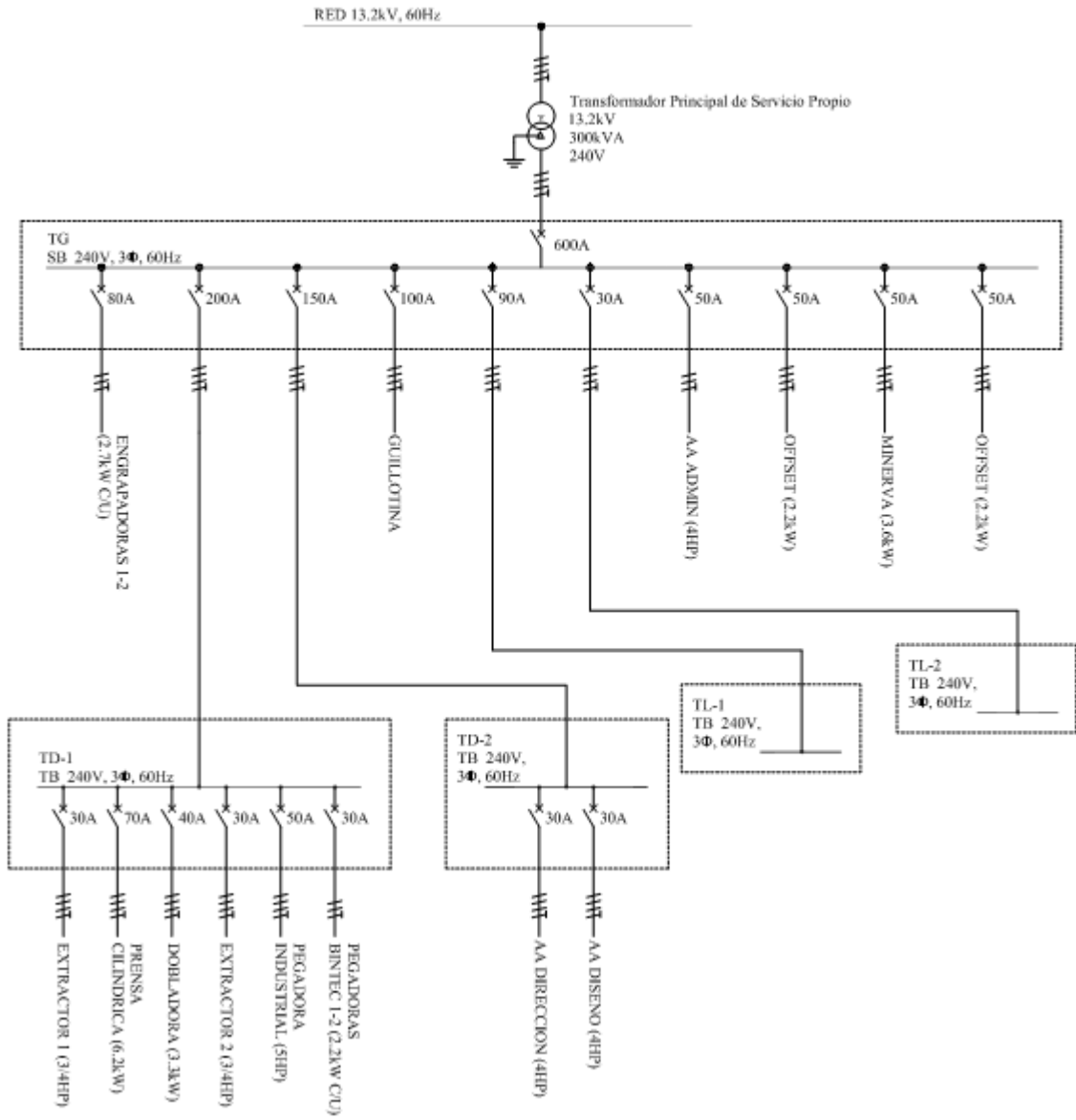
### Transformadores

La editorial cuenta con un único transformador trifásico de 300kVA. Su nivel de tensión en primario es de 13.2kV y 240V en secundario. Su conexión es una estrella-delta.

### Tableros

A pesar de haber una cantidad considerable de equipos, el estudio de arco eléctrico abarca equipos que posiblemente deban recibir mantenimiento de forma energizada. Por lo tanto, se limitará el estudio a los tableros de distribución. Se cuenta con un switchboard como tablero general de distribución, dos tableros de luminarias (TL1 y TL2) y dos tableros de distribución para la mayoría de las maquinas (TD1 y TD2).

# Diagrama del Sistema





### 3.2.2 Estudio de cortocircuito

ETAP es un software especializado en el estudio de potencia. Dicho programa se utilizó en el estudio de cortocircuito. Se obtuvieron resultados de las corrientes de cortocircuito, impedancia acumulada, nivel de tensión, entre otros. La siguiente tabla resume los resultados del estudio. El reporte completo se encuentra en el Anexo A3.3.

Tabla 11. Resumen Estudio de Cortocircuito Editorial Universitaria.

<b>BUS</b>	<b>V[kV]</b>	<b>3L[kA]</b>
<b>TG</b>	0.24	7.8
<b>TD1</b>	0.24	4.7
<b>TD2</b>	0.24	3.8
<b>TL1</b>	0.24	2.9
<b>TL2</b>	0.24	0.96

### 3.2.3 Estudio de arco eléctrico

#### 3.2.3.1 Resultados aplicación web vs página web IEEE Std 1584-2002

Dado que no se contaba con la extensión de ETAP para realizar el estudio, se optó por una página web. En internet se pueden encontrar diversas aplicaciones web que desarrollan el cálculo para la primera versión del estándar. Esto no es entendible dados los 17 años que tiene de existencia la guía de estudio y tomando en cuenta que está desfasado.

La página web utilizada es [www.myElectrical.com](http://www.myElectrical.com), es una comunidad de internet donde se comparte información relacionado a la ingeniería eléctrica. Su rendimiento se comparó con otras dos páginas web, [www.WireSizeCalculator.net](http://www.WireSizeCalculator.net) y [www.jCalc.net](http://www.jCalc.net) dando resultados idénticos. Se selecciono myElectrical ya que su página cuenta con más información de electricidad, a diferencia de las otras dos. La tabla 12 tiene los datos de entrada necesarios para realizar el estudio.

Tabla 12. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico Editorial- IEEE Std 1584-2002

<b>BUS</b>	<b>V[kV]</b>	<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Ib[kA]</b>	<b>T[ms]</b>	<b>Distancia Electrodo[s][mm]</b>	<b>Distancia Trabajo[mm]</b>	<b>Aterrizado</b>
<b>TG</b>	0.24	SB	7.8	2500	32	610	Si
<b>TD1</b>	0.24	MCC&P	4.7	16	25	455	Si
<b>TD2</b>	0.24	MCC&P	3.8	16	25	455	Si
<b>TL1</b>	0.24	MCC&P	2.9	300	25	455	Si
<b>TL2</b>	0.24	MCC&P	0.96	100	25	455	Si

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos al comparar la aplicación web con la página web.

Tabla 13. Resultados Estudio de Arco Eléctrico Editorial – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2002.

BUS	V[kV]	Ia[kA]	Ia[kA]	Ei[J/cm2]	Ei[J/cm2]	Frontera de Arco[mm]	Frontera de Arco[mm]	Categoría EPP	BUS
		App Web	Internet	App Web	internet	App Web	internet		
TG	0.24	3.13	3.13	62.77	62.77	3398	3398	3	TG
TD1	0.24	2.65	2.65	0.53	0.53	116	116	*	TD1
TD2	0.24	2.27	2.27	0.45	0.45	105	105	*	TD2
TL1	0.24	1.87	1.87	6.9	6.9	552	552	1	TL1
TL2	0.24	0.84	0.84	1.00	1.00	167	167	*	TL2

Por simple inspección se observa que los resultados son los mismos en ambas opciones. Además, se debe mencionar que la correcta configuración de las protecciones da como resultado un bajo peligro de arco eléctrico.

### 3.2.3.2 Resultados aplicación web IEEE Std 1584-2018

Como se mencionó anteriormente, no existen herramientas gratuitas que permitan realizar el estudio de arco eléctrico para la versión actual. Por lo tanto, se ejecutó únicamente el estudio en la aplicación web. Los datos de entrada son los siguientes:

Tabla 14. Datos de Entrada - Estudio de Arco Eléctrico Editorial- IEEE Std 1584-2018

BUS	V[kV]	Ib[kA]	T [ms]	Equipo	Config Electroodos	Dimensiones[mm]			Distancia Electroodos[mm]	Distancia Trabajo[mm]
						H	W	D		
TG	0.24	7.80	2500	SWBOARD	VCB/VCBB	1143	762	762	32	609.6
TD1	0.24	4.70	16	PANEL	VCB/VCBB	355.6	305	203.2	25	457.2
TD2	0.24	3.80	16	PANEL	VCB/VCBB	355.6	305	203.2	25	457.2
TL1	0.24	2.90	600	PANEL	VCB/VCBB	355.6	305	203.2	25	457.2
TL2	0.24	0.96	600	PANEL	VCB/VCBB	355.6	305	203.2	25	457.2

Finalmente, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR – Aplicación Web – IEEE Std 1584-2018.

BUS	V[kV]	Ia[kA]	T [ms]	Ei[J/cm2]	Frontera de Arco[mm]	Categoría EPP	BUS
		programa	[ms]	programa	Arco[mm]		
TG	0.24	4.13	2500	56.20	2317	3	TG
TD1	0.24	2.49	16	0.38	109	*	TD1
TD2	0.24	1.99	16	0.29	95	*	TD2
TL1	0.24	1.30	600	6.70	536	1	TL1
TL2	0.24	0.50	600	2.3	298	*	TL2

En el estudio, se determinó que el arco mínimo generaba mayor peligro que el arco normal. Esto debido a la diferencia en los tiempos de reacción de las protecciones. Por lo tanto, se optó por reducir el mayor peligro posible.

Los resultados de la tabla 16, poseen asteriscos en la categoría de EPP. Esto ocurre debido a que la energía incidente es menor a  $5 \text{ J/cm}^2$  y la frontera de arco es muy reducida. En estos casos, la NFPA 70E en su anexo H recomienda ropa de trabajo tal como camisa manga larga de material que no se derrita, jeans, botas de seguridad, casco, lentes.

## CAPITULO 4: IEEE STD 1584 2002 VS 2018

### 4.1 IEEE 1584-2002 VS 2018: cambios significativos

El siguiente capítulo tiene como objetivo analizar los cambios más significativos en la última versión del estándar IEEE 1584-2018. El estándar tuvo su primera aparición en septiembre del año 2002, posee cuatro métodos de cálculo principales e incluyen: corriente de arco para sistemas de menos de 1000 V, corriente de arco para sistemas de 1000 a 15,000 V, energía incidente y límite de protección de arco; fue aplicable para cálculos trifásicos y niveles de tensión que van desde 208V hasta 15KV.

No mucho tiempo después de su salida, se identificaron errores potenciales. Dichos errores fueron la razón por la cual se necesitaba una revisión, dada la importancia del estándar en el aspecto de seguridad eléctrica y las vidas que han sido salvadas desde el año 2002. La última versión proporciona un método de cálculo más completo y resultados precisos. Sin embargo, al igual que su predecesor, no es una réplica exacta de un arco eléctrico. Por lo tanto, es necesario considerar la existencia de un porcentaje de error en los cálculos dado que no es una réplica exacta del fenómeno.

#### 4.1.1 Principales problemas-versión 2002

Desde el lanzamiento de IEEE 1584-2002 surgieron críticas y estudios que presentaron deficiencias en el modelo de cálculo. Entre las investigaciones más sobresalientes, se encuentra el documento técnico desarrollado por los ingenieros A.D. Stokes y D.K. Sweeting llamado “*Electric Arcing Burn Hazards*” realizado en el año 2006. El documento hace énfasis a la nube de plasma producto de un arco eléctrico. Ya que la misma, a pesar de su corta duración, contiene la mayoría de energía de arco y puede provocar quemaduras mucho más graves a los trabajadores expuestos que lo predicho en la versión 2002 del estándar.

La investigación también abarca la configuración de electrodos. Dado que la versión preliminar únicamente abordaba su dirección en forma vertical, esto tuvo el efecto limitante en el flujo de calor recibido en una dirección horizontal al trabajador. Esta configuración a pesar de ser típica, provoca subestimaciones significativas de la carga de calor más severa que se pudo obtener. Ya que, la configuración de electrodos en dirección horizontal se presenta en distintos equipos y con lleva a plasma de arco con dirección perpendicular al trabajador. La siguiente imagen, ilustra la dirección del arco con respecto al trabajador y la posición de los electrodos.



Figura 24. Dirección de plasma de arco con respecto a los electrodos y el trabajador.

La imagen de la izquierda describe una configuración de electrodos de forma vertical. A la derecha se observa la nueva consideración de electrodos en forma horizontal apuntando directamente al trabajador. La configuración de electrodos horizontales se puede encontrar en Switchgears y switchboards.

Adicionalmente, otros expertos realizaron diferentes investigaciones que concluían con la importancia de la configuración de los electrodos, entre ellos se encuentran R. Wilkins, M. Allison y M. Lang con “*Effect of Electrode Orientation in Arc Flash Testing*” (2005) y “*Effect of Installation Barriers in Arc Flash Testing*” (2006). Este último documento abarca la variante que proporciona el fenómeno de arco eléctrico a la existencia de una barrera, lo cual produce resultados mayores a los considerados en el estándar con su configuración de electrodos. Colocar una barrera frente a los electrodos genera compresión del arco, pero produce mayor energía hacia el trabajador.

La primera versión del estándar presentaba distribución de rangos de tensión demasiado extenso y cuyos cálculos de acuerdo a lo anterior presentaban resultados muy diferentes. El limitado rango de 208V a 1kV, y 1kV a 15kV carecía de algún factor de corrección que permitiera cálculos más certeros al nivel de tensión de interés. Otras variables que se determinaron no influyentes en el cálculo de peligro para un arco eléctrico fueron el tamaño normalizado de las cajas eléctricas y ya sea si el sistema era aterrizado o no.

#### 4.1.2 Principales cambios-versión 2018

Su última versión (2018) fue desarrollada aproximadamente con 2000 experimentos y un presupuesto significativamente más alto al de tu antecesor. Además de contener 17 páginas de fórmulas, exponentes y coeficientes; cada formula con 10 variables independientes. Esto implica un proceso de cálculo más avanzado y por ende más certero.

#### 4.1.2.1 Diferentes combinaciones de electrodos de barra de bus

Inicialmente, las combinaciones disponibles eran VCB (electrodos verticales en caja de metal) y VOA (electrodos verticales al aire libre). La actualización agrega tres configuraciones extras, VCBB (electrodos verticales con barrera en caja metálica), HCB (electrodos horizontales en caja metálica) y HOA (electrodos horizontales al aire libre). La ubicación de los electrodos en forma horizontal direcciona el arco hacia el pecho del trabajador. Estas nuevas configuraciones pueden proporcionar mayor cantidad de energía al arco eléctrico.

Algo que no había sido tomado en cuenta son los objetos por debajo de los electrodos. En las pruebas realizadas para el primer estándar las cajas eléctricas y sus alrededores estaban vacías, situación poco usual. Podría haber materiales, que ante la explosión del arco eléctrico aumentarían la energía involucrada. Es importante recalcar, en una misma caja eléctrica, puede haber diferentes tipos de exposiciones y niveles de energía por las ubicaciones de las protecciones y el tipo de trabajo a realizar en el sitio. Se han tomado imágenes mostradas en el estándar para ejemplificar las configuraciones mencionadas.

Ejemplificación de configuración de electrodos:

##### I. VCB

Es la configuración común y generalizada en caja metálica. La ubicación de la falla es perpendicular a los electrodos verticales y debajo de la misma existe un espacio libre. La explosión de arco eléctrico apunta al suelo, la energía de arco que afecta al trabajador es menor comparado con otras configuraciones en caja metálica cerrada.

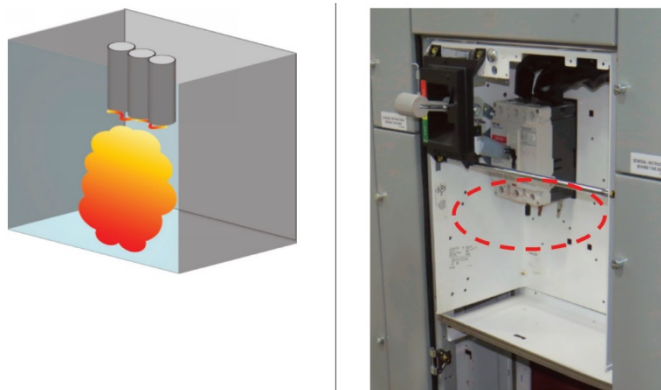


Figura 25. Configuración VCB (Electrodos Verticales en Caja Metálica).

## II. VCBB

Nueva configuración de electrodos en caja metálica. Sucede cuando hay una inclinación vertical de los electrodos y debajo del punto de falla existe alguna barrera de aislamiento. Dicha barrera puede ser alguna placa o la misma protección del equipo. La dirección de la explosión de arco eléctrico apunta al suelo, pero la barrera de aislamiento presenta un obstáculo a la explosión y podría impactar de frente al trabajador. Por lo tanto, el efecto de la explosión es mayor al poder desplazar en distintas direcciones los objetos que están debajo.

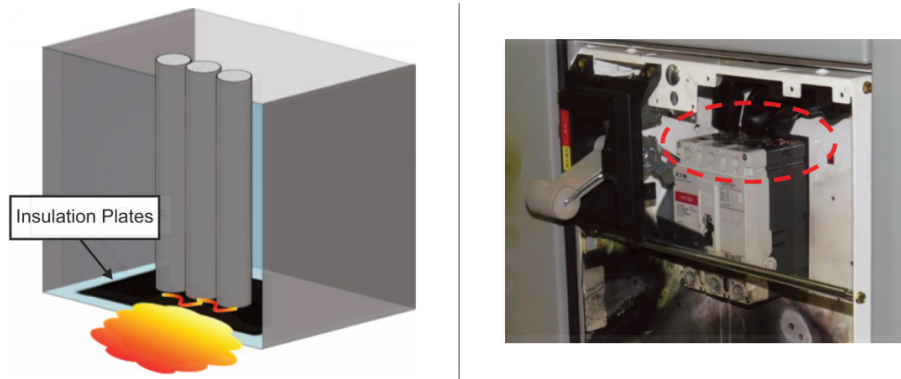


Figura 26. Configuración VCBB (Electrodos Verticales con aislamiento en Caja Metálica).

## III. HCB

Algunos equipos cuentan con la configuración de electrodos horizontales. La ubicación de la falla ocurre perpendicular a la inclinación de los electrodos, lo que direcciona la explosión de arco directamente al trabajador. Este caso no había sido tomado en cuenta con anterioridad y produce peligro de arco eléctrico mayor al de la configuración estándar de electrodos horizontales.

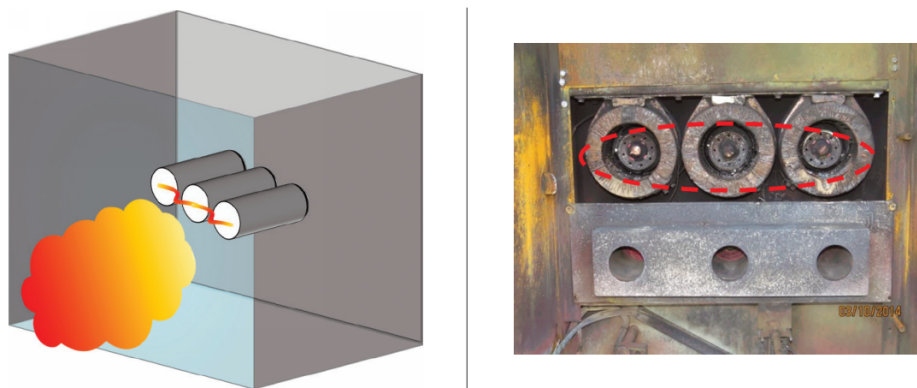


Figura 27. Configuración HCB (Electrodos Horizontales en Caja Metálica).

#### IV. HOA

Nueva configuración de electrodos al aire libre. Esto puede ocurrir en terminales de un transformador de pedestal como se ilustra en la imagen. Aunque dicho ejemplo es una variante, por la configuración triangular, la energía podría ser mayor que la ocurrida con electrodos horizontales alineados. La dirección de la explosión de arco apunta directamente al trabajador.

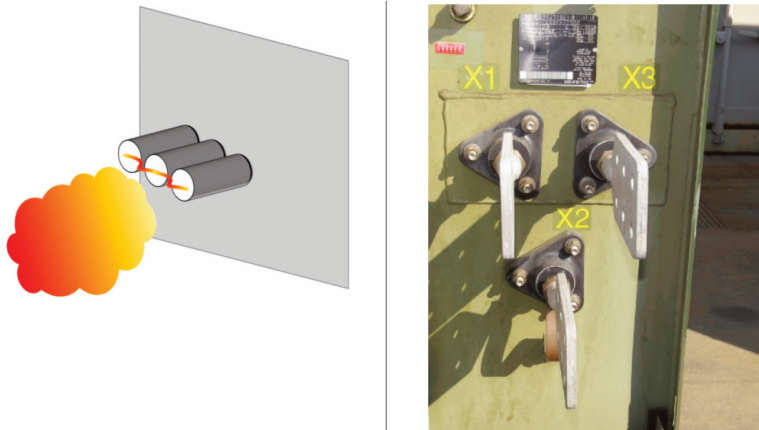


Figura 28. Configuración HOA (Electrodos Horizontales al Aire Libre).

#### V. VOA

Es la configuración estándar para equipos al aire libre. La dirección de la explosión de arco es hacia el suelo. En el caso de existir un trabajador justo debajo del equipo, todo el efecto del arco eléctrico recaería en dicha persona.

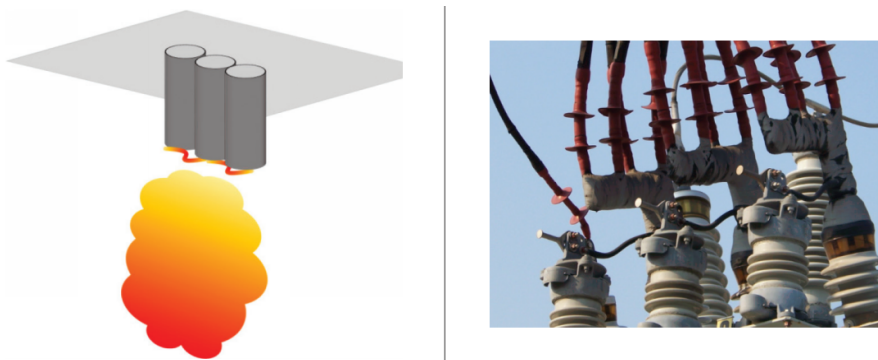


Figura 29. Configuración VOA (Electrodos Verticales al Aire Libre).

La configuración a escoger dependerá del trabajo a realizar; además, cuando un equipo presente distintos tipos de configuración se deberá seleccionar la que proporcione el mayor riesgo de arco eléctrico. Se pueden mencionar distintas relaciones entre las variables como: la distancia entre



electrodos es proporcional a la energía incidente, pero es inversamente proporcional a la corriente de arco. Las dimensiones de la caja metálica son inversamente proporcionales a la energía incidente y la corriente de arco. La distancia de trabajo es inversamente proporcional a la energía incidente.

#### 4.1.2.2 Rango de niveles de tensión y distancia entre conductores

Aunque anteriormente los niveles de tensión se diferenciaban en menor a 1kV y mayor a 1kV. El método actual tiene dos métodos  $600 < V < 15k$ , y  $208 < V < 600$ . Cabe mencionar que los resultados entre los niveles de tensión del modelo anterior presentaban amplias diferencias, a diferencia del modelo actual.

#### 4.1.2.3 Información de dimensiones de la caja

Existe un factor de corrección para las dimensiones de la caja eléctrica, esto debido a la normalización de los cálculos de las configuraciones de electrodos en cajas metálicas. Dadas las medidas de altura, profundidad y largo se pueden adaptar los resultados en relación al tamaño de la caja.

El tipo de caja eléctrica se clasifica en superficial “shallow” o típico “typical”. Siendo superficial cuando:

- a) El sistema tiene voltaje menor a 600Vac.
- b) La altura y ancho es menor a 508mm (20 pulgadas).
- c) La profundidad es menor o igual a 203.2mm (8 pulgadas).

#### 4.1.2.4 Factor de corrección para variación de corriente de arco y energía incidente.

Las ecuaciones ocupadas tienen tres rangos de nivel de tensión: 600V, 2.7kV y 14.3kV. A partir de estos niveles, se interpolan los resultados al nivel de tensión con el que se está trabajando. Este procedimiento produce modelos de arco eléctrico más cercano a la realidad.

#### 4.1.2.5 Pruebas de arco eléctrico

El estándar 2018 fue basado en alrededor de 2000 experimentos para la obtención de sus fórmulas. Su antecesor, solo desarrollo un 15% de experimentos (300) y poseía un financiamiento menor. La implicación de mayores pruebas, más información, más decisiones conlleva distinto peligro de arco eléctrico (corriente de arco y energía incidente).

## 4.2 Comparación resultados IEEE Std 1584-2002 vs 2018

El estudio de arco eléctrico realizado a la planta generadora y la editorial universitaria fue desarrollado para las dos versiones del estándar. Con el objetivo de comparar los resultados e identificar los cambios en el peligro de arco eléctrico. Esta sección aborda la comparación de ambas versiones. Para la interpretación de los datos, se utiliza la tasa de variación es la variación relativa de una serie temporal. Se expresa como cociente entre una variación absoluta y una medida del tamaño de la serie. Permite medir el crecimiento de una variable y viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de Variación \%} = \frac{\text{Valor presente} - \text{Valor pasado}}{\text{Valor pasado}} \cdot 100\%$$

### 4.2.1 Planta Generadora

La tabla 16 resume los resultados de forma ordenada.

Tabla 16. Comparación Resultados Estudio de Arco Eléctrico PGR IEEE Std 1584 2002 vs 2018.

BUS	V[kV]	2002	2018	2002	2018	2002	2018	2002	2018
		Ia[kA]	Ia[kA]	Ei[J/cm2]	Ei[J/cm2]	Frontera de Arco [mm]	Frontera Arco [mm]	Categoría EPP	Categoría EPP
SG4.16	4.16	6.36	5.94	176.43	185.40	35447	7344	4	4
SW1	0.48	13.71	20.40	31.19	49.97	2381	2170	2	3
AIR COMP1	0.48	14.56	20.75	3.51	4.47	367	389	1	1
AIR COMP2	0.48	14.56	20.75	3.51	4.47	367	429	1	1
MCC MOTOR 1	0.48	14.56	20.75	14.08	17.92	855	924	1	2
MCC MOTOR 2	0.48	14.56	20.75	14.08	17.92	855	924	1	2
MCC MOTOR 3	0.48	14.56	20.75	14.08	17.92	855	924	1	2
MCC MOTOR 4	0.48	14.56	20.75	14.08	17.92	855	924	1	2
MCC MOTOR 5	0.48	14.56	20.75	14.08	17.92	855	924	1	2
MCC MOTOR 6	0.48	14.56	20.75	14.08	17.92	855	924	1	2
SW7	0.48	14.56	20.75	3.51	2.65	367	429	1	1
SW5	0.48	15.02	21.45	3.63	4.64	374	438	1	1
SW2 FUERZA	0.48	14.56	20.75	3.51	4.55	366	433	1	1
SW4	0.48	14.56	20.75	3.51	4.55	367	433	1	1
TSA CRTL	0.48	15.02	21.45	3.63	4.64	374	438	1	1
CRTL 15HP	0.48	14.56	20.75	21.08	26.74	1092	1153	2	2
CRTL 10HP	0.48	14.56	20.75	21.08	26.74	1092	1153	2	2
CRTL 300HP	0.48	14.56	20.75	21.08	26.74	1092	1153	2	2
SW6	0.24	2.18	2.26	0.28	0.32	106	99	1	1
TD2AUX	0.24	2.48	2.26	0.52	3.53	114	105	1	1
PD1	0.48	18.24	26.28	4.48	5.83	425	497	2	1
PANEL BLOWER 9	0.48	18.24	26.28	4.48	5.83	425	497	1	1
PANEL BLOWER 10	0.48	18.24	26.28	4.48	5.83	425	497	1	1
PC-02	0.48	17.63	27.15	0.98	2.17	201	288	1	1
BSD50	0.48	18.24	26.28	4.48	5.83	425	497	1	1
<b>Tasa de Variación%</b>		<b>29</b>		<b>43</b>		<b>-9</b>			

Al analizar los resultados se observa que existe una variación promedio del 29% en corriente de arco, 43% para la energía incidente y una reducción promedio fue de 9% para la frontera de arco. Se puede destacar la diferencia en las categorías de EPP, debido al aumento de energía incidente como resultado de las nuevas configuraciones de electrodos disponibles para describir el sistema.

#### 4.2.2 Editorial Universitaria

La reducción de resultados se repite para el estudio de arco eléctrico en la Editorial Universitaria.

Tabla 17. Comparación Resultados Estudio de Arco Eléctrico Editorial IEEE Std 1584 2002 vs 2018.

BUS	V[kV]	2002	2018	2002	2018	2002	2018	2002	2018
		Ia[kA]	Ia[kA]	Ei[J/cm <sup>2</sup> ]	Ei[J/cm <sup>2</sup> ]	Frontera de Arco[mm]	Frontera de Arco[mm]	Categoria EPP	Categoria EPP
TG	0.24	3.13	4.13	62.77	56.20	3398	1889	3	3
TD1	0.24	2.65	2.49	0.53	0.38	116	109	*	*
TD2	0.24	2.27	1.99	0.45	0.29	105	95	*	*
TL1	0.24	1.87	1.30	6.90	6.70	552	536	*	*
TL2	0.24	0.84	0.50	1.00	2.30	167	298	1	1
<b>Tasa de Variación %</b>		<b>-12</b>		<b>11</b>		<b>06</b>			

El mayor aumento porcentual de resultados se repite para la energía incidente. A diferencia de la planta de generación. En este caso, hubo una reducción de la corriente de arco eléctrico del 12% en promedio.

Cabe destacar que, en algunos casos, el riesgo de arco eléctrico mayor se presenta para la corriente mínima de arco eléctrico. Esto debido a la respuesta retardada de las protecciones para la corriente reducida. Dando seguimiento a los lineamientos que dicta la norma, se determinó un tiempo razonable para que la persona haciendo cualquier tipo de trabajo se lograra alejar del equipo.

## CONCLUSIONES

1. El estudio de arco eléctrico se desarrolló con base en la NFPA 70E-2015 y la IEEE Std 1584-2018. La planta generadora externa abarcó 31 equipos eléctricos; siendo categoría 4 de EPP la de mayor riesgo en el bus principal de 4160V. El estudio para la imprenta universitaria incluyó 5 equipos eléctricos; de los cuales, el tablero general de 240V presenta el mayor riesgo de arco eléctrico con categoría 3 de EPP.
2. Los resultados del estudio de cortocircuito realizado a la planta generadora abarcan transformadores, generadores y gran cantidad de motores. La mayor corriente de cortocircuito registrada es de 34kA para falla trifásica a tierra. El estudio ejecutado en la imprenta universitaria se compone principalmente de equipos de impresión y equipo de aire acondicionado. La mayor corriente de cortocircuito es de 7.8kA y se encuentra en el tablero general de 240V.
3. La realización del estudio de arco eléctrico de acuerdo a la IEEE Std 1584 presentó un aumento de resultados en promedio del 18.16% versión 2002 al 2018. Siendo la mayor variación en la energía incidente con el 38.22% de aumento. Dicha diferencia es resultado de una mejor descripción en configuración de electrodos que presenta la versión del 2018. La configuración de electrodos que genera mayor energía incidente es VCBB (Electrodos Verticales con aislamiento en Caja Metálica).
4. En este trabajo se simuló dos estudios de arco eléctrico implementando una aplicación web desarrollada con JavaScript y HTML basada en el estándar IEEE-1584 que permitió obtener resultados con un promedio de error del 1.7% comparado con programas de pago.
5. Las viñetas de señalización de peligro de arco eléctrico, en cumplimiento con el artículo 110.16 de NEC muestran el equipo de protección personal requerido para realizar trabajo en la zona en base a la NFPA 70E-2015, el nombre del equipo, la distancia de trabajo en mm, energía incidente en  $J/cm^2$ , límite de protección o frontera de arco en mm y voltaje del equipo.

## RECOMENDACIONES

1. Reducir el tiempo de disparo en la configuración de la protección para el bus de 4.16kV en la instalación eléctrica de la Planta de Generación Renovable. Su tiempo de activación de 5 segundos es suficiente para generar una catástrofe, aunque se ocupe el EPP.
2. Mantener actualizados los diagramas unifilares de la instalación eléctrica. La representación de un sistema eléctrico legible y actualizado es indispensable para su estudio, mantenimiento, operación o trabajo. Dicho diagrama es requisito general de mantenimiento del artículo 205.2 en la NFPA 70E (*Standard for Electrical Safety in the Workplace*). En ambos casos, PGR y Editorial Universitaria no se cumple el requisito.
3. Verificar los niveles de energía incidente en las viñetas de señalización para arco eléctrico en la última clasificación de categorías de peligro de arco NFPA 70E. La actualización en los rangos de energía incidente para las categorías de EPP realizados después de la versión 2015 conlleva a una variación en el EPP necesario.
4. En el caso de equipos que puedan presentar distintas configuraciones de electrodos, es responsabilidad del encargado del estudio realizar el procedimiento para las distintas configuraciones y tomar de resultado final la configuración que genere el mayor peligro de arco eléctrico.
5. Realizar trabajos eléctricos en equipos desenergizados, si la categoría de EPP necesaria para realizar un trabajo es mayor a 2. Ya que el resultado del estudio tiene por objetivo la protección del pecho y la cara del trabajador. Sin embargo, los brazos están a una distancia más cercana de la fuente de arco y su daño es mayor.

## BIBLIOGRAFIA

IEEE. (1993). *IEEE Std 141-1993: IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (Red Book)*. Estados Unidos de América.

IEEE. (1998). *IEEE Std 902-1998: IEEE Guide for Maintenance, Operation, and Safety of Industrial and Commercial Power Systems (Yellow Book)* (pp. 4-5). Estados Unidos de América.

IEEE. (2000). *IEEE Std 100-2000: The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, Seventh Edition* (7ª ed., p. 299). Estados Unidos de América.

IEEE. (2001). *IEEE Std 242-2001: IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (Buff Book)*. Estados Unidos de América.

IEEE. (2018). *IEEE Std 1584-2018: IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations*. Estados Unidos de América.

IEEE. (2019). *IEEE Std 3002.3-2018: IEEE Recommended Practice for Conducting Short-Circuit Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems*. Estados Unidos de América.

Johnson, Dave (2013). Arc Flash Statistics. Recuperado 3 de octubre, 2019, de <https://www.ishn.com/articles/96001-arc-flash-statistics>.

NFPA. (2015). *NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*. Estados Unidos de América.

NFPA. (2017). *National Electrical Code* (14ª ed.). Massachusetts, Estados Unidos de América: LSC Communications, Inc.

Real Academia Española. (s.f.). Diccionario de la Lengua Española. Recuperado 3 octubre, 2019, de <https://dle.rae.es/srv/http://dle.rae.es/srv/fetch?id=0KUeoUu>.

Safety & Health Assessment & Research for Prevention (SHARP) (2006). *Burn Injury Facts – Arc Flash/Blast, Reporte #86-1-2006*. Recuperado 3 de octubre, 2019, de <https://www.lni.wa.gov/safety/research/files/arcflashhazardreport.pdf>.

VILLASIMIL PRIETO, H., Rodríguez, G., y Reynaud, A. C. (2010). *Código de Trabajo de la República de El Salvador* (Primera ed.). El Salvador.

Zega,Matthew (2017). *The basics of arc flash mitigation*. Recuperado 3 de octubre, 2019, de <https://www.csemag.com/articles/the-basics-of-arc-flash-mitigation>

## ANEXO 1. ECUACIONES IEEE STD 1584-2018

### Ecuación 1:

$$I_{arc\_Voc} = 10^{(k1+k2lgbf+k3lgG)}(k4Ibf^6 + k5Ibf^5 + k6Ibf^4 + k7Ibf^3 + k8Ibf^2 + k9Ibf+k10)$$

donde

Ibf: corriente trifásica de cortocircuito (simétrica rms) (kA).

Iarc\_600: promedio rms de corriente de arco para 600V de circuito abierto (kA).

Iarc\_2700: promedio rms de corriente de arco para 2700V de circuito abierto (kA).

Iarc\_14300: promedio rms de corriente de arco para 14300V de circuito abierto (kA).

G: distancia entre electrodos (mm).

k1 a k10: coeficientes de tabla 1 del estándar.

lg: log base 10.

### Ecuación 2:

$$I_{arc\ min} = I_{arc} \times (1 - 0.5 \times VarCf)$$

$$VarCf = k1Voc^6 + k2Voc^5 + k3Voc^4 + k4Voc^3 + k5Voc^2 + k6Voc + k7$$

donde

VarCf: factor de corrección para variación de corriente de arco.

Iarc: corriente de arco rms final o intermedia (kA).

Iarc\_min: segunda corriente de arco rms basada en el factor de corrección de variación.

Voc: voltaje de circuito abierto.

k1 a k10: coeficientes de tabla 1 del estándar.

### Ecuación 3:

$$\begin{aligned} E600 \\ &= \frac{12.552}{50} T \\ &\times 10^{(k1+k2lgG+(\frac{k3Iarc_{600}}{k4Ibf^7+k5Ibf^6+k6Ibf^5+k7Ibf^4+k8Ibf^3+k9Ibf^2+k10Ibf}+k11lgIbf+k12lgD+k13lgIarc_{600}+lg(\frac{1}{CF}))} \end{aligned}$$

### Ecuación 4:

$$\begin{aligned} E2700 \\ &= \frac{12.552}{50} T \\ &\times 10^{(k1+k2lgG+(\frac{k3Iarc_{2700}}{k4Ibf^7+k5Ibf^6+k6Ibf^5+k7Ibf^4+k8Ibf^3+k9Ibf^2+k10Ibf}+k11lgIbf+k12lgD+k13lgIarc_{2700}+lg(\frac{1}{CF}))} \end{aligned}$$



Ecuación 5:

$$E_{14300} = \frac{12.552}{50} T \times 10^{\left( (k_1 + k_2 \lg G) + \frac{k_3 \text{Iarc}_{14300}}{k_4 I_{bf}^7 + k_5 I_{bf}^6 + k_6 I_{bf}^5 + k_7 I_{bf}^4 + k_8 I_{bf}^3 + k_9 I_{bf}^2 + k_{10} I_{bf}} + k_{11} \lg I_{bf} + k_{12} \lg D + k_{13} \lg \text{Iarc}_{14300} + \lg \left( \frac{1}{CF} \right) \right)}$$

Ecuación 6:

$$E < 600 = \frac{12.552}{50} T \times 10^{\left( (k_1 + k_2 \lg G) + \frac{k_3 \text{Iarc}_{600}}{k_4 I_{bf}^7 + k_5 I_{bf}^6 + k_6 I_{bf}^5 + k_7 I_{bf}^4 + k_8 I_{bf}^3 + k_9 I_{bf}^2 + k_{10} I_{bf}} + k_{11} \lg I_{bf} + k_{12} \lg D + k_{13} \lg \text{Iarc}_{600} + \lg \left( \frac{1}{CF} \right) \right)}$$

donde

I<sub>bf</sub>: corriente trifásica de cortocircuito (simétrica rms) (kA).

E<sub>600</sub>: energía incidente para 600V de circuito abierto (J/cm<sup>2</sup>).

E<sub>2700</sub>: energía incidente para 2700V de circuito abierto (J/cm<sup>2</sup>).

E<sub>14300</sub>: energía incidente para 14300V de circuito abierto (J/cm<sup>2</sup>).

E<sub>≤600</sub>: energía incidente voltajes menores a 600V de circuito abierto (J/cm<sup>2</sup>).

T: duración del arco (ms).

D: distancia de trabajo (mm).

I<sub>arc\_600</sub>: promedio rms de corriente de arco para 600V de circuito abierto (kA).

I<sub>arc\_2700</sub>: promedio rms de corriente de arco para 2700V de circuito abierto (kA).

I<sub>arc\_14300</sub>: promedio rms de corriente de arco para 14300V de circuito abierto (kA).

G: distancia entre electrodos (mm).

k<sub>1</sub> a k<sub>13</sub>: coeficientes de tabla 3, tabla 4 y tabla 5 del estándar.

lg: log base 10.

Ecuación 7:

$$AFB_{600} = 10^{\left( \frac{k_1 + k_2 \lg G + \frac{k_3 \text{Iarc}_{600}}{k_4 I_{bf}^7 + k_5 I_{bf}^6 + k_6 I_{bf}^5 + k_7 I_{bf}^4 + k_8 I_{bf}^3 + k_9 I_{bf}^2 + k_{10} I_{bf}} + k_{11} \lg I_{bf} + k_{13} \lg \text{Iarc}_{600} + \lg \frac{1}{CF} - \lg \frac{20}{T}}{-k_{12}} \right)}$$

Ecuación 8:

$$AFB_{2700} = 10^{\left( \frac{k_1 + k_2 \lg G + \frac{k_3 \text{Iarc}_{2700}}{k_4 I_{bf}^7 + k_5 I_{bf}^6 + k_6 I_{bf}^5 + k_7 I_{bf}^4 + k_8 I_{bf}^3 + k_9 I_{bf}^2 + k_{10} I_{bf}} + k_{11} \lg I_{bf} + k_{13} \lg \text{Iarc}_{2700} + \lg \frac{1}{CF} - \lg \frac{20}{T}}{-k_{12}} \right)}$$

Ecuación 9:

$$AFB14300 = 10^{\left( \frac{k1+k2lgG + \frac{k3Iarc14300}{k4Ibf^7+k5Ibf^6+k6Ibf^5+k7Ibf^4+k8Ibf^3+k9Ibf^2+k10Ibf} + k11lgIbf + k13lgIarc14300 + lg\frac{1}{CF} - lg\frac{20}{T} \right) - k12}$$

Ecuación 10:

$$AFB < 600 = 10^{\left( \frac{k1+k2lgG + \frac{k3Iarc600}{k4Ibf^7+k5Ibf^6+k6Ibf^5+k7Ibf^4+k8Ibf^3+k9Ibf^2+k10Ibf} + k11lgIbf + k13lgIarc + lg\frac{1}{CF} - lg\frac{20}{T} \right) - k12}$$

donde

Ibf: corriente trifásica de cortocircuito (simétrica rms) (kA).

AFB600: frontera de arco eléctrico para 600V de circuito abierto (mm).

AFB2700: frontera de arco eléctrico para 600V de circuito abierto (mm).

AFB14300: frontera de arco eléctrico para 600V de circuito abierto (mm).

AFB<600: frontera de arco eléctrico para voltajes menores a 600V de circuito abierto (mm).

T: duración del arco (ms).

D: distancia de trabajo (mm).

Iarc\_600: promedio rms de corriente de arco para 600V de circuito abierto (kA).

Iarc\_2700: promedio rms de corriente de arco para 2700V de circuito abierto (kA).

Iarc\_14300: promedio rms de corriente de arco para 14300V de circuito abierto (kA).

G: distancia entre electrodos (mm).

k1 a k13: coeficientes de tabla 3, tabla 4 y tabla 5 del estándar.

lg: log base 10.

Ecuación 11:

$$Largo_1 = (660.4 + (Largo - 660.4) \times \left( \frac{Voc + A}{B} \right)) \times 25.4^{-1}$$

Ecuación 12:

$$Altura_1 = (660.4 + (Altura - 660.4) \times \left( \frac{Voc + A}{B} \right)) \times 25.4^{-1}$$

donde

Altura\_1: equivalente de altura de la caja.

Largo\_1: equivalente de largo de la caja.

Altura: altura real de la caja(mm).

Largo: largo real de la caja (mm).

Voc: voltaje de circuito abierto.

A: constante igual a 4 para VCB, 10 para VCBB y HCB.

B: constante igual a 20 para VCB, 24 para VCBB y 22 para HCB.

Ecuación 13:

$$EES = \frac{Altura_1 + Largo_1}{2}$$

donde

Altura\_1: equivalente de altura de la caja.

Largo\_1: equivalente de largo de la caja.

EES: tamaño equivalente de la caja.

Ecuación 14:

$$CF = b1 \times EES^2 + b2 \times EES + b3$$

Ecuación 15:

$$CF = \frac{1}{b1 \times EES^2 + b2 \times EES + b3}$$

donde

b1 a b3: coeficientes de la tabla 7 del estándar.

CF: factor de corrección de tamaño.

EES: tamaño equivalente de la caja.

Ecuación 16:

$$Iarc1 = \frac{Iarc_{2700} - Iarc_{600}}{2.1} (Voc - 2.7) + Iarc_{2700}$$

Ecuación 17:

$$Iarc2 = \frac{Iarc_{14300} - Iarc_{2700}}{2.1} (Voc - 14.3) + Iarc_{14300}$$

Ecuación 18:

$$Iarc3 = \frac{Iarc_1(2.7 - Voc)}{2.1} + \frac{Iarc_2(Voc - 0.6)}{2.1}$$

donde

Iarc1: primera corriente de arco de la interpolación entre 600V y 2700V (kA).

Iarc2: segunda corriente de arco de la interpolación cuando Voc es mayor a 2700V (kA).

Iarc3: tercera corriente de arco de la interpolación cuando Voc es menor a 2700V (kA).

Voc: voltaje de circuito abierto.

Ecuación 19:

$$E1 = \frac{E_{2700} - E_{600}}{2.1} (Voc - 2.7) + E_{2700}$$

Ecuación 20:

$$E2 = \frac{E_{14300} - E_{2700}}{11.6} (Voc - 14.3) + E_{14300}$$

Ecuación 21:

$$E3 = \frac{E_1(2.7 - Voc)}{2.1} + \frac{E_2(Voc - 0.6)}{2.1}$$

E1: primera corriente de arco de la interpolación entre 600V y 2700V (J/cm<sup>2</sup>).

E2: segunda corriente de arco de la interpolación cuando Voc es mayor a 2700V (J/cm<sup>2</sup>).

E3: tercera corriente de arco de la interpolación cuando Voc es menor a 2700V (J/cm<sup>2</sup>).

Voc: voltaje de circuito abierto.

Ecuación 22:

$$AFB1 = \frac{AFB_{2700} - AFB_{600}}{2.1} (Voc - 2.7) + AFB_{2700}$$

Ecuación 23:

$$AFB2 = \frac{AFB_{14300} - AFB_{2700}}{11.6} (Voc - 14.3) + AFB_{14300}$$

Ecuación 24:

$$AFB3 = \frac{E_1(2.7 - Voc)}{2.1} + \frac{E_2(Voc - 0.6)}{2.1}$$

AFB1: primera frontera de arco de la interpolación entre 600V y 2700V (mm).

AFB2: segunda frontera de arco de la interpolación cuando Voc es mayor a 2700V (mm).

AFB 3: tercera frontera de arco de la interpolación cuando Voc es menor a 2700V (mm).

Voc: voltaje de circuito abierto.

Ecuación 25:

$$Iarc = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{0.6}{Voc}\right)^2 \times \left(\frac{1}{Iarc600^2} - \left(\frac{0.6^2 - Voc^2}{0.6^2 \times Ibf^2}\right)\right)}}$$

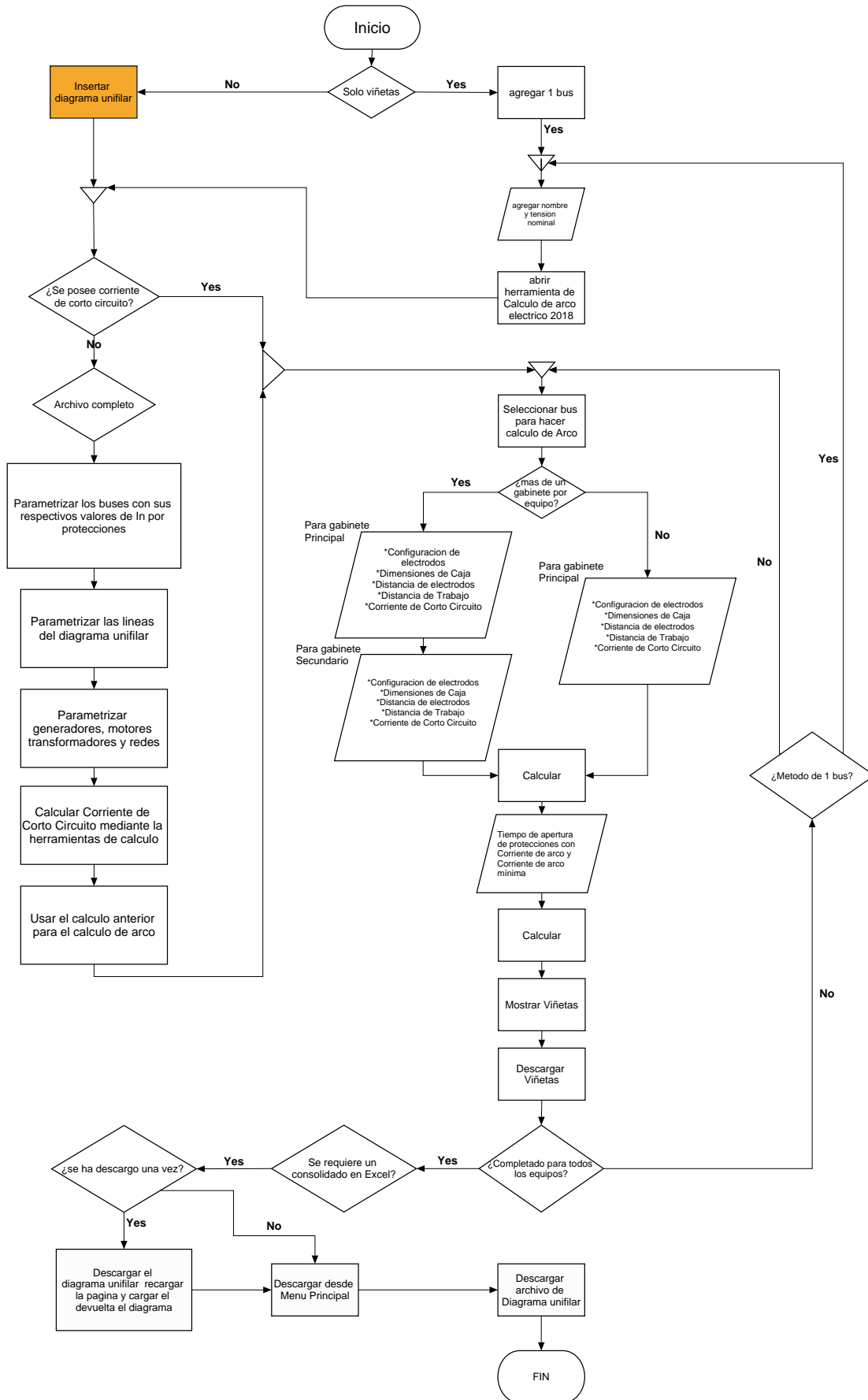
Voc: voltaje de circuito abierto.

Ibf: corriente trifásica simétrica de cortocircuito (rms) (kA).

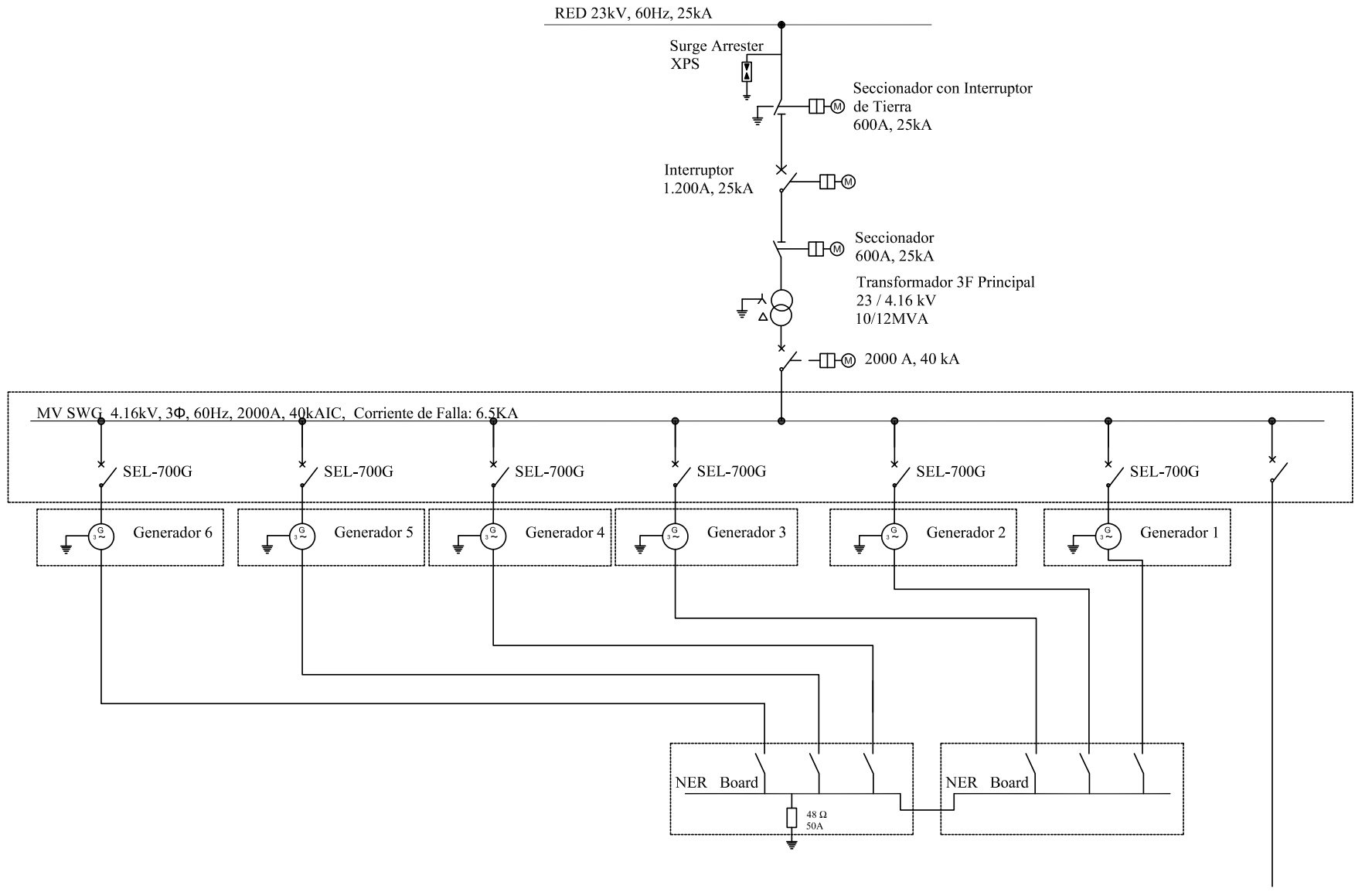
Iarc: corriente de arco a Voc (kA).

Iarc600: corriente de arco a 600Voc usando ecuación 1 (kA).

# ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO APP WEB



ANEXO 3 DIAGRAMAS PLANTA GENERADORA





# ANEXO 4 REPORTE CORTOCIRCUITO PLANTA GENERADORA

Database: C:\USERS\HOME\DOCUMENTS\...\GENERADORA.WM\  
 Title:  
 Case:

Fault Current Report  
 Source: GENERADORA

05/29/2019 11:59 Page 1

Element Name	Parent Name	Element Type	Cnf	km From Source	Base kV	Min Fault Ohms/%	Min Ph-Gd Amps	Max Ph-Gd Amps	Ph-Ph Amps	Ph-Ph Amps	Three Phase Amps	Three Ph-Gd Amps	Accumulated Impedance (Ohms)						
													R1	X1	R0	X0			
RED	Source	ABC	0.000	13.279Y	40	324	2152	1486	2094	1716	1716	0.5735	7.7166	0.3788	3.0169				
----- Feeder CB.50.0.001 (# 3) Beginning with Element CB.50.0.001 -----																			
CB.50.0.001	RED	Device	ABC	0.000	13.279Y	40	324	2152	1486	2094	1716	1716	0.5735	7.7166	0.3788	3.0169			
TN.50.0.001	CB.50.0.001	Transformer	ABC	0.000	4.160D	40			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus2	TN.50.0.001	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev1	SWG1-bus2	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus1	SWG1-dev1	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-busbar1	SWG1-bus1	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus3	SWG1-busbar1	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev2	SWG1-bus3	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus4	SWG1-dev2	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
ALIMENTADOR GEN1	SWG1-bus4	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5543		6401		0.0449	0.3725					
CBGEN1	ALIMENTADOR...	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5543		6401		0.0449	0.3725					
GENERADOR1	CBGEN1	Generator	ABC	0.030	4.160D	15			5543		6401		0.0449	0.3725					
SWG1-busbar2	SWG1-busbar1	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus5	SWG1-busbar2	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev3	SWG1-bus5	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus6	SWG1-dev3	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
ALIMENTADOR GEN2	SWG1-bus6	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5543		6401		0.0449	0.3725					
CBGEN2	ALIMENTADOR...	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5543		6401		0.0449	0.3725					
GENERADOR2	CBGEN2	Generator	ABC	0.030	4.160D	15			5543		6401		0.0449	0.3725					
SWG1-busbar3	SWG1-busbar2	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus7	SWG1-busbar3	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev4	SWG1-bus7	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus8	SWG1-dev4	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
ALIMENTADOR GEN3	SWG1-bus8	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
CBGEN3	ALIMENTADOR...	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
GENERADOR3	CBGEN3	Generator	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
SWG1-busbar4	SWG1-busbar3	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus9	SWG1-busbar4	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev5	SWG1-bus9	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus10	SWG1-dev5	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
ALIMENTADOR GEN4	SWG1-bus10	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
CBGEN4	ALIMENTADOR...	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
GENERADOR4	CBGEN4	Generator	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
SWG1-busbar5	SWG1-busbar4	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus11	SWG1-busbar5	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev6	SWG1-bus11	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus12	SWG1-dev6	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
ALIMENTADOR GEN5	SWG1-bus12	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
CBGEN5	ALIMENTADOR...	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
GENERADOR5	CBGEN5	Generator	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
SWG1-busbar6	SWG1-busbar5	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus13	SWG1-busbar6	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev7	SWG1-bus13	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus14	SWG1-dev7	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
ALIMENTADOR GEN6	SWG1-bus14	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
CBGEN6	ALIMENTADOR...	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
GENERADOR6	CBGEN6	Generator	ABC	0.030	4.160D	15			5515		6368		0.0554	0.3731					
SWG1-busbar7	SWG1-busbar6	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus15	SWG1-busbar7	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-dev8	SWG1-bus15	Device	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
SWG1-bus16	SWG1-dev8	Underground	ABC	0.000	4.160D	15			5630		6502		0.0344	0.3678					
UG256	SWG1-bus16	Underground	ABC	0.030	4.160D	15			5563		6423		0.0386	0.3719					
CBTN.51.0.001	UG256	Device	ABC	0.030	4.160D	15			5563		6423		0.0386	0.3719					
TN.51.0.001	CBTN.51.0.001	Transformer	ABC	0.030	0.277Y	30.0%	6767	22558	17218	21853	19882	19882	0.0026	0.0137	0.0020	0.0088			
SWTN51.0.001-A	TN.51.0.001	Switch	ABC	0.030	0.277Y	30.0%	6767	22558	17218	21853	19882	19882	0.0026	0.0137	0.0020	0.0088			
SWTN51.0.001-B	SWTN51.0.001-A	Switch	ABC	0.030	0.277Y	30.0%	6767	22558	17218	21853	19882	19882	0.0026	0.0137	0.0020	0.0088			
UG259	SWTN51.0.001-B	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-bus2	UG259	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-dev1	SW1-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-bus1	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-busbar1	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-bus3	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-dev2	SW1-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW1-N.51.0.001-bus4	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW2-N.51.0.002-bus10	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW2-N.51.0.002-dev5	SW2-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW2-N.51.0.002-bus9	SW2-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			
SW2-N.51.0.002-busbar4	SW2-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016			



Fault Current Report  
Source: GENERADORA

Case:

05/29/2019 11:59 Page 2

Element Name	Parent Name	Element Type	Cnf	km From Source	Base kV	Min Fault Ohms/%	Min Ph-Gd Amps	Max Ph-Gd Amps	Ph- Ph Amps	Ph- Ph-Gd Amps	Three Phase Amps	Three Ph-Gd Amps	Accumulated Impedance (Ohms)					
													R1	X1	R0	X0		
SW12-N.51.0.012 MAIN	TOSW12	Device	AB	0.071	0.139Y	30.0%	1278	4259	3662	4299								
SW1-N.51.0.001-busbar2	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-bus5	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-dev3	SW1-N.51.0.001-bus5	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-bus6	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
UG1583	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus10	UG1583	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus9	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-busbar4	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-busbar3	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-busbar2	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-busbar1	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus1	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-dev1	SW1-N.51.0.001-bus5	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus2	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
CM.51.0.001 AIR COMPRESS	SW1-N.51.0.001-bus5	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus3	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-dev2	SW1-N.51.0.001-bus5	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus4	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
CM.51.0.002 AIR COMPRESS	SW1-N.51.0.001-bus5	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus5	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-dev3	SW1-N.51.0.001-bus5	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
UG1604	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.073	0.277Y	30.0%	7840	26132	2563	27824	26053	26053	0.0075	0.0076	0.0092	0.0016		
UG1605	UG1604	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus10	UG1605	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-dev5	N1 51.0.005...	Device	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus9	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-busbar4	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-busbar3	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-busbar2	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-busbar1	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus1	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-dev1	N1 51.0.005...	Device	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus2	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
COMPRESSOR X1	N1 51.0.005...	Motor	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus3	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-dev2	N1 51.0.005...	Device	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus4	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
COMPRESSOR X2	N1 51.0.005...	Motor	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus5	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-dev3	N1 51.0.005...	Device	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus6	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
COMPRESSOR Y1	N1 51.0.005...	Motor	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus7	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-dev4	N1 51.0.005...	Device	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
N1 51.0.005 TSA-bus8	N1 51.0.005...	Underground	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
COMPRESSOR Y2	N1 51.0.005...	Motor	ABC	0.074	0.277Y	30.0%	7531	25104	22842	26439	26376	26376	0.0075	0.0074	0.0093	0.0077		
SW1-N.51.0.001-2-bus7	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-dev4	SW1-N.51.0.001-bus5	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
SW1-N.51.0.001-2-bus8	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016		
UG1636	SW1-N.51.0.001-bus5	Underground	ABC	0.091	0.277Y	30.0%	4161	13870	28066	31007	32408	32408	0.0075	0.0042	0.0124	0.0450		
SW1634-A	UG1636	Switch	ABC	0.091	0.277Y	30.0%	4161	13870	28066	31007	32408	32408	0.0075	0.0042	0.0124	0.0450		
SW1634-B	SW1634-A	Switch	ABC	0.091	0.277Y	30.0%	4161	13870	28066	31007	32408	32408	0.0075	0.0042	0.0124	0.0450		
NODE1639	SW1634-B	Node	ABC	0.091	0.277Y	30.0%	4161	13870	28066	31007	32408	32408	0.0075	0.0042	0.0124	0.0450		
NODE1639-A	NODE1639	Switch	ABC	0.091	0.277Y	30.0%	4161	13870	28066	31007	32408	32408	0.0075	0.0042	0.0124	0.0450		
UG1642	NODE1639	Underground	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495		

Fault Current Report  
Source:

Case:

05/29/2019 11:59 Page 3

Element Name	Parent Name	Element Type	Cnf	km From Source	Base kV	Min Fault Ohms/%	Min Ph-Gd Amps	Max Ph-Gd Amps	Ph- Ph Amps	Ph- Ph-Gd Amps	Three Phase Amps	Three Ph-Gd Amps	Accumulated Impedance (Ohms)			
													R1	X1	R0	X0
Existing plant ( PD1)-bus7	Existing pl...	Underground	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
Existing plant ( PD1)-dev4	Existing pl...	Device	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
Existing plant ( PD1)-bus8	Existing pl...	Underground	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
UG1685	Existing pl...	Underground	ABC	0.095	0.277Y	30.0%	3727	12424	29265	32033	33792	33792	0.0075	0.0034	0.0131	0.0539
UG1686	UG1685	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus18	UG1686	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb9-B	PC 02-bus18	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb9-A	PC 02-swb9-B	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus17	PC 02-swb9-A	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar8	PC 02-bus17	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar7	PC 02-busbar8	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar6	PC 02-busbar7	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar5	PC 02-busbar6	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar4	PC 02-busbar5	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar3	PC 02-busbar4	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar2	PC 02-busbar3	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-busbar1	PC 02-busbar2	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus1	PC 02-busbar1	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw1	PC 02-bus1	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb1	PC 02-sw1	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus2	PC 02-swb1	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1687	PC 02-bus2	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus3	PC 02-busbar2	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb2	PC 02-bus3	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw2	PC 02-swb2	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus4	PC 02-sw2	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1689	PC 02-bus4	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus5	PC 02-busbar3	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb3	PC 02-bus5	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw3	PC 02-swb3	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus6	PC 02-sw3	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1690	PC 02-bus6	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus7	PC 02-busbar4	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb4	PC 02-bus7	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw4	PC 02-swb4	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus8	PC 02-sw4	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1692	PC 02-bus8	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus9	PC 02-busbar5	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb5	PC 02-bus9	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw5	PC 02-swb5	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus10	PC 02-sw5	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1693	PC 02-bus10	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus11	PC 02-busbar6	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb6	PC 02-bus11	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw6	PC 02-swb6	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus12	PC 02-sw6	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1694	PC 02-bus12	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus13	PC 02-busbar7	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb7	PC 02-bus13	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw7	PC 02-swb7	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus14	PC 02-sw7	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1696	PC 02-bus14	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus15	PC 02-busbar8	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-swb8	PC 02-bus15	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-sw8	PC 02-swb8	Switch	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
PC 02-bus16	PC 02-sw8	Underground	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
MTR1698	PC 02-bus16	Motor	ABC	0.097	0.277Y	30.0%	3545	11818	29807	32497	34419	34419	0.0075	0.0030	0.0135	0.0583
Existing plant ( PD1)-bus9	Existing pl...	Underground	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
PD1-BLWR9	Existing pl...	Device	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
Existing plant ( PD1)-bus1	PD1-BLWR9	Underground	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
MO-9 60HP	Existing pl...	Motor	ABC	0.093	0.277Y	30.0%	3932	13106	28680	31532	33117	33117	0.0075	0.0038	0.0128	0.0495
SW1-N.51.0.001-busbar3	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-bus7	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-dev4	SW1-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-bus8	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-busbar4	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-bus9	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-MCC1	SW1-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-bus10	SW															





Fault Current Report  
Source:

05/29/2019 11:59 Page 6

Element Name	Parent Name	Element Type	Cnf	km From Source	Base kV	Min Fault Ohms/%	Min Ph-Gd Amps	Max Ph-Gd Amps	Ph-Ph Amps	Ph- Ph-Gd Amps	Three Phase Amps	Three Ph-Gd Amps	Accumulated Impedance (Ohms)			
													R1	X1	R0	X0
SW7-N.51.0.007-dev4	SW7-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus8	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
BM.51.0.004	SW7-N.51.0....	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-busbar4	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus9	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-dev5	SW7-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus10	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
BM.51.0.006	SW7-N.51.0....	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-busbar5	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus11	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-dev6	SW7-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus12	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
BM.51.0.007	SW7-N.51.0....	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-busbar6	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus13	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-dev7	SW7-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW7-N.51.0.007-bus14	SW7-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
BM.51.0.008	SW7-N.51.0....	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-busbar11	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-bus23	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-SW4	SW1-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW1-N.51.0.001-bus24	SW1-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus2	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-dev1	SW4-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus1	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-busbar1	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus3	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-dev2	SW4-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus4	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW TRANSFER-B	SW4-N.51.0....	Switch	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-busbar2	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus5	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-dev3	SW4-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus6	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
TN.51.0.003	SW4-N.51.0....	Transformer	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
SW15-N.51.0.015	TN.51.0.003	Device	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
PLANT CONTROL PANEL	SW15-N.51.0.015	Node	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
EDS CONTROL PANEL	SW15-N.51.0.015	Node	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
T5 AUX	SW15-N.51.0.015	Device	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
T3 AUX	SW15-N.51.0.015	Device	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
T8 AUX	SW15-N.51.0.015	Device	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
T1 AUX	SW15-N.51.0.015	Device	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
TX OF CONSTRUCTION	SW15-N.51.0.015	Device	A	0.071	0.120Y	30.0%	4024	13413								
SW4-N.51.0.004-busbar3	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus7	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-dev4	SW4-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus8	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
TN.51.0.002	SW4-N.51.0....	Transformer	ABC	0.071	0.139Y	30.0%	1300	4334	3708	4352	4281	4281	0.0162	0.0280	0.0166	0.0264
SW6-N.51.0.006	TN.51.0.002	Device	ABC	0.071	0.139Y	30.0%	1300	4334	3708	4352	4281	4281	0.0162	0.0280	0.0166	0.0264
BATTERY PANEL	SW6-N.51.0.006	Node	ABC	0.071	0.139Y	30.0%	1300	4334	3708	4352	4281	4281	0.0162	0.0280	0.0166	0.0264
CHARGER PANEL	SW6-N.51.0.006	Node	ABC	0.071	0.139Y	30.0%	1300	4334	3708	4352	4281	4281	0.0162	0.0280	0.0166	0.0264
TD2 AUX	SW6-N.51.0.006	Device	ABC	0.071	0.139Y	30.0%	1300	4334	3708	4352	4281	4281	0.0162	0.0280	0.0166	0.0264
SW4-N.51.0.004-busbar4	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus9	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-dev5	SW4-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus10	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
BM.51.0.005	SW4-N.51.0....	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-busbar5	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus11	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-dev6	SW4-N.51.0....	Device	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
SW4-N.51.0.004-bus12	SW4-N.51.0....	Underground	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016
BM.51.0.002	SW4-N.51.0....	Motor	ABC	0.071	0.277Y	30.0%	8459	28197	22045	31203	25455	25455	0.0075	0.0079	0.0088	0.0016

Maximum Faults Calculated at 1.000 PU KV  
Minimum Faults Calculated at 1.000 PU KV

Asymmetric Fault Current Report

NOTE: All currents are total amps into fault located at load end of specified circuit element and are the maximum for each type fault.

Element Name	Cnf	-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----				
		Sym Amps	X/R Ratio	Ph-Grd Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	Ph-Ph Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	3Ph (Greater of LLLG and LLL) Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase
RED	ABC	2151.84	12.09	1.6284	3504	A	1486.19	1.47	1.0943	1626	C	1716.13	13.46	1.6442	2822	A
----- Feeder CB.50.0.001		(#	3)	Beginning with Element	CB.50.0.001											
CB.50.0.001	ABC	2151.84	12.09	1.6284	3504	A	1486.19	1.47	1.0943	1626	C	1716.13	13.46	1.6442	2822	A
TN.50.0.001	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus2	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev1	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus1	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-busbar1	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus3	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev2	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus4	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
ALIMENTADOR GEN1	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5543.11	1.33	1.0745	5956	C	6400.65	8.30	1.5608	9990	A
CBGEN1	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5543.11	1.33	1.0745	5956	C	6400.65	8.30	1.5608	9990	A
GENERADOR1	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5543.11	1.33	1.0745	5956	C	6400.65	8.30	1.5608	9990	A
SWG1-busbar2	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus5	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev3	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus6	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
ALIMENTADOR GEN2	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5543.11	1.33	1.0745	5956	C	6400.65	8.30	1.5608	9990	A
CBGEN2	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5543.11	1.33	1.0745	5956	C	6400.65	8.30	1.5608	9990	A
GENERADOR2	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5543.11	1.33	1.0745	5956	C	6400.65	8.30	1.5608	9990	A
SWG1-busbar3	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus7	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev4	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus8	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
ALIMENTADOR GEN3	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
CBGEN3	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
GENERADOR3	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
SWG1-busbar4	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus9	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev5	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus10	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
ALIMENTADOR GEN4	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
CBGEN4	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
GENERADOR4	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
SWG1-busbar5	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus11	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev6	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus12	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
ALIMENTADOR GEN5	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
CBGEN5	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
GENERADOR5	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
SWG1-busbar6	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus13	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev7	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus14	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
ALIMENTADOR GEN6	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
CBGEN6	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
GENERADOR6	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5514.81	1.26	1.0640	5868	C	6367.97	6.74	1.5149	9647	A
SWG1-busbar7	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus15	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-dev8	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
SWG1-bus16	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5630.14	1.41	1.0857	6113	A	6501.74	10.70	1.6085	10458	A
UG256	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5562.66	1.38	1.0813	6015	A	6423.26	9.64	1.5901	10214	A
CBTN.51.0.001	ABC	0.00	0.00	0.0000	0		5562.66	1.38	1.0813	6015	A	6423.26	9.64	1.5901	10214	A
TN.51.0.001	ABC	22557.62	5.06	1.4428	32546	B	17218.38	1.17	1.0514	18103	A	19882.04	5.37	1.4585	28997	B
SWTN51.0.001-A	ABC	22557.62	5.06	1.4428	32546	B	17218.38	1.17	1.0514	18103	A	19882.04	5.37	1.4585	28997	B
SWTN51.0.001-B	ABC	22557.62	5.06	1.4428	32546	B	17218.38	1.17	1.0514	18103	A	19882.04	5.37	1.4585	28997	B
UG259	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-dev1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-busbar1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-dev2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-bus10	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-dev5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	225						

Asymmetric Fault Current Report

NOTE: All currents are total amps into fault located at load end of specified circuit element and are the maximum for each type fault.

Element Name	Cnf	-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----				
		Sym Amps	X/R Ratio	Ph-Grd Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	Ph-Ph Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	3Ph (Greater of LLLG and LLL)	Sym-Asym Mult	Asym Amps
SW2-N.51.0.002-CTRLP10	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-bus4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
COOLER 10 HP	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-bus5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-CTRLP15	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-bus6	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
CHILLER 15 HP	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-bus7	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-dev4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW2-N.51.0.002-bus8	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
TN.52.0.001	ABC	4258.75	0.77	1.0078	4292	B	3661.77	0.15	1.0542	3860	A	4228.25	0.80	1.0097	4269	B
TOSW12	AB	4258.75	0.77	1.0078	4292	B	3661.77	0.15	1.0542	3860	A					
SW12-N.51.0.012 MAIN	AB	4258.75	0.77	1.0078	4292	B	3661.77	0.15	1.0542	3860	A					
SW1-N.51.0.001-busbar2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-dev3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus6	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
UG1583	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus10	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus9	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-busbar4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-busbar3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-busbar2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-busbar1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-dev1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
CM.51.0.001 AIR COMPRSS	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-dev2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
CM.51.0.002 AIR COMPRSS	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-dev3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus6	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
UG1604	ABC	26132.22	0.86	1.0155	26537	B	22562.97	0.28	1.0262	23153	A	26053.45	1.02	1.0320	26888	B
UG1605	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus10	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-dev5	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus9	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-busbar4	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-busbar3	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-busbar2	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-busbar1	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus1	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-dev1	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus2	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
COMPRESSOR X1	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus3	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-dev2	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus4	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
COMPRESSOR X2	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus5	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-dev3	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus6	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
COMPRESSOR Y1	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus7	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-dev4	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
N1 51.0.005 TSA-bus8	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
COMPRESSOR Y2	ABC	25104.02	0.93	1.0221	25660	B	22842.36	0.26	1.0286	23496	A	26376.06	0.99	1.0291	27145	B
SW1-N.51.0.001-2-bus7	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-dev4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-2-bus8	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
UG1636	ABC	13870.10	1.95	1.1655	16166	A	28066.12	0.01	1.0979	30815	A	32407.95	0.56	0.9998	32402	B
SW1634-A	ABC	13870.10	1.95	1.1655	16166	A	28066.12	0.01	1.0979	30815	A	32407.95	0.56	0.9998	32402	B
SW1634-B	ABC	13870.10	1.95	1.1655	16166	A	28066.12	0.01	1.0979	30815	A	32407.95	0.56	0.9998	32402	B
NODE1639	ABC	13870.10	1.95	1.1655	16166	A	28066.12	0.01	1.0979	30815	A	32407.95	0.56	0.9998	32402	B
SW1635-A	ABC	13870.10	1.95	1.1655	16166	A	28066.12	0.01	1.0979	30815	A	32407.95	0.56	0.9998	32402	B
UG1642	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B

Asymmetric Fault Current Report

NOTE: All currents are total amps into fault located at load end of specified circuit element and are the maximum for each type fault.

Element Name	Cnf	-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----				
		Sym Amps	X/R Ratio	Ph-Grd Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	Ph-Ph Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	3Ph (Greater of LLLG and LLL) Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase
Existing plant( PD1)-bus2	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-bus6	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-dev3	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-bus5	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-busbar2	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-busbar1	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-bus1	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-dev1	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-bus2	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
EXISTINGP TO PD2 TRANSF	A	5087.26	0.76	1.0071	5123	A										
PD-2	A	5087.26	0.76	1.0071	5123	A										
PC-01	A	5087.26	0.76	1.0071	5123	A										
PC-03	A	5087.26	0.76	1.0071	5123	A										
PD-1-1-bus3	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-dev2	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD-1-1-bus4	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PLANT CTRL SUB	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-bus3	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-dev2	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-bus4	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
AIR COMPRSS 5HP	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-bus5	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
PD1-BLWR10	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-bus6	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
AIR COMPRSS 50HP	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-bus7	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-dev4	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
Existing plant( PD1)-bus8	ABC	13106.18	2.06	1.1806	15473	B	28680.46	0.05	1.0830	31061	A	33117.34	0.51	1.0007	33141	B
UG1685	ABC	12423.93	2.17	1.1946	14841	B	29265.09	0.09	1.0696	31301	B	33792.47	0.46	1.0031	33899	B
UG1686	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus18	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb9-B	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb9-A	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus17	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar8	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar7	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar6	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar5	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar4	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar3	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar2	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-busbar1	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus1	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-sw1	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb1	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus2	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
MTR1687	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus3	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb2	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-sw2	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus4	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
MTR1689	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus5	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb3	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-sw3	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus6	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
MTR1690	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus7	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb4	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-sw4	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus8	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
MTR1692	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus9	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb5	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-sw5	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus10	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
MTR1693	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus11	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-swb6	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-sw6	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus12	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
MTR1694	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.36	0.14	1.0574	31517	A	34418.59	0.41	1.0073	34669	B
PC 02-bus13	ABC	11818.18	2.27	1.2075	14271	B	29807.									









Asymmetric Fault Current Report

NOTE: All currents are total amps into fault located at load end of specified circuit element and are the maximum for each type fault.

Element Name	Cnf	-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----					-----Maximum Asymmetric-----				
		Sym Amps	X/R Ratio	Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase	Sym Amps	X/R Ratio	Sym-Asym Mult	Asym Amps	On Phase
SW7-N.51.0.007-dev7	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW7-N.51.0.007-bus14	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
BM.51.0.008	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-busbar11	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus23	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-SW4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW1-N.51.0.001-bus24	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-dev1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-busbar1	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-dev2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW TRANSFER-B	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-busbar2	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-dev3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus6	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
TN.51.0.003	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
SW15-N.51.0.015	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
PLANT CONTROL PANEL	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
EDS CONTROL PANEL	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
T5 AUX	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
T3 AUX	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
T8 AUX	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
T1 AUX	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
TX OF CONSTRUCTION	A	13413.00	1.32	1.0732	14394	A										
SW4-N.51.0.004-busbar3	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus7	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-dev4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus8	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
TN.51.0.002	ABC	4334.42	1.68	1.1263	4882	B	3707.70	0.58	0.9998	3707	A	4281.28	1.73	1.1329	4850	B
SW6-N.51.0.006	ABC	4334.42	1.68	1.1263	4882	B	3707.70	0.58	0.9998	3707	A	4281.28	1.73	1.1329	4850	B
BATTERY PANEL	ABC	4334.42	1.68	1.1263	4882	B	3707.70	0.58	0.9998	3707	A	4281.28	1.73	1.1329	4850	B
CHARGER PANEL	ABC	4334.42	1.68	1.1263	4882	B	3707.70	0.58	0.9998	3707	A	4281.28	1.73	1.1329	4850	B
TD2 AUX	ABC	4334.42	1.68	1.1263	4882	B	3707.70	0.58	0.9998	3707	A	4281.28	1.73	1.1329	4850	B
SW4-N.51.0.004-busbar4	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus9	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-dev5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus10	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
BM.51.0.005	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-busbar5	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus11	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-dev6	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
SW4-N.51.0.004-bus12	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B
BM.51.0.002	ABC	28196.95	0.74	1.0054	28348	B	22044.84	0.30	1.0219	22527	A	25455.16	1.06	1.0377	26415	B

# ANEXO 5 REPORTE CORTOCIRCUITO IMPRENTA

Proyecto: **ETAP** Página: 1  
Ubicación: **12.6.0H** Fecha: 12-06-2019  
Contrato: SN:  
Ingeniero: Revisión: Base  
Nombre de Archivo: Editorial Universitaria Caso de Estudio: SC Config.: Normal

---

## REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta trifásica en barra: **TD1\_**

Tensión pre-falta = 0.240 = 100.00 % de kV nominal de barra ( 0.240 kV)  
= 100.00 % de base ( 0.240 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
TD1_	Total	0.00	3.804	-2.757	0.7	4.698
TG_	TD1_	44.19	3.702	-2.580	0.7	4.512
EXTRACTOR1_	TD1_	100.00	0.004	-0.003	0.7	0.005
EXTRACTOR2_	TD1_	100.00	0.004	-0.003	0.7	0.005
DOBLADORA_	TD1_	100.00	0.023	-0.039	1.7	0.045
PRENSA CILIN_	TD1_	100.00	0.030	-0.066	2.2	0.073
PEGASEMI_	TD1_	100.00	0.018	-0.026	1.5	0.031
PEGAINDUS_	TD1_	100.00	0.023	-0.039	1.7	0.045

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica corriente de falta pasante a través de interruptor de enlace

Si la barra faltada forma parte de lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no se reflejará en el informe.

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: Editorial Universitaria

**ETAP**  
12.6.0H

Caso de Estudio: SC

Página: 2  
Fecha: 12-06-2019  
SN:  
Revisión: Base  
Config.: Normal

Falta trifásica en barra: **TD2\_**

Tensión pre-falta = 0.240

= 100.00 % de kV nominal de barra ( 0.240 kV)

= 100.00 % de base ( 0.240 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
TD2_	Total	0.00	3.334	-1.833	0.5	3.805
TG_	TD2_	56.87	3.295	-1.773	0.5	3.742
AADIRECC_	TD2_	100.00	0.019	-0.030	1.6	0.036
AADISENO_	TD2_	100.00	0.019	-0.030	1.6	0.036

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica corriente de falta pasante a través de interruptor de enlace

Si la barra faltada forma parte de lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no se reflejará en el informe.

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: Editorial Universitaria

**ETAP**  
**12.6.0H**

Caso de Estudio: SC

Página: 3  
 Fecha: 12-06-2019  
 SN:  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Falta trifásica en barra: **TG\_**

Tensión pre-falta = 0.240 = 100.00 % de kV nominal de barra ( 0.240 kV)  
 = 100.00 % de base ( 0.240 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
TG_	Total	0.00	5.147	-5.816	1.1	7.767
Bus5	TG_	18.42	4.866	-5.307	1.1	7.200
TD1_	TG_	1.97	0.103	-0.173	1.7	0.201
TL1_	TG_	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
TL2_	TG_	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
TD2_	TG_	1.08	0.039	-0.060	1.5	0.071
Guillotina_	TG_	100.00	0.023	-0.039	1.7	0.045
Minerva_	TG_	100.00	0.021	-0.035	1.7	0.041
Engrapadoras_1_2_	TG_	100.00	0.041	-0.121	2.9	0.128
OFFSET1_	TG_	100.00	0.018	-0.026	1.5	0.031
OFFSET2_	TG_	100.00	0.018	-0.026	1.5	0.031
AA ADMIN	TG_	100.00	0.019	-0.030	1.6	0.036

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica corriente de falta pasante a través de interruptor de enlace

Si la barra faltada forma parte de lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no se reflejará en el informe.

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: Editorial Universitaria

**ETAP**  
12.6.0H

Caso de Estudio: SC

Página: 4  
Fecha: 12-06-2019  
SN:  
Revisión: Base  
Config.: Normal

Falta trifásica en barra: **TL1\_**

Tensión pre-falta = 0.240 = 100.00 % de kV nominal de barra ( 0.240 kV)  
= 100.00 % de base ( 0.240 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
TL1_	Total	0.00	2.689	-1.075	0.4	2.896
TG_	TL1_	68.76	2.689	-1.075	0.4	2.896

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica corriente de falta pasante a través de interruptor de enlace

Si la barra faltada forma parte de lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no se reflejará en el informe.



Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: Editorial Universitaria

**ETAP**  
12.6.0H

Caso de Estudio: SC

Página: 5  
Fecha: 12-06-2019  
SN:  
Revisión: Base  
Config.: Normal

Falta trifásica en barra: **TL2\_**

Tensión pre-falta = 0.240 = 100.00 % de kV nominal de barra ( 0.240 kV)  
= 100.00 % de base ( 0.240 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
TL2_	Total	0.00	0.954	-0.127	0.1	0.962
TG_	TL2_	91.00	0.954	-0.127	0.1	0.962

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica corriente de falta pasante a través de interruptor de enlace

Si la barra faltada forma parte de lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no se reflejará en el informe.

## ANEXO 6 VIÑETAS DE LA GENERADORA Y DE LA IMPRENTA

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	Air Comp 1
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	4.5 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	428.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 2  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	CTRL PNL 300HP
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	26.7 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	1152.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	Air Comp 2
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	4.5 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	428.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 1  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	MCC TSA
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	4.6380 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	437.5901 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	KASER BSD 50
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	4.6 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	437.3 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 2  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	MCC1
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	17.9 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	923.7 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 2  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	CTL PNL 10HP
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	26.7 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	1152.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 2  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	MCC2
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	17.9 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	923.7 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 2  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	CTRL PNL 15HP
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	26.7 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	1152.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV
Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015 Programa desarrollado por JH,DM	

Riesgo de Arco Eléctrico 2  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	MCC3
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	17.9191 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	923.7355 [mm]
Voltaje	0.48 kV

**Riesgo de Arco Eléctrico** 2  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>MCC4</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	17.9191 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	923.7355 [mm]
Voltaje	0.48 kV

**Riesgo de Arco Eléctrico** 1  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>PNL BLOWER 9</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	5.8 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	496.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

**Riesgo de Arco Eléctrico** 2  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>MCC5</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	17.9191 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	923.7355 [mm]
Voltaje	0.48 kV

**Riesgo de Arco Eléctrico** 1  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>PNL BLOWER 10</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	5.8 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	496.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

**Riesgo de Arco Eléctrico** 2  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>MCC6</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	17.9191 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	923.7355 [mm]
Voltaje	0.48 kV

**Riesgo de Arco Eléctrico** >4  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>SG4.16</b>
Distancia de Trabajo[mm]	914.4 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	187.3 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	7386.4 [mm]
Voltaje	4.16 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

**Riesgo de Arco Eléctrico** 0  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>PC-02</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	2.2 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	287.7 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

**Riesgo de Arco Eléctrico** 3  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>SW1</b>
Distancia de Trabajo[mm]	609.4 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	50.0 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	2170.4 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

**Riesgo de Arco Eléctrico** 1  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>PD-1</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	5.8 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	496.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

**Riesgo de Arco Eléctrico** 0  
**Equipo de Protección Personal Requerido**

<b>Nombre del Equipo</b>	<b>SW2 FUERZA</b>
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	4.5 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	428.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
 Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	SW4
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	4.5 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	432.8 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	TD-2
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	0.3 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	95.1 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	SW6
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	0.3 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	99.2 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	TD-1
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	0.4 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	109.3 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	SW7
Distancia de Trabajo[mm]	609.6 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	2.7 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	428.6 [mm]
Voltaje	0.48 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	TL-2
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	2.3 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	297.5 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 0  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	TD2 AUX
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	0.4 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	105.3 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 1  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	TL-1
Distancia de Trabajo[mm]	457.2 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	6.7 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	536.3 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM

Riesgo de Arco Eléctrico 3  
Equipo de Protección Personal Requerido

Nombre del Equipo	TG
Distancia de Trabajo[mm]	609.6 [mm]
Energía Incidente sobre distancia de trabajo [J/cm <sup>2</sup> ]	56.2 [J/cm <sup>2</sup> ]
Limite de protección [mm]	2316.5 [mm]
Voltaje	0.24 kV

Universidad de El Salvador, 01/2020, basado en Std IEEE 1584-2018 y NFPA 70E 2015  
Programa desarrollado por JH,DM