



Diseños de Instalaciones Eléctricas y Sistemas ITS de Túneles

Isabel Cristina Yepes Echeverri

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesores

Jaime Alejandro Valencia V., Doctor (PhD) en Ingeniería Eléctrica

Carlos Alonso Venegas Pérez, Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Referencia

Estilo IEEE (2020)

- [1] I. C. Yepes Echeverri, “Diseño de Instalaciones Eléctricas y Sistemas ITS de Túneles”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2024.



Centro De Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este logro profesional se dedica con gratitud a Dios, a mi familia, a quienes estuvieron a mi lado de manera constante y a todos aquellos que contribuyeron a hacer posible mi proceso de formación. A mi incansable y valiente padre, le agradezco por ser el pilar fundamental en mi formación profesional. Sus enseñanzas, confianza y perseverancia fueron determinantes en mi desarrollo académico, personal y social. A mi madre, agradezco su apoyo incondicional y su amor que impulsaron mi carrera hacia metas elevadas. Ella ha sido la base estructural que me permitió alcanzar uno de mis sueños más anhelados. A mis queridas hermanas, a lo largo de mi trayectoria universitaria, han sido testigos de mis desafíos y logros. Mi profundo agradecimiento a todas por ser una fuente constante de apoyo. Cada palabra de aliento, gesto de comprensión y momento dedicado a ayudarme ha dejado una huella imborrable en mi corazón. Finalmente, pero no menos importante, agradezco a un gran hombre que siempre ha sido incondicional. Su apoyo en todos los sentidos, sus palabras de aliento y, lo más significativo, su creencia constante en mí, han sido invaluablemente inspiradores.

Agradecimientos

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios por otorgarme la sabiduría, la confianza y la resiliencia necesarias para emprender la lucha por este título. Además, agradezco por poner en mi camino profesional a personas que se han convertido en pilares fundamentales de mi vida académica y personal a lo largo de este significativo recorrido. Reconozco la influencia positiva de mi familia, amigos entrañables y colegas de ingeniería, quienes fueron testigos de esta incansable lucha. También, quiero expresar mi gratitud a la empresa HE Ingeniería y Soluciones, así como a todos los compañeros de trabajo y colaboradores que de diversas maneras aportaron y respaldaron la realización de mi sueño de ser ingeniera electricista. Reconozco y agradezco a los docentes de la carrera por su dedicación y vocación, quienes no solo impartieron conocimientos, sino que también me inspiraron a apasionarme por esta disciplina. A la Universidad de Antioquia le agradezco por brindarme la oportunidad de alcanzar algunas de mis metas personales y profesionales. Aprecio profundamente su acogida, la oportunidad de aprendizaje continuo, la garantía de mi permanencia en la institución y, sobre todo, por enseñarme a ser una ingeniera íntegra y socialmente responsable.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivo general.....	12
2.2	Objetivos específicos	12
3.	MARCO TEÓRICO	14
4.	METODOLOGÍA.....	17
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	19
5.1	Información general del proyecto.....	19
5.2	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.....	19
5.2.1	Cuadro de cargas túnel 2	21
5.2.2	Cuadro de cargas túnel 3	24
5.2.3	Cuadro de cargas túnel 4.....	27
5.2.4	Cuadro de cargas túnel 5	31
5.3	Análisis de Factor de Potencia	36
5.4	Análisis de Coordinación de Aislamiento Eléctrico.....	36
5.4.1	Selección Dispositivos de Protección contra Sobretensiones Transitorias (DPS) Redes de Baja Tensión	36
5.5	Análisis de Cortocircuito y Falla a Tierra	39
5.6	Análisis de nivel de riesgo por rayo y medidas de protección contra rayos.....	40
5.6.1	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección	41
5.7	Análisis de Riesgos de Origen Eléctrico y Medidas para Mitigarlos	47
5.8	Análisis del nivel de tensión requerido	60
5.8.1	Análisis de tensión en baja tensión	60
5.9	Cálculo de campos electromagnéticos.....	61
5.10	Cálculo de porcentaje de reserva de transformadores	61

5.10.1 Transformadores del proyecto	61
5.10.1.1 Transformadores Túnel 2	62
5.10.1.2 Transformadores Túnel 3	62
5.10.1.3 Transformadores Túnel 4	63
5.10.1.4 Transformadores Túnel 5	63
5.11 Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra	64
5.11.1 Medición de la Resistividad Aparente del Suelo	64
5.11.2 Caracterización de las Condiciones del Suelo	65
5.11.3 Selección del Conductor	66
5.11.4 Diseño de la Malla de Puesta a Tierra.....	67
5.11.5 Resultados	68
5.11.6 Tensiones de Toque y Paso en Cuarto Técnico	69
5.12 Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	70
5.13 Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor	70
5.14 Cálculo y Coordinación de Protecciones contra Sobrecorrientes.....	84
5.14.1 Curvas de Protecciones para Totalizadores de los Tableros.....	85
5.15 Cálculo de Canalizaciones.....	97
5.16 Cálculos de Pérdidas de Energía	101
5.17 Cálculos de Regulación.....	116
5.18 Especificaciones de construcción, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales, y sus condiciones particulares.....	130
5.19 Distancias de Seguridad Requeridas	137
5.20 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones Sísmicas, Acústicas, Mecánicas o Térmicas.	139
5.20.1 Cálculo y Especificación de los Barrajes, Celdas y Tableros de Distribución (Sección MM2).	139
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141

7. REFERENCIAS 143

8. ANEXOS.....**¡Error! Marcador no definido.**

8.1 Material Fotográfico**¡Error! Marcador no definido.**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general del proyecto.	19
Tabla 2. Cargas generales para los túneles.	19
Tabla 3. Cargas TT T2 0024 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.	21
Tabla 4. Cargas TG T2 0012 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	21
Tabla 5. Cargas T2 0008 TABLERO DE ILUMINACIÓN.	22
Tabla 6. Cargas T2 0004 TABLERO REGULADO DE ITS.	23
Tabla 7. Cargas CT T2 0016 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.	23
Tabla 8. Cargas UPS T2 0020 TÚNEL 2.	24
Tabla 9. Cargas TT T3 0023 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.	24
Tabla 10. Cargas TG T3 0011 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	24
Tabla 11. Cargas T3 0007 TABLERO DE ILUMINACIÓN.	25
Tabla 12. Cargas T3 0003 TABLERO REGULADO DE ITS.	26
Tabla 13. Cargas CT T3 0015 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.	26
Tabla 14. Cargas UPS T3 0019 TÚNEL 3.	27
Tabla 15. Cargas TT T4 0022 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.	27
Tabla 16. Cargas TG T4 0010 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	28
Tabla 17. Cargas T4 0006 TABLERO DE ILUMINACIÓN.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18. Cargas T4 0002 TABLERO REGULADO DE ITS.	30
Tabla 19. Cargas CT T4 0014 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.	30
Tabla 20. Cargas UPS T4 0018 TÚNEL 4.	31
Tabla 21. Cargas TT T5 0021 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.	31
Tabla 22. Cargas TG T5 0009 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	32
Tabla 23. Cargas T5 0005 TABLERO DE ILUMINACIÓN.	32
Tabla 24. Cargas T5 0001 TABLERO REGULADO DE ITS.	34
Tabla 25. Cargas CT T5 0013 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.	34
Tabla 26. Cargas UPS T5 0017 TÚNEL 5.	35
Tabla 27. Selección de DPS para tableros.	38
Tabla 28. Factor de riesgo por ausencia de electricidad.	49
Tabla 29. Factor de riesgo por arco eléctrico.	50
Tabla 30. Factor de riesgo por contacto directo.	51
Tabla 31. Factor de riesgo por contacto indirecto.	52
Tabla 32. Factor de riesgo por contacto cortocircuito.	53
Tabla 33. Factor de riesgo por electricidad estática.	54
Tabla 34. Factor de riesgo por equipo defectuoso.	55
Tabla 35. Factor de riesgo por rayo.	56
Tabla 36. Factor de riesgo por sobrecarga.	57
Tabla 37. Factor de riesgo por Tensión de contacto.	58
Tabla 38. Factor de riesgo por Tensión de contacto.	59
Tabla 39. Acciones para mitigar los riesgos.	60
Tabla 40. Resumen de potencias TG T2 0012 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	62
Tabla 41. Resumen de potencias TG T3 0011 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	62
Tabla 42. Resumen de potencias TG T4 0010 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	63
Tabla 43. Resumen de potencias TG T5 0009 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.	64
Tabla 44. Resistividad del suelo con promedio por distancia.	65
Tabla 45. Consideraciones de diseño.	65
Tabla 46. Simulación del suelo.	65
Tabla 47. Criterios de selección del conductor.	66
Tabla 48. Barras de cobre equipotenciales.	67
Tabla 49. Datos de evaluación.	67
Tabla 50. Tensiones máximas alcanzadas y resistencia de puesta tierra para 50Kg/70Kg.	68
Tabla 51. Tensiones máximas admisibles para 50Kg/70Kg.	70
Tabla 52. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 2 en cuarto técnico.	71
Tabla 53. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 2.	72

Tabla 54. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2 parte 1.....	72
Tabla 55. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2 parte 2.....	74
Tabla 56. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 3 cuarto técnico.....	74
Tabla 57. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 3.....	75
Tabla 58. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3 parte 1.....	76
Tabla 59. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3 parte 2.....	77
Tabla 60. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 4 cuarto técnico.....	77
Tabla 61. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 4.....	78
Tabla 62. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4 parte 1.....	79
Tabla 63. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4 parte 2.....	80
Tabla 64. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 5 cuarto técnico.....	81
Tabla 65. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 5.....	82
Tabla 66. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5 parte 1.....	82
Tabla 67. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5 parte 2.....	84
Tabla 68. Cálculo de canalizaciones bandejas portacables en zonas críticas.....	98
Tabla 69. Cálculo de ocupación de ductos en zona críticas.....	101
Tabla 70. Pérdida de energía Túnel 2 cuarto técnico.....	101
Tabla 71. Pérdida de energía ITS Túnel 2.....	103
Tabla 72. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2.....	104
Tabla 73. Pérdida de energía Túnel 3 cuarto técnico.....	105
Tabla 74. Pérdida de energía ITS Túnel 3.....	106
Tabla 75. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3.....	107
Tabla 76. Pérdida de energía Túnel 4 cuarto técnico.....	109
Tabla 77. Pérdida de energía ITS Túnel 4.....	110
Tabla 78. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4.....	110
Tabla 79. Pérdida de energía Túnel 5 cuarto técnico.....	112
Tabla 80. Pérdida de energía ITS Túnel 5.....	113
Tabla 81. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5.....	114
Tabla 82. Regulación Túnel 2 Cuarto Técnico.....	116
Tabla 83. Regulación ITS Túnel 2.....	117
Tabla 84. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2.....	118
Tabla 85. Regulación Túnel 3 Cuarto Técnico.....	119
Tabla 86. Regulación ITS Túnel 3.....	121
Tabla 87. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3. ¡Error! Marcador no de finido.	
Tabla 88. Regulación túnel 4 Cuarto Técnico.....	123
Tabla 89. Regulación ITS Túnel 4.....	124
Tabla 90. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4.....	124
Tabla 91. Regulación Túnel 5 Cuarto Técnico.....	125
Tabla 92. Regulación ITS Túnel 5.....	127
Tabla 93. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5.....	128
Tabla 94. Especificaciones técnicas de tableros generales.....	133
Tabla 95. Especificaciones de cables de libres halógenos.....	134
Tabla 96. Especificaciones técnicas de cables TWHN-2 normal.....	135
Tabla 97. Especificaciones eléctricas de canalizaciones.....	136
Tabla 98. Especificaciones eléctricas de bandejas portacables.....	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 2.	39
Figura 2. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 3.	39
Figura 3. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 4.	40
Figura 4. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 5.	40
Figura 5. DDT del documento de EPM “Caracterización de los parámetros meteorológicos en las zonas de influencia del grupo EPM”	41
Figura 6. Tabla de colores de acuerdo al nivel de tensión en C.A.....	61
Figura 7. Perfil de resistividad del terreno.	66
Figura 8. Configuración de la malla de puesta a tierra.....	67
Figura 9. Diagrama de contorno de potencial de contacto 50Kg y 70Kg.....	68
Figura 10. Diagrama perfil de potencial, tensiones de toque paso y transferidas para 50Kg y 70Kg.....	70
Figura 11. Curvas teóricas de protección.....	85
Figura 12. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 2.	86
Figura 13. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 2.	87
Figura 14. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 2.	88
Figura 15. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 3.	89
Figura 16. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 3.	90
Figura 17. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 3.	91
Figura 18. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 4.	92
Figura 19. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 4.	93
Figura 20. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 4.	94
Figura 21. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 5.	95
Figura 222. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 5.	96
Figura 23. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 5.	97
Figura 24. Distancias mínimas de espacio trabajo.	138
Figura 25. Distancia de seguridad para aproximación a equipos energizados.	139
Figura 26. Límites de aproximación.....	139

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

NTC	Norma Técnica Colombiana
EPM	Empresas Públicas de Medellín
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
AC	Corriente Alterna
DC	Corriente Continua
FD	Factor de Demanda
FP	Factor de Potencia
W	Vatios
CT	Transformador de Corriente
PT	Transformador de Tensión
A	Amperios
VA	Voltio-Amperio
V	Voltios
DPS	Descargador de sobretensiones
BIL	Nivel soportado para impulso tipo rayo
Upl	Nivel de protección impulso tipo rayo de un pararrayo
Ups	Nivel de protección de impulso de maniobra
ITS	Sistemas Inteligentes de Transporte
FP	Factor de Potencia

RESUMEN

El diseño de instalaciones eléctricas y sistemas ITS (Sistemas de Transporte Inteligente) en túneles es un aspecto crítico para garantizar tanto la seguridad como la eficiencia en la operación de estas infraestructuras subterráneas. En lo que respecta a las instalaciones eléctricas, es esencial planificar y ejecutar sistemas de iluminación eficientes que proporcionen visibilidad óptima para los conductores y peatones. Además, se deben desarrollar soluciones de suministro eléctrico que aseguren un funcionamiento ininterrumpido, considerando factores como la redundancia y la capacidad de respuesta ante posibles fallos.

Los sistemas ITS desempeñan un papel crucial en la gestión y monitorización del tráfico en túneles. Esto abarca desde la implementación de cámaras de vigilancia y sensores de detección de incidentes hasta sistemas de información variable y control de velocidad. La integración efectiva de estos elementos permite una supervisión en tiempo real del flujo vehicular, facilitando la detección temprana de problemas y la toma de decisiones informadas para garantizar la seguridad de los usuarios del túnel. Además, la automatización de procesos mediante sistemas ITS contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia.

En última instancia, la planificación y diseño cuidadosos de estas instalaciones eléctricas y sistemas ITS son esenciales para crear túneles modernos y seguros. La consideración de aspectos como la redundancia eléctrica, la conectividad de los sistemas ITS y la capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes del tráfico contribuyen a la creación de infraestructuras subterráneas más resistentes y eficientes desde el punto de vista operativo y de gestión del tráfico.

***Palabras clave:* Diseños, Instalaciones Eléctricas, Sistema ITS, Eficiencia, Infraestructura subterráneas, Iluminación, Gestión del tráfico, Sensores de detección de incidentes, Control de velocidad, Planificación, Conectividad, Operatividad.**

ABSTRACT

The design of electrical installations and ITS systems (Intelligent Transportation Systems) in tunnels is a critical aspect to guarantee both safety and efficiency in the operation of these underground infrastructures. When it comes to electrical installations, it is essential to plan and execute efficient lighting systems that provide optimal visibility for drivers and pedestrians. In addition, power supply solutions must be developed that ensure uninterrupted operation, considering factors such as redundancy and the ability to respond to possible failures.

ITS systems play a crucial role in managing and monitoring traffic in tunnels. This ranges from the implementation of surveillance cameras and incident detection sensors to variable information systems and speed control. The effective integration of these elements allows real-time monitoring of vehicular flow, facilitating early detection of problems and informed decision-making to guarantee the safety of tunnel users. In addition, process automation through ITS systems contributes to improving operational efficiency and response capacity in emergency situations.

Ultimately, careful planning and design of these electrical installations and ITS systems are essential to creating modern and safe tunnels. The consideration of aspects such as electrical redundancy, the connectivity of ITS systems and the ability to adapt to changing traffic conditions contribute to the creation of more resistant and efficient underground infrastructures from an operational and traffic management point of view.

***Keywords* — Designs, Electrical Installations, ITS System, Efficiency, Underground Infrastructure, Lighting, Traffic Management, Incident Detection Sensors, Speed Control, Planning, Connectivity, Operability.**

1. INTRODUCCIÓN

La planificación y diseño de instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnología de la Información y Comunicación (ITS, por sus siglas en inglés) para túneles es una disciplina crucial en la ingeniería de infraestructuras modernas. Los túneles desempeñan un papel vital en la conectividad y movilidad de las áreas urbanas y regiones, facilitando el transporte de personas y mercancías a través de terrenos difíciles o densamente poblados [1].

El diseño de instalaciones eléctricas en túneles abarca una serie de componentes esenciales, desde la iluminación adecuada hasta la alimentación de sistemas de ventilación y gestión del tráfico. Estos sistemas deben garantizar no solo la funcionalidad, sino también la seguridad y confiabilidad en un entorno que puede presentar desafíos únicos, como condiciones ambientales adversas y restricciones de espacio.

Por otro lado, los sistemas de Tecnología de la Información y Comunicación (ITS) en túneles han evolucionado para ofrecer una gestión más eficiente y segura del tráfico. Estos sistemas incluyen la monitorización del tráfico, el control de semáforos y señalización, la detección de incidentes y la comunicación de emergencia. Además, se han vuelto fundamentales para garantizar la seguridad de los usuarios y el personal de mantenimiento en caso de situaciones imprevistas [2].

La interacción entre las instalaciones eléctricas y los sistemas ITS es esencial para mantener un flujo de tráfico fluido y seguro. Los sistemas de iluminación, cámaras de vigilancia, señalización y sistemas de comunicación deben integrarse de manera efectiva para garantizar un funcionamiento armonioso.

En este contexto, la ingeniería de instalaciones eléctricas y sistemas ITS en túneles se convierte en un campo multidisciplinario que requiere un profundo conocimiento de la electricidad, la electrónica, las comunicaciones y la gestión del tráfico. Además, debe tenerse en cuenta la sostenibilidad y la eficiencia energética, así como las normativas y estándares de seguridad en el diseño y la operación de túneles.

Este desafío técnico y logístico constante exige una planificación detallada, una ejecución precisa y un mantenimiento constante para garantizar la funcionalidad y la seguridad de estos importantes activos de infraestructura. En resumen, el diseño de instalaciones eléctricas y sistemas ITS en túneles es un campo en constante evolución que desempeña un papel crucial en la creación y el funcionamiento de sistemas de transporte modernos y eficientes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

“Diseñar sistemas eléctricos e ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte) eficientes y confiables para túneles en Colombia, garantizando la seguridad y el buen funcionamiento del tráfico vehicular. El objetivo del diseño de sistemas eléctricos en túneles es proporcionar una infraestructura eléctrica robusta y resistente que garantice un suministro continuo e ininterrumpido. Esto incluye la instalación de equipos adecuados de distribución de energía, sistemas de reserva de emergencia e iluminación. Los sistemas eléctricos deben cumplir los reglamentos y normas locales de seguridad en los túneles. Además, el objetivo del diseño de sistemas ITS en túneles es implantar tecnologías y sensores avanzados que mejoren la seguridad, la gestión del tráfico y la comunicación. Esto incluye el diseño y la integración de sistemas de supervisión y control, como cámaras de vigilancia del tráfico, señales de mensaje variable, sistemas de detección de incidentes y sistemas de comunicación de emergencia. El diseño debe facilitar la supervisión en tiempo real y la respuesta a las condiciones del tráfico y los incidentes dentro de los túneles [4]”.

2.2 Objetivos específicos

Garantizar un suministro eléctrico confiable e ininterrumpido: Diseñar e implementar sistemas eléctricos que soporten posibles interrupciones y garantizar el suministro continuo de energía dentro de los túneles, teniendo en cuenta factores como la calidad de la energía, la capacidad de carga y la redundancia.

Cumplir las normas y reglamentos de seguridad: Diseñar sistemas eléctricos que cumplan la normativa local de seguridad, incluyendo una adecuada conexión a tierra, protección contra sobretensiones y de seguridad contra incendios, para minimizar el riesgo de accidentes y garantizar la seguridad de los usuarios del túnel [5].

Optimizar la eficiencia energética: Incorporar tecnologías y prácticas de eficiencia energética en el diseño del sistema eléctrico para minimizar el consumo de energía, reducir los costes operativos y promover la sostenibilidad.

Integrar sistemas de reserva de emergencia: Diseñar e implementar sistemas de energía de reserva, como generadores o unidades de alimentación ininterrumpida (SAI), para proporcionar

iluminación de emergencia, ventilación y sistemas de comunicación vitales en caso de corte de suministro eléctrico o situación de emergencia.

Mejorar la gestión del flujo de tráfico: Implementar sistemas avanzados de gestión del tráfico que monitoricen y analicen las condiciones del tráfico dentro de los túneles, permitiendo ajustes en tiempo real del flujo de tráfico, optimizando el control de carriles y minimizando la congestión [6].

Mejorar la seguridad y la gestión de incidentes: Instalar cámaras de vigilancia, sistemas de detección de incidentes y señales de mensaje variables para mejorar la seguridad y facilitar la rápida detección y respuesta a incidentes, accidentes y emergencias dentro de los túneles.

Facilitar sistemas de comunicación eficaces: Diseñar y desplegar redes de comunicación fiables que faciliten una comunicación fluida entre los operadores de los túneles, los servicios de emergencia y los usuarios de los túneles, permitiendo una respuesta rápida y una coordinación eficaz durante las emergencias o incidentes.

Integrarse con infraestructuras de transporte más amplias: Garantizar la interoperabilidad y la coordinación entre los sistemas ITS dentro de los túneles y la red de transporte más amplia para permitir un intercambio de información eficiente [7].

Facilitar la difusión de información: Implementar Sistemas Inteligentes de Transporte que proporcionen información en tiempo real a los conductores, como las condiciones del tráfico, alertas meteorológicas, información sobre desvíos y avisos de seguridad relevantes, mejorando la concienciación de los conductores y promoviendo una toma de decisiones más segura e informada.

3. MARCO TEÓRICO

El diseño de instalaciones eléctricas y sistemas ITS (Sistemas de Transporte Inteligente) en túneles constituye un área crucial en la ingeniería de infraestructuras, donde la interacción eficiente entre componentes eléctricos y sistemas de gestión del tráfico es esencial para garantizar la seguridad y operación fluida de estos espacios subterráneos. En el marco teórico, se abordan varios aspectos clave:

Instalaciones eléctricas en túneles: Se explora la importancia de la iluminación adecuada en túneles para asegurar una visibilidad óptima. Se consideran los requisitos específicos de suministro eléctrico, redundancia y capacidad de respuesta ante fallos para garantizar un funcionamiento continuo y seguro. Se analizan normativas y estándares eléctricos aplicables, así como la selección de materiales resistentes a condiciones específicas del entorno subterráneo.

Sistemas ITS en túneles: Se examina el papel crítico de los sistemas ITS en la monitorización y gestión eficiente del tráfico en túneles. Se describen tecnologías como cámaras de vigilancia, sensores de detección de incidentes, sistemas de información variable y control de velocidad. Se considera la integración de estos sistemas para proporcionar una supervisión en tiempo real y mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

Interacción entre instalaciones eléctricas y sistemas ITS: Se destaca la necesidad de una integración sinérgica entre instalaciones eléctricas y sistemas ITS para optimizar la eficiencia operativa y la seguridad. Se exploran estrategias para la coordinación efectiva entre iluminación, suministro eléctrico y sistemas ITS para mantener un entorno seguro y funcional.

Diseño y planificación: Se revisan metodologías de diseño que consideran factores específicos como la topografía del túnel, el flujo de tráfico y la adaptabilidad a condiciones cambiantes. Se discute la importancia de la planificación cuidadosa para garantizar la eficacia y el rendimiento a largo plazo de las instalaciones eléctricas y sistemas ITS.

Iluminación: Unas instalaciones de iluminación eficiente y duradera son esenciales para proporcionar una visibilidad adecuada dentro del túnel, mejorando la visibilidad de los conductores y garantizando la seguridad. Se suelen emplear lámparas de descarga de alta intensidad (HID) o luminarias de diodos emisores de luz (LED), ya que ofrecen una larga vida útil, eficiencia energética y altos niveles de iluminancia.

Distribución de energía: El diseño de un sistema eléctrico para túneles implica el

establecimiento de una red de distribución de energía bien estructurada. Esto incluye transformadores, conmutadores, paneles de distribución y disyuntores para garantizar un suministro confiable y controlado de energía eléctrica a los distintos componentes del túnel.

Alimentación de emergencia: Los túneles requieren un sólido sistema de reserva de energía de emergencia para garantizar un funcionamiento ininterrumpido durante los cortes de energía. Esto suele implicar la instalación de generadores de reserva que pueden encenderse automáticamente en caso de apagón. Esto permite que sistemas esenciales como la iluminación, la ventilación y la comunicación sigan funcionando de manera eficiente [8].

Detección y extinción de incendios: La seguridad contra incendios desempeña un papel vital en el diseño de túneles. Los sistemas de detección de incendios, como detectores de humo y sensores térmicos, se instalan estratégicamente para detectar y alertar con prontitud de cualquier posible incidente de incendio. Además, pueden instalarse sistemas de extinción de incendios como aspersores de agua, extintores o sistemas de espuma especializados para mitigar los riesgos de incendio.

Vigilancia por cctv: Se instalan cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV) en varios puntos del túnel para vigilar el flujo del tráfico, detectar incidentes y ayudar a una respuesta e intervención rápidas.

Señales de mensaje variable (vms): Se utilizan señales de mensaje dinámicas para proporcionar información de tráfico en tiempo real a los conductores. Estas señales muestran datos cruciales, como los límites de velocidad, el cierre de carriles, la congestión del tráfico y las notificaciones de emergencia, mejorando el conocimiento de la situación y la seguridad de los conductores [9].

Sensores de tráfico: Sensores como los detectores de bucle o los sistemas de radar se incrustan en la superficie de la carretera para recopilar datos sobre la velocidad de los vehículos, la densidad del tráfico y la ocupación. Esta información ayuda a gestionar el tráfico, detectar incidentes y tomar decisiones a tiempo.

Sistemas de gestión de incidentes: Los centros de control centralizados están equipados con sistemas de software avanzados que supervisan las condiciones del tráfico. Estos sistemas facilitan la detección eficaz de incidentes, la comunicación con los servicios de emergencia y las estrategias de respuesta coordinada para minimizar las interrupciones y garantizar la fluidez del tráfico.

Sistemas de gestión de incidentes: Los centros de control centralizados están equipados con sistemas de software avanzados que supervisan las condiciones del tráfico. Estos sistemas facilitan la detección eficaz de incidentes, la comunicación con los servicios de emergencia y las estrategias de respuesta coordinada para minimizar las interrupciones y garantizar la fluidez del tráfico.

Sistemas de comunicación: Se emplean sistemas de megafonía, teléfonos de emergencia y redes de comunicación por radio. Estos sistemas permiten una comunicación fluida entre conductores, operadores de túneles y servicios de emergencia, mejorando la seguridad y la coordinación general.

En conjunto, este marco teórico proporciona la base para el diseño integral de instalaciones eléctricas y sistemas ITS en túneles, destacando la necesidad de una planificación precisa, el cumplimiento de normativas y estándares, y la integración eficiente de tecnologías para optimizar la funcionalidad y seguridad de estas infraestructuras subterráneas.

4. METODOLOGÍA

La metodología de diseño de instalaciones eléctricas y sistemas ITS (Sistemas de Transporte Inteligente) para túneles implica una aproximación estructurada que abarca diversas etapas desde la conceptualización hasta la implementación. Aquí se presenta una metodología general:

Análisis de requisitos: Comprender la finalidad del túnel, sus dimensiones, el volumen de tráfico y otros requisitos específicos.

Análisis de la carga: Determinar las cargas eléctricas que deben acomodarse dentro del túnel, como iluminación, ventilación, sistemas de comunicación y equipos de vigilancia.

Suministro eléctrico: Determinar la fuente de energía más adecuada para suministrar electricidad al túnel. Puede ser la red local, un generador in situ o una combinación de ambos.

Distribución eléctrica: Diseñar una red de distribución que suministre energía de forma eficiente a los distintos sistemas y equipos del túnel, teniendo en cuenta factores como la confiabilidad, la redundancia y los posibles fallos.

Diseño de la iluminación: Garantizar una iluminación adecuada en todo el túnel, teniendo en cuenta aspectos como los niveles de medios de iluminancia, la uniformidad, el deslumbramiento y la eficiencia energética. A menudo se prefiere la iluminación LED por su longevidad y características de ahorro energético.

Sistemas de seguridad: Implementar sistemas de seguridad como iluminación de emergencia, detección de incendios y sistemas de supresión, así como sistemas de energía de reserva para garantizar un funcionamiento continuo durante cortes de energía o emergencias.

Control y supervisión: Diseñar un sistema de control y supervisión centralizado para la infraestructura eléctrica, que permita a los operadores supervisar parámetros como el consumo de energía, el equilibrio de carga y la detección de fallos para una respuesta y un mantenimiento rápido [10].

Análisis del tráfico: Llevar a cabo un análisis detallado del tráfico para comprender los patrones de tráfico, los tipos de vehículos, los volúmenes medios y las horas punta dentro del túnel.

Detección y control de vehículos: Determinar las tecnologías apropiadas para la detección, clasificación y supervisión de vehículos, como sensores, cámaras o detectores incrustados en la superficie de la carretera.

Control del tráfico: Diseñar un sistema de control de tráfico que incluya señales de mensaje variable, semáforos, sistemas de control de carriles y sistemas de control de velocidad para gestionar el flujo de tráfico y garantizar la seguridad.

Sistemas de comunicación: Instalar una infraestructura de comunicación eficiente y confiable, que incluya redes inalámbricas, cables de fibra óptica y sistemas de radio, para permitir la transferencia de datos en tiempo real entre el túnel y el centro de control.

Detección y respuesta ante incidentes: Implementar tecnologías como la video vigilancia, sistemas de detección automática de incidentes y cabinas de llamada de emergencia para identificar y responder rápidamente a los incidentes dentro del túnel.

Integración e interoperabilidad: Garantizar la integración sin fisuras de varios subsistemas dentro de ITS, como el control del tráfico, la gestión de incidentes y los sistemas de comunicación, para permitir una coordinación y respuesta efectiva [11].

Mantenimiento y supervisión: Establecer un plan integral de mantenimiento y supervisión para inspeccionar, calibrar y actualizar periódicamente los sistemas ITS, garantizando su confiabilidad y funcionalidad a largo plazo.

Esta metodología integral y secuencial permitirá llevar a cabo un diseño preciso y eficiente de la instalación eléctrica y el sistema ITS, cumpliendo con los más altos estándares de calidad y seguridad que se requiere para los túneles.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Información general del proyecto

Tabla 1. Información general del proyecto.

Nombre del proyecto	Diseño eléctrico túneles unidad funcional 1
Ciudad / Municipio	Cañas Gordas Antioquia
Tipo de Servicio	Oficial
Tensión aprobada	208V/120V
Número de cuentas	Medida en baja tensión

5.2 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

La información detallada de las cargas se encuentra en los cuadros de cargas anexos a continuación; donde el identificador de cada carga tiene las siguientes características:

Abreviaturas empleadas.

S (VA)= Potencia aparente en Volta-amperios

P(W)= Potencia aparente en Vatios

Fases L1, L2 y L3

Tabla 2. Cargas generales para los túneles.

IDENTIFICADOR CARGA	DESCRIPCIÓN CARGA	SISTEMA	TENSIÓN L-L (V)	TENSIÓN L-N (V)	POTENCIA ACTIVA (W)	FACTOR DE POTENCIA (fp)	POTENCIA APARENTE (VA)
C1	CAM (Cámara interior con switch)	F+N+T		120	540	0,9	600
C2	ASP (180W) ASPA FLECHA	2F+T	208		180	0,9	200
C3	VEL (180W) INDICADOR DE VELOCIDAD	2F+T	208		180	0,9	200
C4	PLC, GAB Y CCO(GABINETE EXTERIOR (S/E RACK) Y CENTRO DE CONTROL DE OPERACIONES.	F+N+T		120	1800	0,9	2000
C5	CÁMARA TIPO DOMO(DOM), PUNTO DE ACCESO WIFFI Y SWITCH (APW) (540 W)SISTEMA MONOFÁSICO.	F+N+T		120	540	0,9	600
C6	POSTE SOS DE EMERGENCIA Y SWITCH	F+N+T		120	540	0,9	600
C7	CÁMARA TIPO DOMO Y SWITCH	F+N+T		120	540	0,9	600

IDENTIFICADOR CARGA	DESCRIPCIÓN CARGA	SISTEMA	TENSIÓN L-L (V)	TENSIÓN L-N (V)	POTENCIA ACTIVA (W)	FACTOR DE POTENCIA (fp)	POTENCIA APARENTE (VA)
C8	CÁMARA TIPO DOMO (DOM), PANEL DE MENSAJERÍA VARIABLE FIJO (PMVF), SEÑAL MULTIPROPÓSITO PARA PANEL (SMP). (DOMO MONTADO EN PMVF PASO DE CALZADA POR EL PMVF)	F+N+T		120	2700	0,9	3000
C9	PESAJE (PES), PUNTO DE ACCESO WIFFI (APW), CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) Y CENTRO DE CONTROL DE OPERACIONES (CCO).	F+N+T		120	2700	0,9	3000
C10	PES ESTÁTICO	F+N+T		120	1800	0,9	2000
C11	PES DINÁMICO	F+N+T		120	1800	0,9	2000
C12	LUMINARIA QUASARLED 312 W	2F+T	208		312	0,9	347
C13	LUMINARIA QUASARLED 186 W	2F+T	208		186	0,9	207
C14	LUMINARIA QUASARLED 50 W	2F+T	208		50	0,9	56
C15	LUMINARIA SPICALED 50 W	2F+T	208		13	0,9	15
C16	LUMINARIA SEPIALED 150 W	2F+T	208		150	0,9	167
C17	LUMINARIA HERMÉTICA LED 40 W	F+N+T		120	40	0,9	44,44
C18	LUMINARIA TORTUGA LED 12 W	F+N+T		120	12	0,9	13,33
C19	LUMINARIA DE EMERGENCIA	F+N+T		120	27	0,9	30
C20	TOMACORRIENTE SENCILLO 120 V	F+N+T		120	162	0,9	180
C21	TOMACORRIENTE ARRANCADOR 120 V	F+N+T		120	1080	0,9	1200
C22	TOMACORRIENTE PRECALENTADOR 208 V	2F+T	208		1080	0,9	1200
C23	RESERVA NO EQUIPADA CUARTO TÉCNICO	F+N+T		120	900	0,9	1000
C24	AIRE ACONDICIONADO	F+N+T		120	1620	0,9	1800
C25	RACK GABINETE	F+N+T		120	1800	0,9	2000

5.2.1 Cuadro de cargas túnel 2

Tabla 3. Cargas TT T2 0024 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
				L1	L2	L3				
T2 0024	TABLERO TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT TÚNEL 2									
	GE T2 0028	Acometida grupo electrógeno	125000	41667	41667	41667	0,90	3F+N+T	208	347,0
	TT T2 0024	Acometida tablero transferencia	125000	41667	41667	41667	0,90	3F+N+T	208	347,0
	BARRAJE SECUNDARIO	Acometida bajante secundario	112500	37500	37500	37500	0,90	3F+N+T	208	312,3

Tabla 4. Cargas TG T2 0012 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
TGT2 0012	TABLERO GENERAL TÚNEL 2		94263	84802	31325	31526	31411	0,90	3F+N+T	208	261,6
	TGC1T2 - 12	Tablero de distribución ITS túnel 2	8000	7200	2700	2600	2700	0,90	3F+N+T	208	22,2
	TGC2T2 - 12	Tablero de distribución iluminación túnel 2	58949	53020	19639	19667	19644	0,90	3F+N+T	208	163,6
	TGC3T2 - 12	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 2	7313	6582	2320	2593	2400	0,90	3F+N+T	208	20,3
	TGC4T2 - 12	UPS t2 0020	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8
	TGC5T2 - 12	Reserva equipada	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8

Tabla 5. Cargas T2 0008 TABLERO DE ILUMINACIÓN.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T2 0008	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 2		58949	53020	19639	19667	19644	0,90	3F+N+T	208	163,6
	1LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	4056	1560	1560	1387	0,90	3F+N+T	208	12,5
	2LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	4056	1387	1387	1733	0,90	3F+N+T	208	12,5
	3LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	4056	1387	1560	1560	0,90	3F+N+T	208	12,5
	4LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	4056	1560	1560	1387	0,90	3F+N+T	208	12,5
	5LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	11,5
	6LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	11,5
	7LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3F+N+T	208	14,4
	8LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	4992	1907	1733	1907	0,90	3F+N+T	208	15,4
	9LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3F+N+T	208	14,4
	10LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	4992	1733	1907	1907	0,90	3F+N+T	208	15,4
	11LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3467	3120	1213	1213	1040	0,90	3F+N+T	208	9,6
	12LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3467	3120	1213	1040	1213	0,90	3F+N+T	208	9,6
	13LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	392	350	112	168	112	0,90	3F+N+T	208	1,1
	14LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	392	350	168	140	84	0,90	3F+N+T	208	1,1
	15LT2 - 8	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	360	312	120	120	120	0,90	3F+N+T	208	1,0
	16LT2 - 8	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	360	312	120	120	120	0,90	3F+N+T	208	1,0
	17LT2 - 8	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	1336	1200	418	501	418	0,90	3F+N+T	208	3,7
	18LT2 - 8	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	1336	1200	501	418	418	0,90	3F+N+T	208	3,7

Tabla 6. Cargas T2 0004 TABLERO REGULADO DE ITS.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T2 0004	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ITS TÚNEL 2		8000	7200	2700	2600	2700	0,90	3F+N+T	208	22,2
	C1T2-4	Salida bifásica asp 1003-vel 1002-asp 1004	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C2T2-4	Salida bifásica asp 1101-vel 1101-asp 1102	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C3T2-4	Salida monofásica cam 1002 con switch bc1 1001	600	540		600		0,90	F+N+T	120	5,0
	C4T2-4	Salida monofásica cam 1105 con switch bcp 1102	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C5T2-4	Salida monofásica dom 1004 con switch bcp 1003	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C6T2-4	Salida bifásica domo 1103- pmvf 1101- smp 1101 con switch bcp 1101	3000	2700	1500		1500	0,90	2F+N+T	208	12,5
	C7T2-4	Gabinete exterior (s/e rack 1101)	2000	1800		2000		0,90	F+N+T	120	16,7

Tabla 7. Cargas CT T2 0016 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
CT T2 0016	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CUARTO TÉCNICO SSAA TÚNEL 2		7313	6582	2320	2593	2400	0,90	3F+N+T	208	20,3
	C1T2-16	Luminaria hermética led 40 w	373	336		373		0,90	F+N+T	120	3,1
	C2T2-16	Luminaria de emergencia	120	108	120			0,90	F+N+T	120	1,0
	C3T2-16	Tomacorriente sencillo 120 v	1620	1458		1620		0,90	F+N+T	120	13,5
	C4T2-16	Tomacorriente arrancador 120 v	1200	1080			1200	0,90	F+N+T	120	10,0
	C5T2-16	Tomacorriente precalentador 208 v	1200	1080	600		600	0,90	2F+T	208	5,0
	C6T2-16	Reserva no equipada	1000	900	1000			0,90	F+N+T	120	8,3
	C7T2-16	Aire acondicionado	1800	1620	600	600	600	0,90	3F+N+T	208	7,5

Tabla 8. Cargas UPS T2 0020 TÚNEL 2.

SELECCIÓN DE U. P. S UNIDAD FUNCIONAL 1 TÚNEL 2						
UPS T2 0020- DESCRIPCIÓN (CARGA - CIRCUITO)		kVA	TENSIÓN (V)	In (A)	FP	POT (kW)
C1T2-20	Salida bifásica asp 1003-vel 1002-asp 1004	0,6	208	2,5	0,90	0,54
C2T2-20	Salida bifásica asp 1101-vel 1101-asp 1102	0,6	208	2,5	0,90	0,54
C3T2-20	Salida monofásica cam 1002 con switch bc1 1001	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C4T2-20	Salida monofásica cam 1105 con switch bcp 1102	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C5T2-20	Salida monofásica dom 1004 con switch bcp 1003	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C6T2-20	Salida bifásica domo 1103- pmvf 1101- smp 1101 con switch bcp 1101	3,0	208	12,5	0,90	2,7
C7T2-20	Gabinete exterior (s/e rack 1101)	2,0	120	16,7	0,90	1,8
TOTAL KVA		8			TOTAL KW	7,2

5.2.2 Cuadro de cargas túnel 3

Tabla 9. Cargas TT T3 0023 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
				L1	L2	L3				
T3 0023	TABLERO TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT TÚNEL 3									
	GE T3 0027	Acometida grupo electrógeno	125000	41667	41667	41667	0,90	3F+N+T	208	347,0
	TT T3 0023	Acometida tablero transferencia	125000	41667	41667	41667	0,90	3F+N+T	208	347,0
	BARRAJE SECUNDARIO	Acometida bajante secundario	112500	37500	37500	37500	0,90	3F+N+T	208	312,3

Tabla 10. Cargas TG T3 0011 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
TG T3 0011	TABLERO GENERAL TÚNEL 3		93467	84080	30826	31211	31427	0,90	3F+N+T	208	259,4
	TGC1T3 - 11	Tablero de distribución ITS túnel 3	6200	5580	1800	2000	2400	0,90	3F+N+T	208	17,21
	TGC2T3 - 11	Tablero de distribución iluminación túnel 3	59953	53918	20040	19952	19961	0,90	3F+N+T	208	166,4
	TGC3T3 - 11	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 3	7313	6582	2320	2593	2400	0,90	3F+N+T	208	20,3
	TGC4T3 - 11	UPS t3 0019	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8
	TGC5T3 - 11	Reserva equipada	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8

Tabla 11. Cargas T3 0007 TABLERO DE ILUMINACIÓN.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T3 0007	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 3		59953	53918	20040	19952	19961	0,90	3F+N+T	208	166,4
	1LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled312w	4853	4368	1560	1733	1560	0,90	3F+N+T	208	13,5
	2LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	4056	1560	1560	1387	0,90	3F+N+T	208	12,5
	3LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4853	4368	1560	1387	1907	0,90	3F+N+T	208	13,5
	4LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	4056	1387	1560	1560	0,90	3F+N+T	208	12,5
	5LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	11,5
	6LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	11,5
	7LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	4680	1733	1907	1560	0,90	3F+N+T	208	14,4
	8LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	4992	1907	1733	1907	0,90	3F+N+T	208	15,4
	9LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3F+N+T	208	14,4
	10LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	4992	1907	1907	1733	0,90	3F+N+T	208	15,4
	11LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3120	2808	1040	1040	1040	0,90	3F+N+T	208	8,7
	12LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3120	2808	1040	1040	1040	0,90	3F+N+T	208	8,7
	13LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado izquierdo	414	372	104	207	104	0,90	3F+N+T	208	1,15
	14LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado derecho	414	372	207	104	104	0,90	3F+N+T	208	1,15
	15LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	392	350	140	140	112	0,90	3F+N+T	208	1,09
	16LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	448	400	140	168	140	0,90	3F+N+T	208	1,24
	17LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	420	364	128	143	150	0,90	3F+N+T	208	1,17
	18LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	420	364	120	150	150	0,90	3F+N+T	208	1,17
	19LT3 - 7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w norte	1336	1200	501	334	501	0,90	3F+N+T	208	3,71
	20LT3 - 7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w sur	1336	1200	501	334	501	0,90	3F+N+T	208	3,71

Tabla 12. Cargas T3 0003 TABLERO REGULADO DE ITS.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T3 0003	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ITS TÚNEL 3		6200	5580	1800	2000	2400	0,90	3F+N+T	208	17,2
	C1T3-3	Salida bifásica asp 1007-vel 1004-asp 1008	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C2T3-3	Salida bifásica asp 1105-vel 1103-asp 1106	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C3T3-3	Salida monofásica cam 1009 con switch bcp 1004	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C4T3-3	Salida monofásica cam 1112 con switch bcp 1105	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C5T3-3	Salida monofásica sos 1105 con switch bc1 1102	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C6T3-3	Salida monofásica domo 1006- apw 1003	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C7T3-3	Salida monofásica dom 1107 con switch bc 1106	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C8T3-3	Gabinete exterior (s/e rack 1102)	2000	1800		2000		0,90	F+N+T	120	16,7

Tabla 13. Cargas CT T3 0015 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
CT T3 0015	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CUARTO TÉCNICO SSA TÚNEL 3		7313	6582	2320	2593	2400	0,90	3F+N+T	208	20,3
	C1T3-15	Luminaria hermética led 40 w	373	336		373		0,90	F+N+T	120	3,1
	C2T3-15	Luminaria de emergencia 2x1.6 w	120	108	120			0,90	F+N+T	120	1,0
	C3T3-15	Tomacorriente sencillo 120 v	1620	1458		1620		0,90	F+N+T	120	13,5
	C4T3-15	Tomacorriente arrancador 120 v	1200	1080			1200	0,90	F+N+T	120	10,0
	C5T3-15	Tomacorriente precalentador 208 v	1200	1080	600		600	0,90	2F+T	208	5,0
	C6T3-15	Reserva no equipada	1000	900	1000			0,90	F+N+T	120	8,3
	C7T3-15	Aire acondicionado	1800	1620	600	600	600	0,90	F+N+T	120	15,0

Tabla 14. Cargas UPS T3 0019 TÚNEL 3.

SELECCIÓN DE U. P. S UNIDAD FUNCIONAL 1 TÚNEL 3							
UPS T3 0019- DESCRIPCIÓN (CARGA - CIRCUITO)		kVA	TENSIÓN (V)	In (A)	FP	POT (kW)	
C1T3-19	Salida bifásica asp 1007-vel 1004-asp 1008	0,6	208	2,5	0,90	0,54	
C2T3-19	Salida bifásica asp 1105-vel 1103-asp 1106	0,6	208	2,5	0,90	0,54	
C3T3-19	Salida monofásica cam 1009 con switch bcp 1004	0,6	120	5,0	0,90	0,54	
C4T3-19	Salida monofásica cam 1112 con switch bcp 1105	0,6	120	5,0	0,90	0,54	
C5T3-19	Salida monofásica sos 1105 con switch bc1 1102	0,6	120	5,0	0,90	0,54	
C6T3-19	Salida monofásica domo 1006- apw 1003	0,6	120	5,0	0,90	0,54	
C7T3-19	Salida monofásica dom 1107 con switch bc 1106	0,6	120	5,0	0,90	0,54	
C8T3-19	Gabinete exterior (s/e rack 1102)	2,0	120	16,7	0,90	1,8	
			TOTAL KVA	6,2		TOTAL KW	5,6

5.2.3 Cuadro de cargas túnel 4

Tabla 15. Cargas TT T4 0022 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
				L1	L2	L3				
T4 0022	Acometidas									
	GE T4 0026	Acometida grupo electrógeno	90000	30000	30000	30000	0,90	3F+N+T	208	249,8
	TT T4 0022	Acometida tablero transferencia	90000	30000	30000	30000	0,90	3F+N+T	208	249,8
	BARRAJE SECUNDARIO	Acometida bajante secundario	112500	37500	37500	37500	0,90	3F+N+T	208	312,3

Tabla 16. Cargas TG T4 0010 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
TGT4 0010	TABLERO GENERAL TÚNEL 4		80313	72258	26764	27237	26311	0,90	3F+N+T	208	222,9
	TGC1T4 - 10	Tablero regulado ITS túnel 4	5000	4500	1800	2000	1200	0,90	3F+N+T	208	13,9
	TGC2T4 - 10	Tablero de distribución iluminación túnel 4	47999	43176	15977	15977	16045	0,90	3F+N+T	208	133,2
	TGC3T4 - 10	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 4	7313	6582	2320	2593	2400	0,90	3F+N+T	208	20,3
	TGC4T4 - 10	UPS t4 0018	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8
	TGC5T4 - 10	Reserva equipada	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8

Tabla 17. Cargas T4 0006 TABLERO DE ILUMINACIÓN.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T4 0006	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 4		47999	43176	15977	15977	16045	0,90	3F+N+T	208	133,2
	1LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	3467	3120	1213	1213	1040	0,90	3F+N+T	208	9,6
	2LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	3467	3120	1213	1040	1213	0,90	3F+N+T	208	9,6
	3LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	3467	3120	1040	1213	1213	0,90	3F+N+T	208	9,6
	4LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	3467	3120	1213	1213	1040	0,90	3F+N+T	208	9,6
	5LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled	3813	3432	1040	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	10,6

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
		312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo									
	6LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	3813	3432	1213	1213	1387	0,90	3F+N+T	208	10,6
	7LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	11,5
	8LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	4507	4056	1560	1560	1387	0,90	3F+N+T	208	12,5
	9LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3F+N+T	208	11,5
	10LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	4507	4056	1560	1387	1560	0,90	3F+N+T	208	12,5
	11LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	2773	2496	1040	867	867	0,90	3F+N+T	208	7,7
	12LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	2773	2496	867	867	1040	0,90	3F+N+T	208	7,7
	13LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	224	200	84	84	56	0,90	3F+N+T	208	0,6
	14LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	280	250	84	84	112	0,90	3F+N+T	208	0,8
	15LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	225	195	75	83	68	0,90	3F+N+T	208	0,6
	16LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	225	195	83	75	68	0,90	3F+N+T	208	0,6
	17LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	1336	1200	418	501	418	0,90	3F+N+T	208	3,7
	18LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	1336	1200	501	418	418	0,90	3F+N+T	208	3,7

Tabla 18. Cargas T4 0002 TABLERO REGULADO DE ITS.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T4 0002	TABLERO REGULADO ITS TÚNEL 4		5000	4500	1800	2000	1200	0,90	3F+N+T	208	13,9
	C1T4-2	Salida bifásica asp 1011-vel 1006-asp 1012	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C2T4-2	Salida bifásica asp 1109-vel 1105-asp 1110	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C3T4-2	Salida monofásica cam 1114 con switch bc1 1103	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C4T4-2	Salida monofásica cam 1116 con switch bcp 1106	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C5T4-2	Salida monofásica domo 1009- apw 1004 con switch bc 1007	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C6T4-2	Gabinete exterior (s/e rack 1103)	2000	1800		2000		0,90	F+N+T	120	16,7

Tabla 19. Cargas CT T4 0014 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
CT T4 0014	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CUARTO TÉCNICO SSA A TÚNEL 4		7313	6582	2320	2593	2400	0,90	3F+N+T	208	20,3
	C1T4-14	Luminaria hermética led 40 w	373	336		373		0,90	F+N+T	120	3,1
	C2T4-14	Luminaria de emergencia 2x1.6 w	120	108	120			0,90	F+N+T	120	1,0
	C3T4-14	Tomacorriente sencillo 120 v	1620	1458		1620		0,90	F+N+T	120	13,5
	C4T4-14	Tomacorriente arrancador 120 v	1200	1080			1200	0,90	F+N+T	120	10,0
	C5T4-14	Tomacorriente precalentador 208 v	1200	1080	600		600	0,90	2F+T	208	5,0
	C6T4- 14	Reserva no equipada	1000	900	1000			0,90	F+N+T	120	8,3
	C7T4- 14	Aire acondicionado	1800	1620	600	600	600	0,90	F+N+T	120	15,0

Tabla 20. Cargas UPS T4 0018 TÚNEL 4.

SELECCIÓN DE U. P. S UNIDAD FUNCIONAL 1 TÚNEL 4						
UPS T4 0018- DESCRIPCIÓN (CARGA - CIRCUITO)		kVA	TENSIÓN (V)	In (A)	FP	POT (kW)
C1T4- 18	Salida bifásica asp 1011-vel 1006-asp 1012	0,6	208	2,5	0,90	0,54
C2T4- 18	Salida bifásica asp 1109-vel 1105-asp 1110	0,6	208	2,5	0,90	0,54
C3T4- 18	Salida monofásica cam 1114 con switch bc1 1103	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C4T4- 18	Salida monofásica cam 1116 con switch bcp 1106	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C5T4- 18	Salida monofásica domo 1009- apw 1004 con switch bc 1007	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C6T4- 18	Gabinete exterior (s/e rack 1103)	2,0	120	16,7	0,90	1,80
	TOTALKVA	5,0			TOTAL KW	4,5

5.2.4 Cuadro de cargas túnel 5

Tabla 21. Cargas TT T5 0021 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA BT.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
				L1	L2	L3				
	Acometidas									
	GE T5 0025	Acometida grupo electrógeno	125000	41667	41667	41667	0,90	3F+N+T	208	347,0
	TT T5 0021	Acometida tablero transferencia	125000	41667	41667	41667	0,90	3F+N+T	208	347,0
	BARRAJE SECUNDARIO	Acometida bajante secundario	112500	37500	37500	37500	0,90	3F+N+T	208	312,3

Tabla 22. Cargas TG T5 0009 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
TGT5 0009		TABLERO GENERAL TÚNEL 5	94249	84780	30990	31541	31717	0,90	3F+N+T	208	261,6
	TGC1T5 - 09	Tablero regulado ITS túnel 5	5600	5040	1800	2000	1800	0,90	3F+N+T	208	15,5
	TGC2T5 - 09	Tablero de distribución iluminación túnel 5	61335	55158	20430	20475	20430	0,90	3F+N+T	208	170,2
	TGC3T5 - 09	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 5	7313	6582	2093	2400	2820	0,90	3F+N+T	208	20,3
	TGC4T5 - 09	UPS t5 0017	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8
	TGC5T5 - 09	Reserva equipada	10000	9000	3333	3333	3333	0,90	3F+N+T	208	27,8

Tabla 23. Cargas T5 0005 TABLERO DE ILUMINACIÓN.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T5 0005		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 5	61335	55158	20430	20475	20430	0,90	3F+N+T	208	170,2
	1LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3f+n+t	208	14,4
	2LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3f+n+t	208	14,4
	3LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3f+n+t	208	14,4
	4LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	5200	4680	1733	1733	1733	0,90	3f+n+t	208	14,4
	5LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3f+n+t	208	11,5
	6LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	4160	3744	1387	1387	1387	0,90	3f+n+t	208	11,5

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
	7LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	5547	4992	1907	1907	1733	0,90	3f+n+t	208	15,4
	8LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	5547	4992	1907	1733	1907	0,90	3f+n+t	208	15,4
	9LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	5547	4992	1733	1907	1907	0,90	3f+n+t	208	15,4
	10LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	5547	4992	1907	1907	1733	0,90	3f+n+t	208	15,4
	11LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	2773	2496	867	1040	867	0,90	3f+n+t	208	7,7
	12LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	2773	2496	867	867	1040	0,90	3f+n+t	208	7,7
	13LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado izquierdo	1242	1116	414	414	414	0,90	3f+n+t	208	3,45
	14LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado derecho	1242	1116	414	414	414	0,90	3f+n+t	208	3,45
	15LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado izquierdo	504	450	196	112	196	0,90	3f+n+t	208	1,40
	16LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado derecho	504	450	168	168	168	0,90	3f+n+t	208	1,40
	17LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado izquierdo	495	429	173	150	173	0,90	3f+n+t	208	1,37
	18LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado derecho	495	429	173	150	173	0,90	3f+n+t	208	1,37
	19LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Sepialed II 150 w: circuito luminaria exterior norte	1336	1200	418	334	585	0,90	3f+n+t	208	3,71
	20LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Sepialed II 150 w: circuito luminaria exterior sur	334	300	84	84	167	0,90	3f+n+t	208	0,93

Tabla 24. Cargas T5 0001 TABLERO REGULADO DE ITS.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
T5 0001	TABLERO REGULADO ITS TÚNEL 5		5600	5040	1800	2000	1800	0,90	3F+N+T	208	15,5
	C1T5-1	Salida bifásica asp 1016-vel 1008-asp 1015	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C2T5-1	Salida bifásica asp 1113-vel 1107-asp 1114	600	540	300		300	0,90	2F+T	208	2,5
	C3T5-1	Salida monofásica cam 1023 con switch bcp 1008	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C4T5-1	Salida monofásica cam 1118 con switch bc1 1104	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C5T5-1	Salida monofásica cam 1120 con switch bcp 1107	600	540	600			0,90	F+N+T	120	5,0
	C6T5-1	Salida monofásica domo 1112- apw 1105 con switch bcp 1109	600	540			600	0,90	F+N+T	120	5,0
	C7T5-1	Gabinete exterior (s/e rack 1004)	2000	1800		2000		0,90	F+N+T	120	14,4

Tabla 25. Cargas CT T5 0013 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES-CUARTO TÉCNICO.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)	BALANCE DE FASES (VA)			fp	Sis	T (V)	I (A)*
					L1	L2	L3				
CT T5 0013	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CUARTO TÉCNICO SSAA TÚNEL 5		7313	6582	2093	2400	2820	0,90	3F+N+T	208	20,3
	C1T5-13	Luminaria hermética led 40 w	373	336	373			0,90	F+N+T	120	3,1
	C2T5-13	Luminaria de emergencia	120	108	120			0,90	F+N+T	120	1,0
	C3T5-13	Tomacorriente sencillo 120 v	1620	1458			1620	0,90	F+N+T	120	13,5
	C4T5-13	Tomacorriente arrancador 120 v	1200	1080			1200	0,90	F+N+T	120	10,0
	C5T5-13	Tomacorriente precalentador 208 v	1200	1080	600	600		0,90	2F+T	208	5,0
	C6T5-13	Reserva no equipada	1000	900	1000			0,90	F+N+T	120	8,3
	C7T5-13	Aire acondicionado	1800	1620		1800		0,90	F+N+T	120	15,0

Tabla 26. Cargas UPS T5 0017 TÚNEL 5.

SELECCIÓN DE U. P. S UNIDAD FUNCIONAL 1 TÚNEL 5						
UPS T5 0017 - DESCRIPCIÓN (CARGA - CIRCUITO)		kVA	TENSIÓN (V)	In (A)	FP	POT (kW)
C1T5-17	Salida bifásica asp 1016-vel 1008-asp 1015	0,6	208	2,5	0,90	0,54
C2T5-17	Salida bifásica asp 1113-vel 1107-asp 1114	0,6	208	2,5	0,90	0,54
C3T5-17	Salida monofásica cam 1023 con switch bcp 1008	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C4T5-17	Salida monofásica cam 1118 con switch bc1 1104	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C5T5-17	Salida monofásica cam 1120 con switch bcp 1107	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C6T5-17	Salida monofásica domo 1112- apw 1105 con switch bcp 1109	0,6	120	5,0	0,90	0,54
C7T5-17	Gabinete exterior (s/e rack 1004)	2,0	120	14,4	0,90	1,80
			TOTAL KVA			TOTAL KW
		5,6				5,04

5.3 Análisis de Factor de Potencia

En este documento se encuentra el factor de potencia promedio de cada carga y el promedio del tablero. La CREG 108 de 1997 establece: Artículo 25°. Control al factor de potencia en el servicio de energía eléctrica. En la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica, se controlará el factor de potencia de los suscriptores o usuarios no residenciales, y de los residenciales conectados a un nivel de tensión superior al uno (1) Los cuadros de cargas analizados anteriormente presentan el resumen de cargas tanto para la potencia real (P) como de la potencia aparente (S); encontrándose que el factor de potencia corresponde a la siguiente expresión:

$$f.p. = \frac{P}{S}$$

Parágrafo 1°. El factor de potencia inductiva (coseno phi inductivo) de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0.90). La empresa exigirá a aquellas instalaciones cuyo factor de potencia inductivo viole este límite, que instalen equipos apropiados para controlar y medir la energía reactiva.

Para este caso particular no aplica este tipo de análisis.

5.4 Análisis de Coordinación de Aislamiento Eléctrico

La coordinación de aislamiento tiene como objeto determinar la distancia de fuga que manejarán los aisladores conectados a las estructuras de M.T. y B.T, que formen parte del proyecto. En el artículo 20.14.2. del RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2013), está establecido: “a. Toda subestación (transformador) y toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta o extra alta tensión, deben disponer de DPS. En los demás equipos de media, alta o extra alta tensión o en redes de baja tensión o de uso final, la necesidad de DPS dependerá del resultado de una evaluación técnica objetiva del nivel de riesgo por sobretensiones transitorias a que pueda ser sometido dicho equipo o instalación.

5.4.1 Selección Dispositivos de Protección contra Sobretensiones Transitorias (DPS) Redes de Baja Tensión

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN

1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA APLICACIÓN			
---	--	--	--

Nivel cerámico	Puntos		Días de tormentas al año	
Alto	18		Alto	30 o mas
Medio	10		Medio	15 a 30
Bajo	2		Bajo	0 a 15
PUNTAJE SELECCIONADO		18		

2. UBICACIÓN RESPECTO A OTRAS ACTIVIDADES	
--	--

Ambiente	Puntos
Rural	11
Suburbano	6
Urbano	1
PUNTAJE SELECCIONADO	11

3. UBICACIÓN RESPECTO A OTRAS CONSTRUCCIONES	
---	--

construcción	Puntos
El Más Alto	11
Mediano	6
El Más Pequeño	1
PUNTAJE SELECCIONADO	1

4. TIPO DE ACOMETIDA	
-----------------------------	--

Acometida	Puntos
Ultimo Fuente	11
clientes Múltiples	6
Independiente	1
PUNTAJE SELECCIONADO	1

5. HISTÓRICO DE DISTURBIOS	
-----------------------------------	--

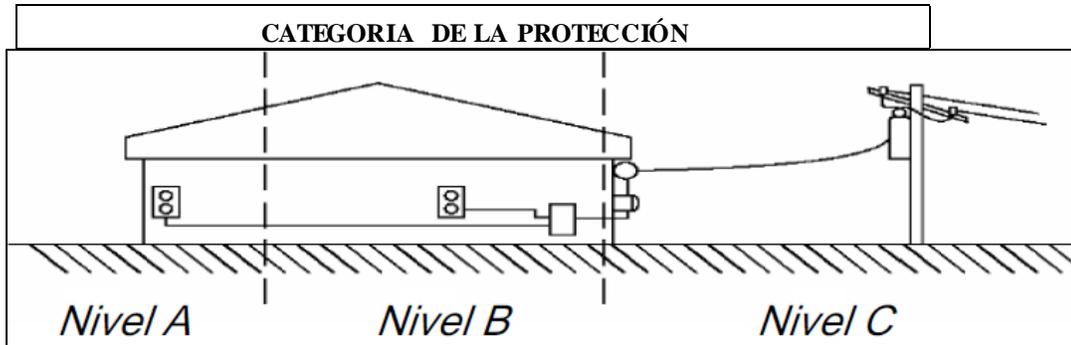
Disturbios	Puntos
Frecuentes	11
Ocasionales	6
Escasos	1
PUNTAJE SELECCIONADO	1

6. IMPORTANFIA DEL EQUIPO QUE VA A SER PROTEGIDO	
---	--

Equipos	Puntos
Indispensable	19
Medios	11
Puede Detenerse	3
PUNTAJE SELECCIONADO	11

7. COSTO DE REPARACIÓN DEL EQUIPO QUE SE DAÑA	
Reparación	Puntos
costosa	19
Moderada	11
Económica	3
PUNTAJE SELECCIONADO	19

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN CALCULADO	69
---------------------------------------	-----------



APLICACIÓN	NIVEL
Acometida	C
Distribución	B
Derivado	A

TABLA DE SELECCIÓN					
IEEE F 62.41	ÍNDICE DE EXPOSICIÓN CALCULADO				
	De 12 a 24	De 25 a 38	De 39 a 55	De 56 a 75	De 76 a 100
Categoría C (Tipo 1)	120kA	160kA	240kA	320kA	480kA
	120kA	120kA	160kA	240kA	320kA
Categoría B (Tipo 2)	50kA	80kA	120kA	160kA	240kA
	36kA	50kA	80kA	120kA	160kA
Categoría A (Tipo 3)		36kA	50kA	80kA	120kA
			36kA	50kA	80kA

Tabla 27. Selección de DPS para tableros.

DPS A EMPLEAR		
Tableros	Categoría	DPS
TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN TÚNEL 5, TÚNEL 4, TÚNEL 3 Y TÚNEL 2	C	320kA y 240kA
TABLERO DE ILUMINACIÓN TÚNEL 5, TÚNEL 4, TÚNEL 3 Y TÚNEL 2	C	320kA y 240kA
TABLERO REGULADO DE ITS TÚNEL 5, TÚNEL 4, TÚNEL 3 Y TÚNEL 2	C	320kA y 240kA
TABLERO DE SSAA- CUARTOS TÉCNICOS TÚNEL 5, TÚNEL 4, TÚNEL 3 Y TÚNEL 2	C	320kA y 240kA

Nota: Para instalaciones con riesgo bajo, en caso de requerir DPS, la NTC 4552-2 sugiere que la descarga debería ser mayor de 5kA por fase en onda en 8/20 us por lo tanto la corriente de descarga debería ser en un rango entre 20, 50 y 100 kA.

Por lo tanto, se recomienda un DPS de 50 kA para un caso comercial. Queda sujeto al cliente escoger el nivel de protección según los dos análisis tanto la NTC 4552-2 y la IEEE 62.41.

5.5 Análisis de Cortocircuito y Falla a Tierra

Se presenta a continuación los resultados de cortocircuito de los diferentes tableros agregados a la red del diseño anterior.

Estos análisis se realizaron por medio del programa ETAP. El software puede calcular las corrientes de cortocircuito en diversas ubicaciones, identificando las corrientes máximas que pueden ocurrir en diferentes secciones del sistema.

Figura 1. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 2.

3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
		I ^{"k}	ip	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik
BARRA TABLERO GENERAL	0.208	4.368	7.468	4.368	3.868	6.613	3.868	3.868	3.783	6.468	3.783	3.783	4.375	7.481	4.375	4.375
BARRA TABLERO ILUMINACIÓN	0.208	4.189	7.091	4.189	3.642	6.164	3.642	3.642	3.628	6.141	3.628	3.628	4.181	7.077	4.181	4.181
BARRA TABLERO REGULADOITS	0.208	3.467	5.342	3.467	2.713	4.180	2.713	2.713	3.003	4.626	3.003	3.003	3.428	5.281	3.428	3.428
BARRA TABLERO SSAA	0.208	2.118	3.067	2.118	1.406	2.036	1.406	1.406	1.834	2.656	1.834	1.834	2.005	2.903	2.005	2.005
BARRA TRANSFERENCIA	0.208	4.665	8.117	4.665	4.259	7.411	4.259	4.259	4.040	7.029	4.040	4.040	4.697	8.173	4.697	4.697
GABINETE UPS	0.208	3.106	4.676	3.106	2.324	3.498	2.324	2.324	2.690	4.049	2.690	2.690	3.038	4.573	3.038	3.038

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Figura 2. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 3.

3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
		I ^{"k}	ip	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik
BARRA TABLERO GENERAL	0.208	4.368	7.468	4.368	3.868	6.613	3.868	3.868	3.783	6.468	3.783	3.783	4.375	7.481	4.375	4.375
BARRA TABLERO ILUMINACIÓN	0.208	4.189	7.091	4.189	3.642	6.164	3.642	3.642	3.628	6.141	3.628	3.628	4.181	7.077	4.181	4.181
BARRA TABLERO REGULADOITS	0.208	3.467	5.342	3.467	2.713	4.180	2.713	2.713	3.003	4.626	3.003	3.003	3.428	5.281	3.428	3.428
BARRA TABLERO SSAA	0.208	2.118	3.067	2.118	1.406	2.036	1.406	1.406	1.834	2.656	1.834	1.834	2.005	2.903	2.005	2.005
BARRA TRANSFERENCIA	0.208	4.665	8.117	4.665	4.259	7.411	4.259	4.259	4.040	7.029	4.040	4.040	4.697	8.173	4.697	4.697
GABINETE UPS	0.208	3.106	4.676	3.106	2.324	3.498	2.324	2.324	2.690	4.049	2.690	2.690	3.038	4.573	3.038	3.038

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Figura 3. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 4.

3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
		I ^{"k}	ip	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik
BARRA TABLERO GENERAL	0.208	4.368	7.468	4.368	3.868	6.613	3.868	3.868	3.783	6.468	3.783	3.783	4.375	7.481	4.375	4.375
BARRA TABLERO ILUMINACIÓN	0.208	4.189	7.091	4.189	3.642	6.164	3.642	3.642	3.628	6.141	3.628	3.628	4.181	7.077	4.181	4.181
BARRA TABLERO REGULADOITS	0.208	3.467	5.342	3.467	2.713	4.180	2.713	2.713	3.003	4.626	3.003	3.003	3.428	5.281	3.428	3.428
BARRA TABLERO SSAA	0.208	2.118	3.067	2.118	1.406	2.036	1.406	1.406	1.834	2.656	1.834	1.834	2.005	2.903	2.005	2.005
BARRA TRANSFERENCIA	0.208	4.665	8.117	4.665	4.259	7.411	4.259	4.259	4.040	7.029	4.040	4.040	4.697	8.173	4.697	4.697
GABINETE UPS	0.208	3.106	4.676	3.106	2.324	3.498	2.324	2.324	2.690	4.049	2.690	2.690	3.038	4.573	3.038	3.038

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Figura 4. Análisis de cortocircuito Tableros Túnel 5.

3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
		I ^{"k}	ip	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik	I ^{"k}	ip	Ib	Ik
BARRA TABLERO GENERAL	0.208	4.370	7.476	4.370	3.869	6.618	3.869	3.869	3.785	6.474	3.785	3.785	4.378	7.490	4.378	4.378
BARRA TABLERO ILUMINACIÓN	0.208	4.191	7.097	4.191	3.643	6.169	3.643	3.643	3.629	6.146	3.629	3.629	4.183	7.085	4.183	4.183
BARRA TABLERO REGULADOITS	0.208	3.469	5.346	3.469	2.713	4.182	2.713	2.713	3.004	4.630	3.004	3.004	3.430	5.286	3.430	3.430
BARRA TABLERO SSAA	0.208	2.119	3.068	2.119	1.406	2.036	1.406	1.406	1.835	2.657	1.835	1.835	2.006	2.904	2.006	2.006
BARRA TRANSFERENCIA	0.208	4.667	8.125	4.667	4.260	7.418	4.260	4.260	4.041	7.037	4.041	4.041	4.700	8.183	4.700	4.700
GABINETE UPS	0.208	3.108	4.679	3.108	2.324	3.499	2.324	2.324	2.691	4.052	2.691	2.691	3.040	4.576	3.040	3.040

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

5.6 Análisis de nivel de riesgo por rayo y medidas de protección contra rayos

Para este caso el valor inicial, se toma el DDT del documento de EPM “Caracterización de los parámetros meteorológicos en las zonas de influencia del grupo EPM”, el DDT tomado es del municipio de Cañasgordas, donde estará ubicado los túneles a diseñar en este caso.

ZONA ANTIOQUIA	
Bello	12,3
Belmira	12,6
Betania	8
Betulia	7,8
Briceño	17,6
Buriticá	11,2
Cáceres	19,2
Caicedo	8,5
Caldas	11
Campamento	18,3
Cañasgordas	10,5
Caracolí	15,8

Figura 5. DDT del documento de EPM “Caracterización de los parámetros meteorológicos en las zonas de influencia del grupo EPM”

5.6.1 Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección

Evaluación del riesgo. La evaluación del nivel de riesgo la realizamos para determinar si se requiere implementar un sistema de protección contra rayos y las acciones que nos permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable el riesgo.

- **Resumen de datos necesarios usados en la metodología NTC4552**

NC=	Número de días tormentosos al año.	270
DDT=	Densidad anual promedio de rayos a tierra	10.5530111
Ad=	Área efectiva (m ²)	648.924078
L=	Largo de la estructura	6.47
W=	Ancho de la estructura	9.7
H=	Alto de la estructura	3.15
Cd=	Coefficiente del entorno	0.25
Nc=	Frecuencia tolerable de rayos	0.0012
C=	Producto de los coeficientes C2, C3, C4, C5	1.25
Nd=	La frecuencia anual de impactos de rayo	0.00171203
NPR=	Nivel de Protección	IV
rsc=	Radio de la Esfera	55m
Db=	Distancia entre las bajantes	20m

Calculo de Nd

La frecuencia anual de impactos de rayo Nd a una estructura se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N_D = DDT * A_d * C_d * 10^{-6}$$

0.00171203

donde:

DDT: Densidad anual promedio de rayos a tierra en la region donde la estructura está localizada
Ad: Área efectiva de recolecion de la estructura.
Cd: Coeficiente de entorno.

10.5530111
648.924078
0.25

Calculo de DDT

$$DDT = 0,0017 * NC^{1.56}$$

10.5530111

donde:

NC: Numero de dias tormentosos al año.

270

Calculo de Ad

$$A_d = LW + 6H(L+W) + 9\pi(H)^2$$

L=	6.47	Ad=	648.924078
W=	9.7		
H=	3.15		

Calculo del Coeficiente Cd

Localización relativa	Cd
Objeto rodeado de objetos o árboles más altos	0.25
Objeto rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor	0.5
Objeto aislado: sin objetos en la vecindad	1
Objeto aislado: en la cima de una colina o elevación	2

Cd seleccionado
0.25

Calculo de Nc

La frecuencia tolerable de rayos (Nc) es una medida del riesgo dañino a la estructura, incluyendo factores que afectan el riesgo, el entorno y las perdidas monetarias. Este puede ser calculado mediante la siguiente ecuacion:

$$N_c = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{C}$$

0.0012

Donde:

C= producto de los coeficientes del material de la estructura, contenido, ocupacion y consecuencias de impacto de rayo

1.25

$$C = C2 * C3 * C4 * C5$$

Coefficiente de la estructura C2

Estructura	Techo Metálico	Techo no Metálico	Techo Inflamable
Metal	0.5	1	2
Comun	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

C2 Escogido

Contenido de la estructura C3

Valor bajo y no inflamable	0.5
Valor normalizado y no inflamable	1
Valores altos, moderadamente inflamable	2
Valor excepcional, inflamable, computadores o electrónicos	3
Valores excepcionales, bienes culturales irreparables	4

C3 Escogido

Ocupacion de la estructura C4

Desocupada	0.5
Normalmente ocupada	1
Dificultades para evacuar o riesgo de pánico	3

C4 Escogido

Consecuencias del impacto del rayo C5

No requiere continuidad en los servicios de las instalaciones, sin impacto en el entorno	1
Se requiere continuidad en los servicios de las instalaciones, sin impacto en el entorno	5
Consecuencias en el entorno	10

C5 Escogido

Selección del nivel de proteccion

La frecuencia Tolerable de rayos Nc se compara con la frecuencia esperada de rayos Nd. El resultado de esta comparación se usa para decidir si se necesita o no un sistema de proteccion contra rayos.

Si Nd es menor o igual a Nc un sistema de proteccion pueda ser opcional

Si Nd es mayor a Nc un sistema de protección debe ser instalado.

Nd = 0.002

Nc = 0.0012

Nd/Nc 1.4

SE REQUIERE DEL SISTEMA DE APANTALLAMIENTO

NIVEL DE RIESGO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI
	Cableados y SPT según NTC 2050 – IEEE 1100
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y SPT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y SPT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
	Apantallamientos localizados
	Plan de prevención y contingencia
	Sistemas de potencia ininterrumpidas - UPS

- **Análisis de Riesgo**

CARACTERÍSTICAS INICIALES RED ELÉCTRICA			
Parámetro	Descripción	Símbolo	Valor
Longitud (m)	Longitud de la sección de la acometida de servicio, de la estructura al primer nodo	Lc	50
Altura de los conductores (m)	Altura de los conductores del servicio sobre el suelo	Hc	0
Altura fuente de acometida (m)	Altura de la estructura de donde proviene la acometida de servicio	Ha	10
Altura ingreso de acometida (m)	Altura del punto de la estructura por donde ingresa la acometida de servicio	Hb	3
Transformador	Transformador con devanado primario y secundario desacoplados eléctricamente	Ct	0.2
Factor de localización	Objeto rodeado de objetos o árboles más altos	Cd	0.25
Factor ambiental	Rural	Ce	1
Apantallamiento de la línea	Cable apantallado o no apantallado	PLD	0.2
Factor de características del cableado interno	Cable apantallado con resistencia de pantalla $R_s \leq 1 \Omega/\text{km}$	Ks3	0.0001
Factor soportabilidad al impulso tipo rayo del sistema interno	Uw	Ks4	1
Protección DPS coordinado	NPR III - IV	Pdps	0.03
Factor KMS	La probabilidad de daño de sistemas internos por impactos cercanos a la estructura, depende de las medidas de protección adoptadas, de acuerdo al factor KMS	KMS	0.0001
Probabilidad de daño a sistemas internos por impactos cercanos	Ver valor para KMS	PM	0.0001

$K_{S1} = 0,12 \times w$ Factor de eficacia del apantallamiento de la estructura del sistema de protección externo o de otros escudos en la frontera LPZO/1;

$K_{S2} = 0,12 \times w$ Factor de eficacia del apantallamiento interno de la estructura. Frontera LPZ X/Y Y ($X > 0$, $Y > 1$);

K_{S3} Factor de características del cableado interno véase la Tabla 17;

$K_{S4} = 1.5/U_w$ Factor de soportabilidad al impulso tipo rayo del sistema a proteger.

w Ancho en metros de la cuadrícula del escudo espacial, o el ancho de la malla o los conductores bajantes, o la distancia entre las columnas en sistemas que utilizan la estructura de concreto reforzado como sistema natural de protección contra rayos.

U_w es el menor valor de la tensión soportable al impulso tipo rayo en KV contenido en el sistema a proteger.

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA Z2 (Dentro de la estructura)			
Parámetro	Comentario	Símbolo	Valor
Tipo de superficie del suelo	Agricultura, concreto	ra & ru	0.01
Riesgo de fuego	Bajo	rf	0.001
Riesgos especiales	Nivel bajo de pánico	hz	2
Medida de prevención para reducir consecuencias de fuego	Extintores manuales; instalaciones de alarma manual; hidrantes, compartimientos contra fuego; rutas de evacuación	rp	0.5
Factor de eficacia del apantallamiento interno de la estructura	0,12*w	Ks2	1
Pérdidas por tensiones de paso y de contacto	Todos los tipos – personas dentro de la estructura	Lt	0.0001
Pérdidas por daños físicos	Industrial, comercial, escuelas	Lf	0.05
Pérdidas debido a fallas en sistemas internos	No aplica	Lo	0
Número de posibles personas en peligro en la estructura (Víctimas)	Personas en peligro dentro de la estructura	np	
Número total de personas esperadas en la estructura	Total de personas esperadas en la estructura	nt	
Tiempo en horas al año que las personas están presentes en el lugar peligroso	Tiempo estimado que las personas están presentes en el lugar peligroso	tp	
Cable subterráneo con puesta a tierra terminado en malla	Ingrese SI O NO	N/A	SI
Existe una coordinación de DPS en conformidad con la normatividad nacional vigente	Ingrese SI O NO	N/A	SI
Los DPS cumplen los requisitos de equipotencialización de la NTC 4552-3	Ingrese SI O NO	N/A	SI
Probabilidad de daño PU	Probabilidad de lesiones a los seres vivos	PU	0.03
Probabilidad de daño PV	Probabilidad de daños físicos PV a causa de descargas directas en las acometidas de servicio	PV	0.03
Probabilidad de daño PW	probabilidad de daño de sistemas internos PW a causa de descargas directas en las acometidas de servicios	PW	0.03
Valor de PL1	Funcion de la tension soportable al impulso tipo rayo Uw del equipo y la resistencia de la pantalla del cable RZ	PL1	0.008
Probabilidad de daño Pz	probabilidad de daño de sistemas internos PZ a causa de descargas cercanas a las acometidas de servicios	PZ	0.008

CÁLCULOS POR ÁREAS			
Descripción	Fórmula	Valor (m ²)	Servicio
Ad (Área efectiva para descargas directas en estructura aislada)	$Ad=LW+6H(L+W)+9\pi(H)^2$	648.9240779	
Al: Área efectiva de descargas sobre la acometida de servicio	$Al=(Lc-3(Ha+Hb))*\nu p$ (Subterráneo)	0	Potencia
Ai: Área efectiva de descargas próximas a la acometida de servicio	$Ai=25*Lc*\nu p$ (Subterráneo)	0	
Al: Área efectiva de descargas sobre la acometida de servicio	$Al=(Lc-3(Ha+Hb))*6Hc$ (Aérea)	0	
Ai: Área efectiva de descargas próximas a la acometida de servicio	$Ai=1000*Lc$ (Aérea)	50000	Comunicaciones
Al: Área efectiva de descargas sobre la acometida de servicio	$Al=(Lc-3(Ha+Hb))*\nu p$ (Subterráneo)	187.32325	
Ai: Área efectiva de descargas próximas a la acometida de servicio	$Ai=25*Lc*\nu p$ (Subterráneo)	21286.73296	
Al: Área efectiva de descargas sobre la acometida de servicio	$Al=(Lc-3(Ha+Hb))*6Hc$ (Aérea)	0	
Ai: Área efectiva de descargas próximas a la acometida de servicio	$Ai=1000*Lc$ (Aérea)	50000	
Am: Área de influencia de la estructura	$Am=2*((250L)+(250*H))+(\pi*(250^2))$	201159.54	

CÁLCULO DEL RIESGO DE PERDIDAS SERVICIO PUBLICO		Lf	Lo
Tipo de servicio que no se puede perder	TV, TLC, Suministro de potencia	0.01	0.001

CÁLCULO DE NÚMERO DE EVENTOS PELIGROSOS		
Descripción	Fórmula	Valor (m ²)
Evaluación del promedio anual de descargas sobre la estructura	$ND=DDT*Ad*Cd*10^{-6}$	0.001712026
Evaluación del promedio anual de descargas sobre la estructura adyacente (potencia)	$NDa=DDT*Ad*Cd*ct*10^{-6}$	0.000342405
Evaluación del número promedio anual de descargas sobre las acometidas de servicios (Potencia)	$NL=DDT*Al*Cd*ct*10^{-6}$	0
Evaluación del número promedio anual de descargas cercanas a las acometidas de servicio (Potencia)	$Ni=DDT*Ai*Ce*ct*10^{-6}$	0
Evaluación del promedio anual de descargas sobre la estructura adyacente (telecomunicaciones)	$NDa=DDT*Ad*Cd*10^{-6}$	0.001712026
Evaluación del número promedio anual de descargas sobre las acometidas de servicios (Telecomunicaciones)	$NL=DDT*Al*Cd*10^{-6}$	0
Evaluación del número promedio anual de descargas cercanas a las acometidas de servicio (Telecomunicaciones)	$Ni=DDT*Ai*Ce*10^{-6}$	0
Evaluación del número promedio anual de descargas cercanas a la estructura	$NM=DDT*(Am-Ad*Cd)*10^{-6}$	2.121126834

CÁLCULO DE R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA		
R1= RA+RB+RU(POTENCIA)+RV(POTENCIA)+RU(TELECOM)+RV(TELECOM)		
Símbolo	Fórmula	Valor
RA	$RA=ND*PA*ra*Lt$	1.71E-11
RB	$RB=ND*PB*hz*rp*rf*Lf$	1.71E-08
RC	$RC=ND*Pdps*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RM	$RM=NM*PM*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RW	$RW=(NL+NDA)*PW*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RZ	$RZ=(Ni-NL)*PZ*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RU(POT)	$RU=(NI+NDA)*PU*ra*Lt$	1.03E-11
RV(POT)	$RV=(NI+NDA)*PV*rp*rf*Lf$	2.57E-10
RU(TELECOM)	$RU=(NI+NDA)*PU*ra*Lt$	5.14E-11
RV(TELECOM)	$RV=(NI+NDA)*PV*rp*rf*Lf$	1.28E-09
R1		1.87E-08
RIESGO TOLERABLE		1.00E-05
		OK

CÁLCULO DE R2: RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO A PÚBLICO EN LA ESTRUCTURA		
R2=RB+RC+RM+RV+RW+RZ		
Símbolo	Fórmula	Valor
RB	$RB=ND*PB*hz*rp*rf*Lf$	3.42E-09
RC	$RC=ND*Pdps*(np/nt)*(tp/8760)$	5.14E-08
RM	$RM=NM*PM*(np/nt)*(tp/8760)$	2.12E-07
RV	$RV=(NI+NDA)*PV*rp*rf*Lf$	5.14E-11
RW	$RW=(NL+NDA)*PW*(np/nt)*(tp/8760)$	1.03E-08
RZ	$RZ=(Ni-NL)*PZ*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
R2		2.77E-07
RIESGO TOLERABLE		1.00E-03
		OK

CÁLCULO DE R3: RIESGO DE PÉRDIDA DE PATRIMONIO CULTURAL EN LA ESTRUCTURA		
R3=RB+RV		
Símbolo	Fórmula	Valor
RB	$RB=ND*PB*hz*rp*rf*Lf$	1.71E-08
RV	$RV=(NI+NDA)*PV*rp*rf*Lf$	2.57E-10
R3		1.74E-08
RIESGO TOLERABLE		1.00E-03
		OK
CÁLCULO DE R4: RIESGO DE PÉRDIDA DE VALOR ECONÓMICO EN LA ESTRUCTURA		
R4=RB+RC+RM+RV+RW+RZ		
Símbolo	Fórmula	Valor
RB	$RB=ND*PB*hz*rp*rf*Lf$	1.71E-08
RC	$RC=ND*Pspd*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RM	$RM=NM*PM*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RV	$RV=(NI+NDA)*PV*rp*rf*Lf$	2.57E-10
RW	$RW=(NL+NDA)*PW*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
RZ	$RZ=(Ni-NL)*PZ*(np/nt)*(tp/8760)$	0.00E+00
R4		1.74E-08
RIESGO TOLERABLE		1.00E-03
		OK

5.7 Análisis de Riesgos de Origen Eléctrico y Medidas para Mitigarlos

Para evaluar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el proyecto, se identifican por medio de la matriz de riesgo eléctrico las posibles contingencias y su nivel de afectación en la instalación eléctrica, como se estipula en la sección 9.2 del RETIE que establece, Una instalación eléctrica es de PELIGRO INMINENTE o de ALTO RIESGO, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos.

La metodología utilizada para la elaboración de la matriz de riesgo eléctrico se expone en la sección 9.2.1 del RETIE. Las decisiones y acciones para controlar el riesgo y mitigar posibles lesiones, pérdidas humanas y equipos en la instalación se presentan en la tabla 9.4 de la sección anteriormente mencionada del RETIE.

Dado que nos es posible controlar todos los riesgos presentes en una instalación eléctrica, se consideran algunos factores que son de especial importancia por la cantidad de accidentes que pueden llegar a ocasionar en caso de no ser tenidos en cuenta.

Estos factores, sus posibles causas y medidas de protección se ilustran en la tabla 9.5 del RETIE, presente en la sección 9.3 que establece que, El tratamiento preventivo de la problemática del

riesgo de origen eléctrico, obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables.

La metodología para seguir en un caso en particular es la siguiente:

- a. Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- b. Definir si el riesgo es potencial o real.
- c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la Tabla 9.4 RETIE.

Tabla 28. Factor de riesgo por ausencia de electricidad.

1- FACTOR DE RIESGO POR AUSENCIA DE ELECTRICIDAD														
POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema interrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.														
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.														
RIESGO A EVALUAR:		Lesiones personales y/o muerte en instalaciones hospitalarias, lesiones a personas en proceso de evacuación			por		Ausencia de Tensión			(al) o (en)		Instalaciones uso final		
		EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE		
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>	REAL			<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA							
							E	D	c	B		A		
							No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa		Sucede varias veces al mes en la Empresa		
CONSECUENCIAS		En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa									
		Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO			
		Incapacidad parcial permanente	Danos mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO			
		Incapacidad temporal (> 1 día)	Danos severos Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO			
		Lesión menor (sin incapacidad) E2	Danos importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	X MEDIO	MEDIO	MUY ALTO			
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción	X	Sin efecto	X	Interna	X	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		1	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		BAJO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO (RETIE TABLA 9.4)					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL			PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
BAJO	X	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.			El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

Tabla 29. Factor de riesgo por arco eléctrico.

2- FACTOR DE RIESGO POR ARCO ELÉCTRICO														
POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento														
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.														
RIESGO A EVALUAR:		Lesiones personales y/o muerte en instalaciones hospitalarias, lesiones a personas en proceso de evacuación			por		Arco eléctrico			(al) o (en)		Equipos de maniobras tableros de distribución		
		EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE		
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>			REAL		<input type="checkbox"/>			FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa			E	D	c	B	A
	Una o más muertes		Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional			No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Incapacidad parcial permanente		Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional			MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		Regional			BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor		Local			BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		Sin efecto		Interna			MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		5	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		ALTO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIESGO RETIE TABLA 9.4					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
ALTO		X Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.		El jefe o supervisor del área involucrada, a prueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.	

Tabla 30. Factor de riesgo por contacto directo.

3- FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO												
POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.												
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento												
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución y quemaduras				por			Contacto directo		Partes expuestas en equipo de medida o tableros de distribución de uso final		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		(al) o (en)		
POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>				REAL			<input type="checkbox"/>		FRECUCENCIA		
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		E	D	c	B	A
								No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	X	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional		5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente		Danos mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional		4	MEDIO	MEDIO	X MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Daños severos Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	X	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	X Local		2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción	Sin efecto	Interna		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		5	Nivel más crítico de consecuencias
		D	Nivel más crítico de frecuencia
		ALTO	Nivel de riesgo
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO RETIE TABLA 9.4			
NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
ALTO	X	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, a prueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.

Tabla 31. Factor de riesgo por contacto indirecto.

4- FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO																					
POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.																					
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.																					
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución y quemaduras				por			Contacto indirecto			(al) o (en)									
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE			Partes metálicas expuestas en equipo de medida o tablas de distribución de uso final									
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>				REAL			<input type="checkbox"/>			FRECUENCIA									
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa			E		D		c		B		A			
										No ha ocurrido en el sector		Ha ocurrido en el sector		Ha ocurrido en la Empresa		Sucede varias veces al año en la Empresa		Sucede varias veces al mes en la Empresa			
	Una o más muertes		Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional			5		MEDIO		ALTO		ALTO		ALTO		MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente		Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional			4		MEDIO		MEDIO		MEDIO		MEDIO		ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)		X Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		Regional			3		BAJO		MEDIO		MEDIO		MEDIO		ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor		Local			2		BAJO		BAJO		MEDIO		MEDIO		MEDIO	
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		X Sin efecto		X Interna			X 1		MUY BAJO		BAJO		X BAJO		BAJO		MEDIO		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		3		Nivel más crítico de consecuencias		
		D		Nivel más crítico de frecuencia		
		BAJO		Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO (RETIE TABLA 9.4)						
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL			PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
BAJO		X Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.			El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?	

Tabla 32. Factor de riesgo por contacto cortocircuito.

5- FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITO															
POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.															
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.															
RIESGO A EVALUAR:		Daños en las instalaciones suspensión del servicio				por		Cortocircuito			(al) o (en)		En toda la instalación.		
		EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE		
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>				REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		E	D	c	B	A		
									No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes	X	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional		5	MEDIO	ALTO	X	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente		Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional		4	MEDIO	MEDIO		MEDIO		ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		X	Regional	X	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor			Local		2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		Sin efecto			Interna		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		5	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		ALTO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO RETIE TABLA 9.4					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
ALTO		X Mini mizarlo. Buscar a lternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Re quiere permiso especial de trabajo.		El jefe o supervisor del área involucrada, a prueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.	

Tabla 33. Factor de riesgo por electricidad estática.

6- FACTOR DE RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA																
POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.																
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.																
RIESGO A EVALUAR:		Daños en la instalaciones o electrocución			por		Electricidad estática			(al) o (en)		Ambientes o equipos				
		EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE				
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>			REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA							
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa			E	D	c	B	A		
										No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes		Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional			5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente		Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional			4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		Regional			3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	X	Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor		Local			2	BAJO	BAJO	X MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		X	Sin efecto	X	Interna			X	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		3	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		BAJO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO (RETIE TABLA 9.4)					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
BAJO	X	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.		El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle? 	

Tabla 34. Factor de riesgo por equipo defectuoso.

7- FACTOR DE RIESGO POR EQUIPOS DEFECTUOSOS															
POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.															
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, ca racterización del entorno electromagnético.															
RIESGO A EVALUAR:		Daños en las instalaciones, pérdidas materiales				por		Equipos defectuosos			(al) o (en)		En toda la instalación.		
		EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE		
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>				REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		E	D	c	B	A		
									No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes		Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional		5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	X	Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional		4	MEDIO	MEDIO	X MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		X	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor			Local	X	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		Sin efecto			Interna		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		3	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		MEDIO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO (RETIE TABLA 9.4)					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
MEDIO	X	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.		El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.	

Tabla 35. Factor de riesgo por rayo.

8- FACTOR DE RIESGO POR RAYO															
POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.															
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.															
RIESGO A EVALUAR:		Lesiones personales o muerte, daños materiales				por		Rayo			(al) o (en)		Clima		
		EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE		
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA							
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		E	D	c	B	A		
									No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes	X	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional		5	MEDIO	ALTO	X	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente		Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional		4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		Regional		3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor		Local		2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		Sin efecto		X Interna		X	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		5	Nivel más crítico de consecuencias
		D	Nivel más crítico de frecuencia
		ALTO	Nivel de riesgo
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO RETIE TABLA 9.4			
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	
PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS			
ALTO	X	Mini mizarlo. Buscar a lternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	
		El jefe o supervisor del área involucrada, a prueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.	

Tabla 36. Factor de riesgo por sobrecarga.

9- FACTOR DE RIESGO POR SOBRECARGA															
POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.															
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.															
RIESGO A EVALUAR:		Lesiones personales o muerte,			Sobrecarga			Equipos de uso final							
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE							
POTENCIAL		REAL			FRECUECIA										
		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>										
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		E	D	c	B	A			
								No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa			
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional		5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO		
	Incapacidad parcial permanente	Danos mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional		4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
	Incapacidad temporal (> 1 día)	X	Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		Regional		3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		Efecto menor		Local		2	BAJO	BAJO	X MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción		X	Sin efecto		X	Interna	X	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		3	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		BAJO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO (RETIE TABLA 9.4)					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
BAJO	X	Asu mirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.		El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?	

Tabla 37. Factor de riesgo por Tensión de contacto.

10- FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO																
POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.																
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.																
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución,			por			Tensión de contacto			(al) o (en)		Equipos en áreas técnicas			
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE						
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>			REAL			<input type="checkbox"/>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa			E	D	C	B	A		
										No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes	X	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional			5	MEDIO	ALTO	X	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente		Daños mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional			4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		Regional			X	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		X		Efecto menor			Local	X	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No Interrupción				Sin efecto			Interna		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		5	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		ALTO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO RETIE TABLA 9.4					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
ALTO	X	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.		El jefe o supervisor del área involucrada, a prueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.	

Tabla 38. Factor de riesgo por Tensión de contacto.

10- FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO																		
POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.																		
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencia lizar.																		
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución,			por		Tensión de contacto			(al) o (en)		Equipos en áreas técnicas						
		EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE						
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>			REAL		<input type="checkbox"/>			FRECUENCIA								
CONSECUENCIAS	En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa			E	D	C	B	A				
										No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa				
	Una o más muertes	X	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.		Contaminación irreparable.		Internacional			5	MEDIO	ALTO	X	ALTO	ALTO	MUY ALTO		
	Incapacidad parcial permanente		Daños mayores, salida de subestación		Contaminación mayor		Nacional			4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO			
	Incapacidad temporal (> 1 día)		Danos severos Interrupción Temporal		Contaminación localizada		X	Regional			3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
	Lesión menor (sin incapacidad) E2		Danos importantes Interrupción breve. E2		X	Efecto menor			Local			X	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional afecta rendimiento laboral		Daños leves. No interrupción			Sin efecto			Interna				1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE RIESGO ELÉCTRICO		5	Nivel más crítico de consecuencias		
		D	Nivel más crítico de frecuencia		
		ALTO	Nivel de riesgo		
DECISIONES Y ACCIONES PARA EL CONTROL DE RIEGO RETIE TABLA 9.4					
NIVEL DE RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL		PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
ALTO	X	Mi n i m i z a r l o . B u s c a r a l t e r n a t i v a s q u e p r e s e n t e n m e n o r r i e s g o . D e m o s t r a r c ó m o s e v a a c o n t r o l a r e l r i e s g o , a i s l a r c o n b a r r e r a s o d i s t a n c i a , u s a r E P P . R e q u i e r e p e r m i s o e s p e c i a l d e t r a b a j o .		E l j e f e o s u p e r v i s o r d e l á r e a i n v o l u c r a d a , a p r u e b a e l A n á l i s i s d e T r a b a j o S e g u r o (A T S) y e l P e r m i s o d e T r a b a j o (P T) p r e s e n t a d o s p o r e l l í d e r a c a r g o d e l t r a b a j o .	

En caso de presentarse acciones de riesgo, notificar al personal para mitigar y brindar apoyo técnico para realizar los respectivos ajustes en la instalación y evitar futuros riesgos en la zona.

De acuerdo al RETIE, en los casos de accidentes de origen eléctrico con o sin interrupción del servicio de energía eléctrica, que tengan como consecuencia la muerte, lesiones graves de personas o afectación grave de inmuebles por incendio o explosión, la persona que tenga conocimiento del hecho debe comunicarlo en el menor tiempo posible a la autoridad competente o a la empresa prestadora del servicio, la Tabla 39 muestra un resumen de las decisiones que debe ejecutar el líder

del grupo de trabajo para evitar posibles accidentes en la instalación.

Tabla 39. Acciones para mitigar los riesgos.

Nivel de Riesgo	Decisiones a tomar y control	Para ejecutar los trabajos
Muy alto	Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo.
Alto	Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.	El líder del trabajo debe verificar: ¿Qué puede salir mal o fallar?, ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?, ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

Fuente: RETIE 2013

5.8 Análisis del nivel de tensión requerido

La fuente se tomará del secundario del transformador de cada transformador ubicados en cada subestación de cada túnel a un nivel de tensión de 208V/120V.

El código de Colores a emplearse será para un sistema 3f en monofásico, bifásicos y trifásicos a este nivel de tensión.

5.8.1 Análisis de tensión en baja tensión

El Artículo 6.3 del RETIE establece en la Tabla 6.5 código de colores según nivel de tensión para conductores en sistemas de corriente alterna y corriente directa.

Para nivel 208V/120V:

- Trifásico Y: fases (amarillo, azul, rojo), neutro (blanco), tierra (desnudo o verde).
- Monofásico: fases (negro), neutro (blanco), tierra (desnudo o verde).

Figura 6. Tabla de colores de acuerdo al nivel de tensión en C.A.

Sistema c.a.	1 Φ	1 Φ	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ -	3 Φ Y	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ	3 Φ Y
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480 - 440	Más de 1000 V	Más de 1000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Fuente: RETIE 2013

5.9 Cálculo de campos electromagnéticos

El RETIE estipula en el Artículo 14.4 se deben calcular los campos electromagnéticos para los siguientes tipos de proyectos:

- Líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas.
- Los diseños de edificaciones aledañas a las zonas de servidumbre deben incluir memorias de cálculo de campos electromagnéticos que se puedan presentar en cada piso.
- En el caso de líneas de transmisión el campo electromagnético se debe medir en la zona de servidumbre en sentido transversal al eje de esta.

Por tanto, este análisis no aplica para este proyecto.

5.10 Cálculo de porcentaje de reserva de transformadores

Para el cálculo de los transformadores que se instalaran en el proyecto, se tendrá en cuenta las cargas que se deriven de los tableros de baja tensión, se hará una evaluación de la situación más crítica de los transformadores para evaluar si están en capacidad de soportar la carga que se conecta a cada tablero.

5.10.1 Transformadores del proyecto

Del resumen de potencias del tablero general del proyecto se presentan los siguientes resultados:

5.10.1.1 Transformadores Túnel 2

Tabla 40. Resumen de potencias TG T2 0012 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)
TGT2 0012	TABLERO GENERAL TÚNEL 2		94263	84802
	TGC1T2 - 12	Tablero de distribución ITS túnel 2	8000	7200
	TGC2T2 - 12	Tablero de distribución iluminación túnel 2	58949	53020
	TGC3T2 - 12	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 2	7313	6582
	TGC4T2 - 12	UPS t2 0020	10000	9000
	TGC5T2 - 12	Reserva equipada	10000	9000

El factor de carga de del transformador del tablero de la Tabla 40, está dada por:

$$F_{carga} = \frac{S_{Tablero}}{S_{Transformador}} = \frac{94,263 \text{ kVA}}{112,5 \text{ kVA}} = 0,838$$

El porcentaje de carga para el transformador del Tablero será:

$$\% \text{ de carga} = 83,8\%$$

Finalmente, el porcentaje de reserva será:

$$\% \text{ de reserva del transformador} = 100 - 83,8 = 16,2\%$$

5.10.1.2 Transformadores Túnel 3

Tabla 41. Resumen de potencias TG T3 0011 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)
TGT3 0011	TABLERO GENERAL TÚNEL 3		93467	84080
	TGC1T3 - 11	Tablero de distribución ITS túnel 3	6200	5580
	TGC2T3 - 11	Tablero de distribución iluminación túnel 3	59953	53918
	TGC3T3 - 11	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 3	7313	6582
	TGC4T3 - 11	UPS t3 0019	10000	9000
	TGC5T3 - 11	Reserva equipada	10000	9000

El factor de carga de del transformador del tablero de la Tabla 41, está dada por:

$$F_{Carga} = \frac{S_{Tablero}}{S_{Transformador}} = \frac{kVA}{kVA} = 0,831$$

El porcentaje de carga para el transformador del Tablero será:

$$\% \text{ de carga} = 83,1\%$$

Finalmente, el porcentaje de reserva será:

$$\% \text{ de reserva del transformador} = 100 - 83,1 = 16,9\%$$

5.10.1.3 Transformadores Túnel 4

Tabla 42. Resumen de potencias TG T4 0010 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)
TGT4 0010	TABLERO GENERAL TÚNEL 4		80313	72258
	TGC1T4 - 10	Tablero regulado ITS túnel 4	5000	4500
	TGC2T4 - 10	Tablero de distribución iluminación túnel 4	47999	43176
	TGC3T4 - 10	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 4	7313	6582
	TGC4T4 - 10	UPS t4 0018	10000	9000
	TGC5T4 - 10	Reserva equipada	10000	9000

El factor de carga de del transformador del tablero de la Tabla 42, está dada por:

$$F_{Carga} = \frac{S_{Tablero}}{S_{Transformador}} = \frac{kVA}{kVA} = 0,714$$

El porcentaje de carga para el transformador del Tablero será:

$$\% \text{ de carga} = 71,4\%$$

Finalmente, el porcentaje de reserva será:

$$\% \text{ de reserva del transformador} = 100 - 71,4 = 28,6\%$$

5.10.1.4 Transformadores Túnel 5

Tabla 43. Resumen de potencias TG T5 0009 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	P (W)
TGT5 0009	TABLERO GENERAL TÚNEL 5		94249	84780
	TGC1T5 - 09	Tablero regulado ITS túnel 5	5600	5040
	TGC2T5 - 09	Tablero de distribución iluminación túnel 5	61335	55158
	TGC3T5 - 09	Tablero de distribución cuarto técnico SSAA túnel 5	7313	6582
	TGC4T5 - 09	UPS t5 0017	10000	9000
	TGC5T5 - 09	Reserva equipada	10000	9000

El factor de carga de del transformador del tablero de la Tabla 43, está dada por:

$$F_{Carga} = \frac{S_{Tablero}}{S_{Transformador}} = \frac{kVA}{kVA} = 0,838$$

El porcentaje de carga para el transformador del Tablero será:

$$\% \text{ de carga} = 83,8\%$$

Finalmente, el porcentaje de reserva será:

$$\% \text{ de reserva del transformador} = 100 - 83,8 = 16,2\%$$

5.11 Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra

Para el SPT, se deben calcular los parámetros del suelo donde se llevará a cabo el proyecto con el fin de diseñar y dimensionar correctamente la malla de puesta a tierra. Se siguió la siguiente metodología para tal fin:

- Medición de la resistividad aparente del suelo.
- Caracterización de las condiciones del suelo mediante métodos analíticos.
- Diseño de la malla de puesta a tierra.
- Verificación de cumplimiento de tensiones de paso y de contacto.

5.11.1 Medición de la Resistividad Aparente del Suelo

Para la medición de la resistividad del terreno, se emplea el método de Wenner que consiste en la ubicación de electrodos en línea recta e igualmente espaciados, el sondeo donde progresivamente se separan los electrodos de corriente y de tensión con respecto a un punto central, se toman las medidas pertinentes del suelo.

Tabla 44. Resistividad del suelo con promedio por distancia.

MEDIDAS DE RESISTIVIDAD			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	P RUTA 1 [Ω.M]	P RUTA 2 [Ω.M]	PROMEDIO*
1m	197,9	203	202,3
2m	254	270	267,9
3m	302	334	329,7
4m	332	378	371,7

* Los promedios digitados son calculados por el método box-cox para la estratificación del suelo.

5.11.2 Caracterización de las Condiciones del Suelo

Dado que la diferencia entre los valores mayor y menor de los promedios de resistividad del terreno por distancia es mayor al 30%, se utiliza un modelo del suelo de dos capas y para calcular las condiciones eléctricas, se emplea el software CYMGrd.

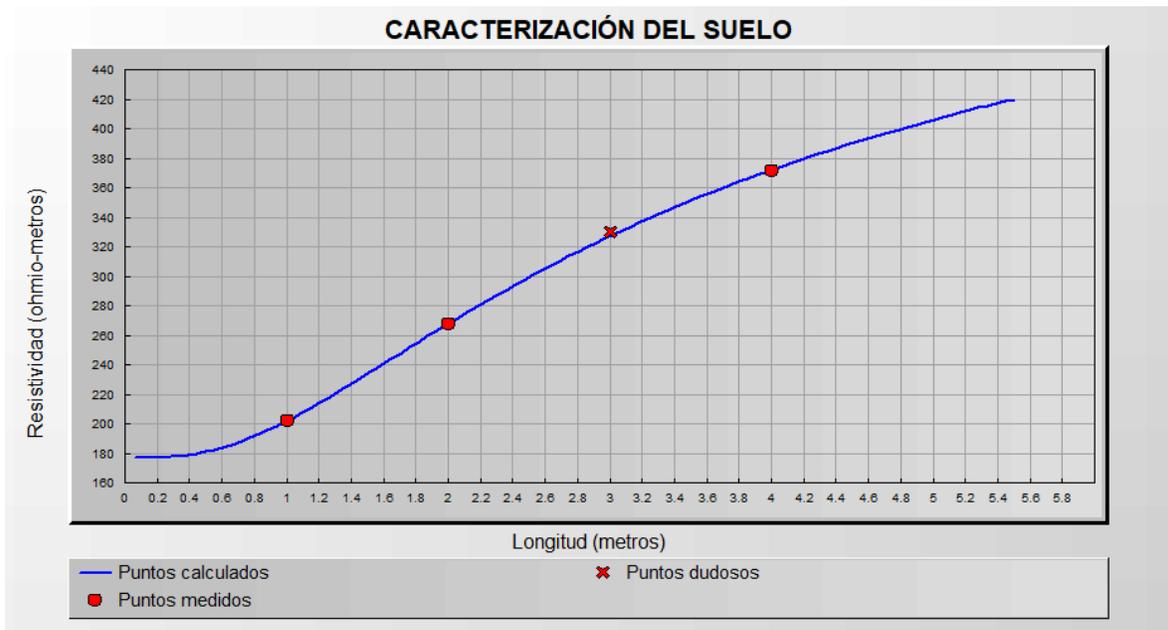
La simulación en el software permite estimar las tensiones de paso y de contacto a las que estarán sometidas el personal que esté dentro de los cuartos técnicos de cada túnel. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de dicha simulación:

Tabla 45. Consideraciones de diseño.

DESCRIPCIÓN	CONSIDERACIÓN
Modelo del suelo	Estratificado en 2 capas
Norma	IEEE Std. 80
Peso corporal	50/70 kg
Espesor de la capa acabado de patio	0,1 m
Resistividad de la capa acabado de patio	2500 Ω .m
Tiempo de despeje de la falla	0,3 s
Corriente de cortocircuito para equipos y conductores	4,3 kA
Máxima corriente de cortocircuito prevista	2,6 kA
Corriente de cortocircuito a utilizar en el diseño	1,6 kA

Tabla 46. Simulación del suelo.

DESCRIPCIÓN	CONSIDERACIÓN
Espesor de la capa superior	1,23 m
Resistividad de la capa superior	176,69 Ω .m
Resistividad de la capa inferior	571,31 Ω .m
Tensión máxima de contacto	777V/1052 V
Tensión máxima de paso	2472V/3346 V

Figura 7. Perfil de resistividad del terreno.

5.11.3 Selección del Conductor

El calibre del conductor de la malla de puesta a tierra se calcula empleando la metodología descrita en el artículo 15.3.2 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, siendo una adaptación de la norma ANSI/IEEE 80.

$$A_{mm^2} = \frac{IK_f\sqrt{t_c}}{1,9737}$$

En la Tabla 47 se establecen los valores para el cálculo de los para la sección del cable conductor de puesta a tierra.

Tabla 47. Criterios de selección del conductor.

DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	VALOR
Corriente asimétrica de falla RMS	I_f [kA RMS]	2,635
Constante térmica del material	K_f	11,78
Tiempo máximo de despeje de falla	t_c [s]	0,3
Sección transversal del conductor calculada	A [mm ²]	8,82

De acuerdo con el resultado presentado en la Tabla 47, el conductor debe tener una sección transversal de mínimo 8,82 mm², que soportaría la corriente de falla a disipar por la malla. Considerando la NTC-2050 Sección 250 se selecciona un conductor para la malla de puesta a tierra y para el aterrizaje equipos de calibre 1/0 AWG que con sección transversal de 53,45 mm².

El diseño contempla dos barrajes de cobre equipotenciales, como platinas de cobre pre taladrada.

Deben utilizarse conectores de compresión certificados o soldadura exotérmica.

Tabla 48. Barras de cobre equipotenciales.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Número de conexiones	Und	10
Ancho x Espesor	mm	50x5
Área	mm ²	125
Longitud	mm	400

5.11.4 Diseño de la Malla de Puesta a Tierra

Siguiendo la disposición física de los cuartos técnicos correspondientes a cada túnel, y las medidas de intervención de las cajas de inspección junto a los bancos de ductos se propone la malla perimetral alrededor de la estructura construida, conservando uniformidad con las dimensiones establecidas.

Figura 8. Configuración de la malla de puesta a tierra.

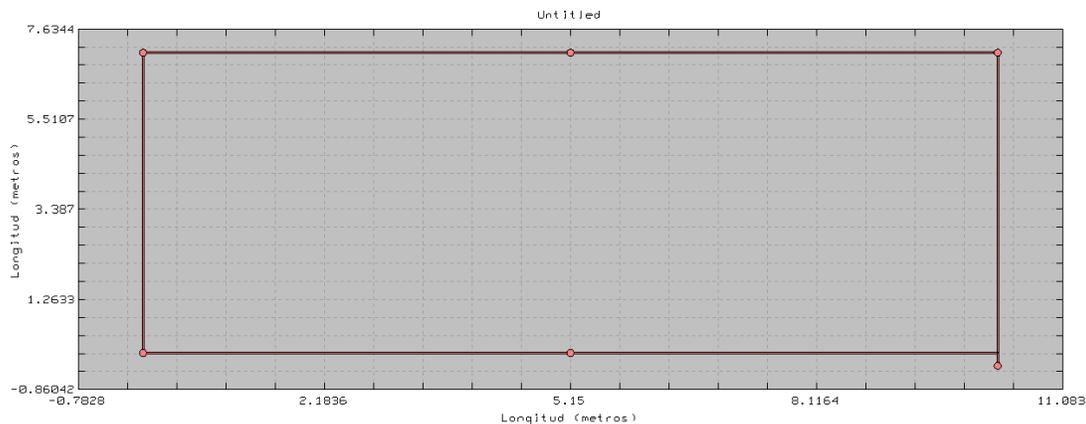


Tabla 49. Datos de evaluación.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Calibre del conductor principal	1/0 AWG
Profundidad de enterramiento del conductor	0,6 m
Diámetro de varillas	5/8 in
Longitud de varilla	2,4 m

Los conductores para la malla de puesta a tierra, según especificaciones, serán de calibre 1/0 AWG desnudo, interconectados entre sí mediante puntos de soldadura exotérmica y uniones según la normatividad vigente. Las varillas a utilizar son tipo acero recubiertas de cobre, de 5/8'' de diámetro y 2,4 m de longitud.

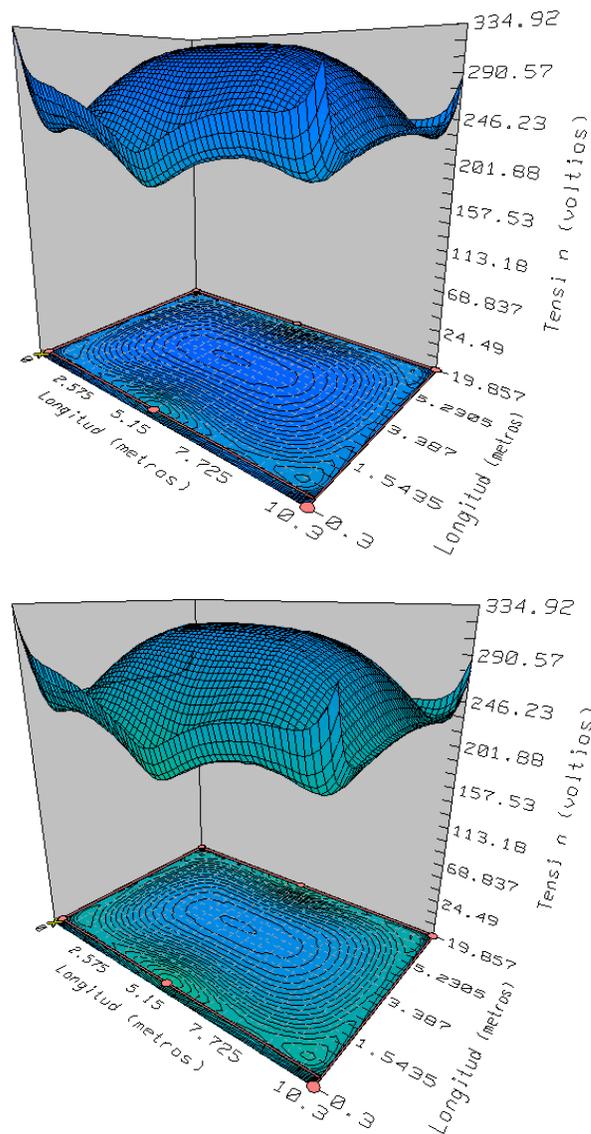
5.11.5 Resultados

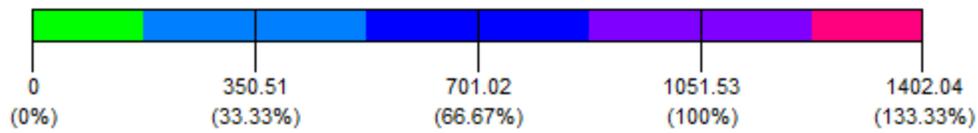
De acuerdo a la configuración indicada, se muestran los valores máximos de tensión y la resistencia de puesta a tierra en la Tabla 50.

Tabla 50. Tensiones máximas alcanzadas y resistencia de puesta tierra para 50Kg/70Kg.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Elevación del potencial de tierra (GPR)	1308,42 V
Tensión máxima de paso	102,35 V
Tensión máxima de contacto	334V
Resistencia de puesta a tierra calculada	18,31 Ω

Figura 9. Diagrama de contorno de potencial de contacto 50Kg y 70Kg.





5.11.6 Tensiones de Toque y Paso en Cuarto Técnico

Para los cálculos, se tiene un 60% de la corriente de falla esperada como valor a disipar por la malla de puesta a tierra.

NOTA: Para las tensiones de toque y paso, el software que se utilizó, usa la metodología de la norma IEEE Std. 80, numeral 8.3 Criterios para tensión de toque y de paso, donde se tiene en cuenta la resistividad de la capa superficial (ρ_s) que para este caso en particular se tomó de 2500 Ω .m (granito lavado similar a la gravilla, con valores de resistividad similares a las del concreto convencional húmedo) y el factor de disminución de la capa superficial (C_s) que es un factor de corrección para calcular la resistencia del pie de una persona en presencia de un material superficial de espesor finito. La metodología que sugiere el RETIE toma $C_s = 1$ y $\rho_s = 0$, por tanto, los valores obtenidos usando esta reglamentación son más bajos que los obtenidos utilizando la metodología IEEE.

$$E_{touch} = (1000 + 1,5C_s\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

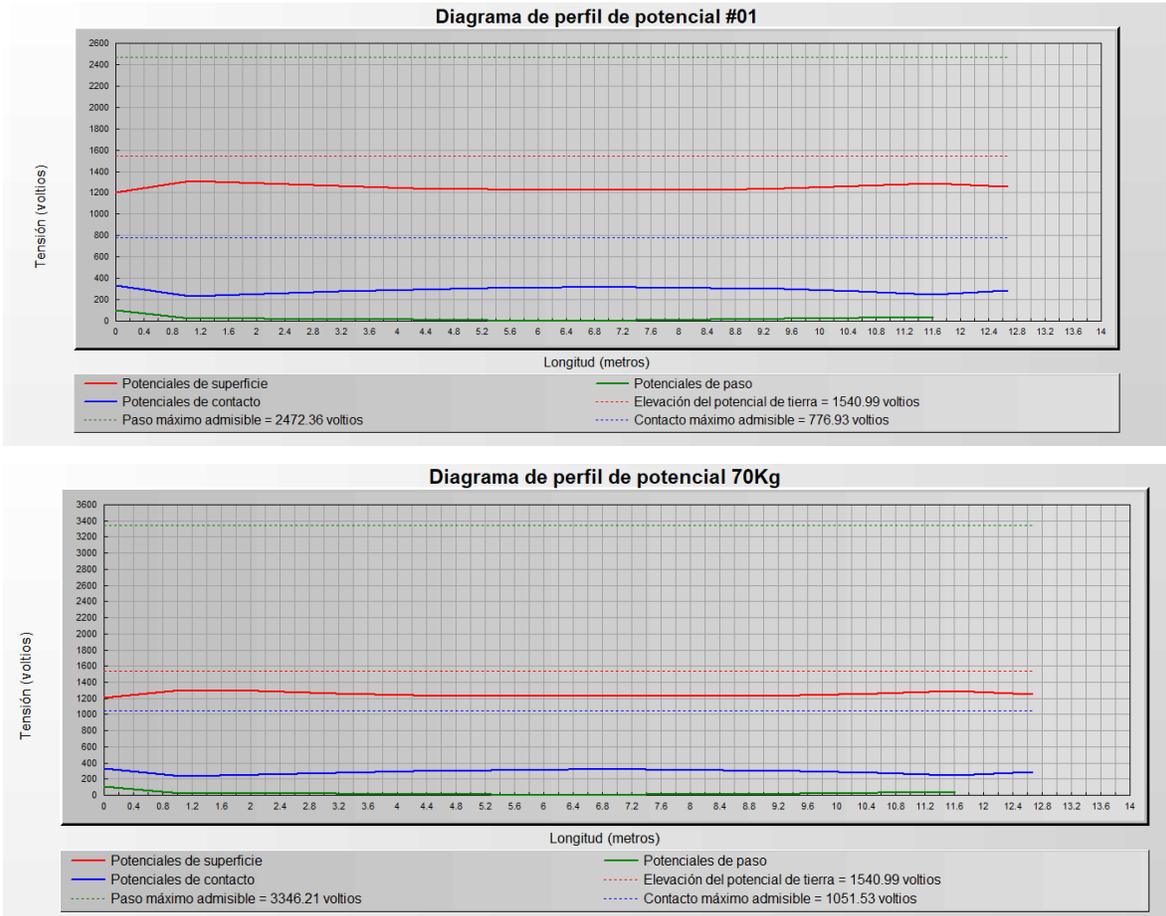
$$E_{step} = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

C_s : Factor de disminución de la capa superficial.

ρ_s : Resistividad de la capa superficial.

t_s : Tiempo de despeje de falla.

Figura 10. Diagrama perfil de potencial, tensiones de toque paso y transferidas para 50Kg y 70Kg.**Tabla 51.** Tensiones máximas admisibles para 50Kg/70Kg.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Elevación del potencial de tierra (GPR)	1540,99 V
Tensión máxima de paso	2472,36v/3346,21V
Tensión máxima de contacto	776,93V/1051,53V

5.12 Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Se tendrá en cuenta la selección del conductor de acuerdo al análisis de la sección técnica de acuerdo a la consideración del cliente.

5.13 Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor

Se encontrará el análisis para la verificación del conductor y sus respectivas protecciones para cada alimentador.

Tabla 52. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 2 en cuarto técnico.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I_Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 2 tablero SSAA hasta el tablero general	208	20,3	25,37	3#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	25,37	3X30A
Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	120	3,1	3,89	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,89	1X6A
Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	120	1,0	1,25	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	1,25	1X6A
Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	120	13,5	16,88	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	16,88	1X20A
Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	120	10,0	12,50	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	12,50	1X20A
Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	208	5,0	6,25	2#12F+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	6,25	2X20A
Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	120	8,3	10,42			1,04	0,35	0	10,42	1X20A
Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	120	15,0	18,75	3#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	18,75	1X20A
Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 2 tablero transferencia	208	347,0	433,71	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	260	1,04	0,35	94,64	433,71	3X400A
Desde el transferencia hasta el s/e túnel 2 tablero general	208	347,0	433,71	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	260	1,04	0,35	94,64	433,71	3X400A
Desde la ups hasta el s/e túnel 2 tablero general	208	27,8	34,70	3#4F+1#4N+1#8T	95	1,04	0,35	34,58	34,70	3X40A
Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 2 tablero transferencia	208	312,3	390,34	2(3#4/0F+1#4/0N)	260	1,04	0,35	94,64	390,34	3X400A

Tabla 53. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 2.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 2 tablero ITS hasta el tablero general	208	22,2	27,76	3#4F+1#4N+1#8T	75	1,04	0,35	27,3	27,76	3X40A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#14F+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,12	2X6A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#10F+1#10T	40	1,04	0,35	14,56	3,12	2X6A
Desde la carga cam 1002- bc1 1001 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#6F+1#6N+1#10T	75	1,04	0,35	27,3	6,25	1X15A
Desde la carga cam 1105- bcp 1102 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	6,25	1X15A
Desde la carga dom 1004- bcp 1003 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	6,25	1X15A
Desde la carga dom 1103- pmvf 1101- smp 1101 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	208	12,5	15,61	2#2F+1#2N+1#6T	130	1,04	0,35	47,32	15,61	2X20A
Desde el gabinete exterior (s/e rack 1101) hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	120	16,7	20,83	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	20,83	1X20A

Tabla 54. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2 parte 1.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)	I (A)*1,25	DP (A)
T2 0008	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 2		58949	208	163,6	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#4T	0,17	204,53	3X250A
	1LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	208	12,5	3#6F+1#6N+1#10T	2,86	15,64	3X20A
	2LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	208	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,25	15,64	3X20A
	3LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	208	12,5	3#6F+1#6N+1#10T	2,66	15,64	3X20A
	4LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	208	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,25	15,64	3X20A

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO - V/O	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG - C - THWN)*	VREG (%)	I (A)*1.25	DP (A)
	5LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	208	11,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,11	14,43	3X15A
	6LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	208	11,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,03	14,43	3X15A
	7LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	208	14,4	3#6F+1#6N+1#10T	3,02	18,04	3X20A
	8LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	208	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	2,76	19,25	3X20A
	9LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	208	14,4	3#6F+1#6N+1#10T	2,83	18,04	3X20A
	10LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	208	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	2,66	19,25	3X20A
	11LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3467	208	9,6	3#4F+1#4N+1#8T	2,69	12,03	3X15A
	12LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3467	208	9,6	3#4F+1#4N+1#8T	2,61	12,03	3X15A
	13LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	392	208	1,1	3#10F+1#10N+1#10T	1,06	1,36	3X6A
	14LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	392	208	1,1	3#10F+1#10N+1#10T	1,02	1,36	3X6A
	15LT2 - 8	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	360	208	1,0	3#12F+1#12N+1#12T	1,43	1,25	3X6A
	16LT2 - 8	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	360	208	1,0	3#12F+1#12N+1#12T	2,02	1,25	3X6A
	17LT2 - 8	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	1336	208	3,7	3#8F+1#8N+1#10T	2,95	4,64	3X6A
	18LT2 - 8	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	1336	208	3,7	3#6F+1#6N+1#10T	3,16	4,64	3X6A

Tabla 55. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2 parte 2.

# DE CIRCUITO	I Conductor 90°C T310-16 (A)	F1	F2	In CONDUCTOR
1LT2	55	1,04	0,35	20,02
2LT2	95	1,04	0,35	34,58
3LT2	55	1,04	0,35	20,02
4LT2	95	1,04	0,35	34,58
5LT2	95	1,04	0,35	34,58
6LT2	95	1,04	0,35	34,58
7LT2	75	1,04	0,35	27,3
8LT2	95	1,04	0,35	34,58
9LT2	55	1,04	0,35	20,02
10LT2	95	1,04	0,35	34,58
11LT2	75	1,04	0,35	27,3
12LT2	75	1,04	0,35	27,3
13LT2	30	1,04	0,35	10,92
14LT2	30	1,04	0,35	10,92
15LT2	25	1,04	0,35	9,1
16LT2	25	1,04	0,35	9,1
17LT2	55	1,04	0,35	20,02
18LT2	75	1,04	0,35	27,3

Tabla 56. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 3 cuarto técnico.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 3 tablero SSAA hasta el tablero general	208	20,3	25,37	3#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	25,37	3X30A
Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	120	3,1	3,89	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,89	1X6A
Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	120	1,0	1,25	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	1,25	1X6A
Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	120	13,5	16,88	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	16,88	1X20A
Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	120	10,0	12,50	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	12,50	1X20A

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil)	I Conductor 90°C T310-	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	208	5,0	6,25	2#12F+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	6,25	2X20A
Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	120	8,3	10,42			1,04	0,35	0	10,42	1X20A
Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	120	15,0	18,75	3#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	18,75	1X20A
Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 3 tablero transferencia	208	347,0	433,71	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	260	1,04	0,35	94,64	433,71	3X400A
Desde el transferencia hasta el s/e túnel 3 tablero general	208	347,0	433,71	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	260	1,04	0,35	94,64	433,71	3X400A
Desde la ups hasta el s/e túnel 3 tablero general	208	27,8	34,70	3#6F+1#6N+1#10T	75	1,04	0,35	27,3	34,70	3X40A
Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 3 tablero transferencia	208	312,3	390,34	2(3#4/0F+1#4/0N)	260	1,04	0,35	94,64	390,34	3X400A

Tabla 57. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 3.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 3 tablero ITS hasta el tablero general	208	17,2	21,51	3#6F+1#6N+1#10T	75	1,04	0,35	27,3	21,51	3X40A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#8F+1#8T	55	1,04	0,35	20,02	3,12	2X6A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#14F+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,12	2X6A
Desde la carga cam 1009- bcp 1004 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#6F+1#6N+1#10T	75	1,04	0,35	27,3	6,25	1X15A
Desde la carga cam 1112- bcp 1105 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#4F+1#4N+1#8T	95	1,04	0,35	34,58	6,25	1X15A
Desde la carga sos 1105- bc1 1102 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#4F+1#4N+1#8T	95	1,04	0,35	34,58	6,25	1X15A
Desde la carga dom 1006- apw 1003 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#10F+1#10N+1#10T	40	1,04	0,35	14,56	6,25	1X15A
Desde la carga dom 1107- bc 1106 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#2F+1#2N+1#6T	130	1,04	0,35	47,32	6,25	1X15A
Desde el gabinete exterior (s/e rack 1102) hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	120	16,7	20,83	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	20,83	1X30A

Tabla 58. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN**
Túnel 3 parte 1.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	I (A)*1,25	DP (A)
T3 0007	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 3		59953	208	166,4	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#4T	208,02	3X250A
	1LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4853	208	13,5	3#2F+1#2N+1#6T	16,84	3X20A
	2LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	208	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	15,64	3X20A
	3LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4853	208	13,5	3#2F+1#2N+1#6T	16,84	3X20A
	4LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4507	208	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	15,64	3X20A
	5LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	208	11,5	3#2F+1#2N+1#6T	14,43	3X15A
	6LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	4160	208	11,5	3#2F+1#2N+1#6T	14,43	3X15A
	7LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	208	14,4	3#2F+1#2N+1#6T	18,04	3X20A
	8LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	208	15,4	3#4F+1#4N+1#8T	19,25	3X20A
	9LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5200	208	14,4	3#2F+1#2N+1#6T	18,04	3X20A
	10LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	5547	208	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	19,25	3X20A
	11LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3120	208	8,7	3#4F+1#4N+1#8T	10,83	3X15A
	12LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	3120	208	8,7	3#4F+1#4N+1#8T	10,83	3X15A
	13LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado izquierdo	414	208	1,15	3#10F+1#10N+1#10T	1,44	3X6A
	14LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado derecho	414	208	1,15	3#10F+1#10N+1#10T	1,44	3X6A
	15LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	392	208	1,09	3#10F+1#10N+1#10T	1,36	3X6A
	16LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	448	208	1,24	3#10F+1#10N+1#10T	1,55	3X6A
	17LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	420	208	1,17	3#12F+1#12N+1#12T	1,46	3X6A
	18LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	420	208	1,17	3#12F+1#12N+1#12T	1,46	3X6A

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	I (A)*1,25	DP (A)
	19LT3 -7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w norte	1336	208	3,71	3#4F+1#4N+1#8T	4,64	3X6A
	20LT3 -7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w sur	1336	208	3,71	3#6F+1#6N+1#10T	4,64	3X6A

Tabla 59. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3 parte 2.

# DE CIRCUITO	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR
1LT3	130	1,04	0,35	47,32
2LT3	75	1,04	0,35	27,3
3LT3	130	1,04	0,35	47,32
4LT3	75	1,04	0,35	27,3
5LT3	95	1,04	0,35	34,58
6LT3	95	1,04	0,35	34,58
7LT3	130	1,04	0,35	47,32
8LT3	95	1,04	0,35	34,58
9LT3	130	1,04	0,35	47,32
10LT3	95	1,04	0,35	34,58
11LT3	75	1,04	0,35	27,3
12LT3	75	1,04	0,35	27,3
13LT3	30	1,04	0,35	10,92
14LT3	30	1,04	0,35	10,92
15LT3	30	1,04	0,35	10,92
16LT3	30	1,04	0,35	10,92
17LT3	25	1,04	0,35	9,1
18LT3	25	1,04	0,35	9,1
19LT3	75	1,04	0,35	27,3
20LT3	75	1,04	0,35	27,3

Tabla 60. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 4 cuarto técnico.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 4 tablero SSAA hasta el tablero general	208	20,3	25,37	3#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	25,37	3X30A
Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	120	3,1	3,89	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,89	1X6A

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T	I	I Carga	SEC TÉCNICA	I Conductor	f1	f2	In	AJUSTE	PROTECCIÓN
Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	120	1,0	1,25	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	1,25	1X6A
Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	120	13,5	16,88	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	16,88	1X20A
Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	120	10,0	12,50	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	12,50	1X20A
Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	208	5,0	6,25	2#12F+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	6,25	2X20A
Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	120	8,3	10,42			1,04	0,35	0	10,42	1X20A
Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	120	15,0	18,75	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	18,75	1X20A
Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 4 tablero transferencia	208	249,8	312,27	2(3#2/0F+1#2/0N)+1#4T	195	1,04	0,35	70,98	312,27	3X350A
Desde el transferencia hasta el s/e túnel 4 tablero general	208	249,8	312,27	2(3#2/0F+1#2/0N)+1#4T	195	1,04	0,35	70,98	312,27	3X350A
Desde la ups hasta el s/e túnel 4 tablero general	208	27,8	34,70	3#6F+1#6N+1#10T	75	1,04	0,35	27,3	34,70	3X40A
Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 4 tablero transferencia	208	312,3	390,34	2(3#4/0F+1#4/0N)	260	1,04	0,35	94,64	390,34	3X400A

Tabla 61. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 4.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 4 tablero ITS hasta el tablero general	208	13,9	17,35	3#6F+1#6N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	17,35	3X20A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#14F+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,12	2X6A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#10F+1#10T	40	1,04	0,35	14,56	3,12	2X6A
Desde la carga cam 1023- bcp 1008 hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#6F+1#6N+1#10T	75	1,04	0,35	27,3	6,25	1X15A
Desde la carga cam 1118- bc1 hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#10F+1#10N+1#10T	40	1,04	0,35	14,56	6,25	1X15A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#8F+1#8N+1#12T	55	1,04	0,35	20,02	6,25	1X15A
Desde la gabinete exterior (s/e rack 1103) hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	120	16,7	20,83	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	20,83	1X30A

Tabla 62. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN**
Túnel 4 parte 1.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)	I (A)*1,25	DP (A)
T4 0006	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 4		47999	208	133,2	3#2/0F+1#2/0N+1#6T	0,28	166,54	3X170A
	1LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	3467	208	9,6	3#8F+1#8N+1#10T	2,31	12,03	3X15A
	2LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	3467	208	9,6	3#6F+1#6N+1#8T	2,82	12,03	3X15A
	3LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	3467	208	9,6	3#10F+1#10N+1#10T	3,09	12,03	3X15A
	4LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	3467	208	9,6	3#6F+1#6N+1#10T	2,67	12,03	3X15A
	5LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	3813	208	10,6	3#6F+1#6N+1#10T	3,03	13,23	3X15A
	6LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	3813	208	10,6	3#6F+1#6N+1#10T	2,78	13,23	3X15A
	7LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	4160	208	11,5	3#8F+1#8N+1#10T	3,12	14,43	3X15A
	8LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	4507	208	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	2,45	15,64	3X20A
	9LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	4160	208	11,5	3#8F+1#8N+1#10T	2,85	14,43	3X15A
	10LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	4507	208	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	2,32	15,64	3X20A

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)	I (A)*1,25	DP (A)
	11LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	2773	208	7,7	3#8F+1#8N+1#10T	3,22	9,62	3X15A
	12LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	2773	208	7,7	3#8F+1#8N+1#10T	3,04	9,62	3X15A
	13LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	224	208	0,6	3#10F+1#10N+1#10T	0,35	0,78	3X6A
	14LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	280	208	0,8	3#10F+1#10N+1#10T	0,51	0,97	3X6A
	15LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	225	208	0,6	3#12F+1#12N+1#12T	0,77	0,78	3X6A
	16LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	225	208	0,6	3#12F+1#12N+1#12T	0,73	0,78	3X6A
	17LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	1336	208	3,7	3#8F+1#8N+1#10T	2,82	4,64	3X6A
	18LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	1336	208	3,7	3#6F+1#6N+1#10T	2,73	4,64	3X6A

Tabla 63. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4 parte 2.

# DE CIRCUITO	I_Conductor 90°C T310-16 (A)	F1	F2	In CONDUCTOR
1LT4	40	1,04	0,35	14,56
2LT4	55	1,04	0,35	20,02
3LT4	40	1,04	0,35	14,56
4LT4	55	1,04	0,35	20,02
5LT4	55	1,04	0,35	20,02
6LT4	55	1,04	0,35	20,02
7LT4	55	1,04	0,35	20,02
8LT4	75	1,04	0,35	27,3
9LT4	55	1,04	0,35	20,02
10LT4	75	1,04	0,35	27,3
11LT4	55	1,04	0,35	20,02
12LT4	55	1,04	0,35	20,02
13LT4	25	1,04	0,35	9,1
14LT4	25	1,04	0,35	9,1
15LT4	25	1,04	0,35	9,1
16LT4	25	1,04	0,35	9,1
17LT4	55	1,04	0,35	20,02
18LT4	55	1,04	0,35	20,02

Tabla 64. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores Túnel 5 cuarto técnico.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 5 tablero ssaa hasta el tablero general	208	20,3	25,37	3#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	25,37	3X30A
Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	120	3,1	3,89	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	3,89	1X6A
Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	120	1,0	1,25	1#14F+1#14N+1#14T	25	1,04	0,35	9,1	1,25	1X6A
Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	120	13,5	16,88	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	16,88	1X20A
Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	120	10,0	12,50	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	12,50	1X20A
Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	208	5,0	6,25	2#12F+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	6,25	2X20A
Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	120	8,3	10,42			1,04	0,35		10,42	1X20A
Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 5 tablero ssaa	120	15,0	18,75	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	18,75	1X20A
Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 5 tablero transferencia	208	347,0	433,71	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	260	1,04	0,35	94,64	433,71	3X400A
Desde el transferencia hasta el s/e túnel 5 tablero general	208	347,0	433,71	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	260	1,04	0,35	94,64	433,71	3X400A
Desde la ups hasta el s/e túnel 5 tablero general	208	27,8	34,70	3#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	34,70	3X40A
Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 5 tablero transferencia	208	312,3	390,34	2(3#4/0F+1#4/0N)	260	1,04	0,35	94,64	390,34	3X400A

Tabla 65. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores ITS Túnel 5.

ALIMENTADOR/ACOMETIDA	T (V)	I Carga (A)	I Carga (A)*1,25	SEC TECNICA (AWG/kcmil) Cu	I Conductor 90°C T310-16 (A)	f1	f2	In CONDUCTOR	AJUSTE TÉRMICO	PROTECCIÓN
Desde la s/e túnel 5 tablero ITS hasta el tablero general	208	15,5	19,43	3#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	19,43	3X40A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#12F+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	3,12	2X6A
Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	208	2,5	3,12	2#10F+1#10T	40	1,04	0,35	14,56	3,12	2X6A
Desde la carga cam 1023- bcp 1008 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#8F+1#8N+1#10T	55	1,04	0,35	20,02	6,25	1X15A
Desde la carga cam 1118- bc1 1104 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#4F+1#4N+1#8T	95	1,04	0,35	34,58	6,25	1X15A
Desde la carga cam 1120- bcp 1107 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#4F+1#4N+1#8T	95	1,04	0,35	34,58	6,25	1X15A
Desde la carga domo 1112- apw 1105- bcp 1109 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	120	5,0	6,25	1#10F+1#10N+1#10T	40	1,04	0,35	14,56	6,25	1X15A
Desde el gabinete exterior (s/e rack 1004) hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	120	14,4	18,04	1#12F+1#12N+1#12T	30	1,04	0,35	10,92	18,04	1X20A

Tabla 66. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5 parte 1.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	I (A)*1,25	DP (A)
T5 0005		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 5	61335	208	170,2	3#4/0F+1#4/0N+1#2T	212,81	3X250A
	1LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	5200	208	14,4	3#4F+1#4N+1#8T	18,04	3X20A

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	S (VA)	T (V)	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	I (A)*1,25	DP (A)
	2LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	5200	208	14,4	3#2F+1#2N+1#6T	18,04	3X20A
	3LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	5200	208	14,4	3#4F+1#4N+1#8T	18,04	3X20A
	4LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	5200	208	14,4	3#2F+1#2N+1#6T	18,04	3X20A
	5LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	4160	208	11,5	3#2F+1#2N+1#6T	14,43	3X15A
	6LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	4160	208	11,5	3#2F+1#2N+1#6T	14,43	3X15A
	7LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	5547	208	15,4	3#4F+1#4N+1#8T	19,25	3X20A
	8LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	5547	208	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	19,25	3X20A
	9LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	5547	208	15,4	3#4F+1#4N+1#8T	19,25	3X20A
	10LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	5547	208	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	19,25	3X20A
	11LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	2773	208	7,7	3#4F+1#4N+1#8T	9,62	3X15A
	12LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	2773	208	7,7	3#4F+1#4N+1#8T	9,62	3X15A
	13LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado izquierdo	1242	208	3,45	3#10F+1#10N+1#10T	4,31	3X6A
	14LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado derecho	1242	208	3,45	3#10F+1#10N+1#10T	4,31	3X6A
	15LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado izquierdo	504	208	1,40	3#10F+1#10N+1#10T	1,75	3X6A
	16LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado derecho	504	208	1,40	3#10F+1#10N+1#10T	1,75	3X6A
	17LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado izquierdo	495	208	1,37	3#12F+1#12N+1#12T	1,72	3X6A
	18LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado derecho	495	208	1,37	3#12F+1#12N+1#12T	1,72	3X6A
	19LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Sepialed II 150 w: circuito luminaria exterior norte	1336	208	3,71	3#8F+1#8N+1#12T	4,64	3X6A
	20LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Sepialed II 150 w: circuito luminaria exterior sur	334	208	0,93	3#10F+1#10N+1#10T	1,16	3X6A

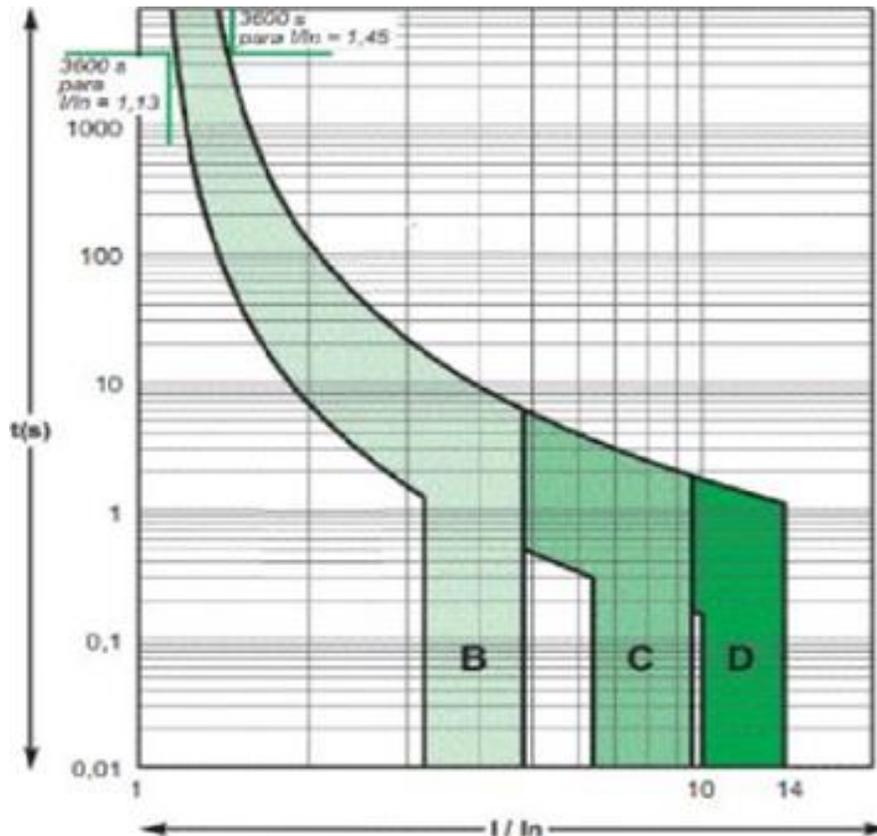
Tabla 67. Verificación de los conductores y protecciones de los alimentadores TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5 parte 2.

# DE CIRCUITO	I_Conductor 90°C T310-16 (A)	F1	F2	In CONDUCTOR
1LT5	75	1,04	0,35	27,3
2LT5	95	1,04	0,35	34,58
3LT5	75	1,04	0,35	27,3
4LT5	95	1,04	0,35	34,58
5LT5	95	1,04	0,35	34,58
6LT5	95	1,04	0,35	34,58
7LT5	75	1,04	0,35	27,3
8LT5	95	1,04	0,35	34,58
9LT5	75	1,04	0,35	27,3
10LT5	95	1,04	0,35	34,58
11LT5	75	1,04	0,35	27,3
12LT5	75	1,04	0,35	27,3
13LT5	40	1,04	0,35	14,56
14LT5	40	1,04	0,35	14,56
15LT5	30	1,04	0,35	10,92
16LT5	30	1,04	0,35	10,92
17LT5	25	1,04	0,35	9,1
18LT5	25	1,04	0,35	9,1
19LT5	40	1,04	0,35	14,56
20LT5	40	1,04	0,35	14,56

5.14 Cálculo y Coordinación de Protecciones contra Sobrecorrientes

La selección de protección adecuada permite que las protecciones escogidas se disparen en el orden correcto, lo cual depende mucho de una buena selectividad para evitar apertura simultaneas, para este caso particular los cálculos se basan de una selectividad amperimétrica, las cuales se obtiene ajustando los umbrales de disparo de los interruptores en serie dentro del circuito, cabe destacar que puede una selectividad total o parcial de acuerdo al tipo de protección seleccionada.

Este estudio para el cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes se realizó por medio del programa ETAP.

Figura 11. Curvas teóricas de protección.

Para este proyecto particular se hará el estudio de los totalizadores que va a ir en cada tablero de donde alimentara los equipos y demás tableros que conforman el proyecto.

5.14.1 Curvas de Protecciones para Totalizadores de los Tableros

Se presenta el estudio de protección para el del Tablero de Transferencia con el Tablero General y el Tablero de iluminación, solo se considera el Tablero de Iluminación de las cargas del Tablero General, ya que es la carga que tiene la protección más alta, si esta protección cumple, las demás protecciones de valor más bajo cumplirían también. Las curvas de protección se presentan considerando la acometida respectiva de cada tablero ubicados en Túnel 2.

- Se presenta el estudio de protección para Túnel 2.

Figura 12. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 2.

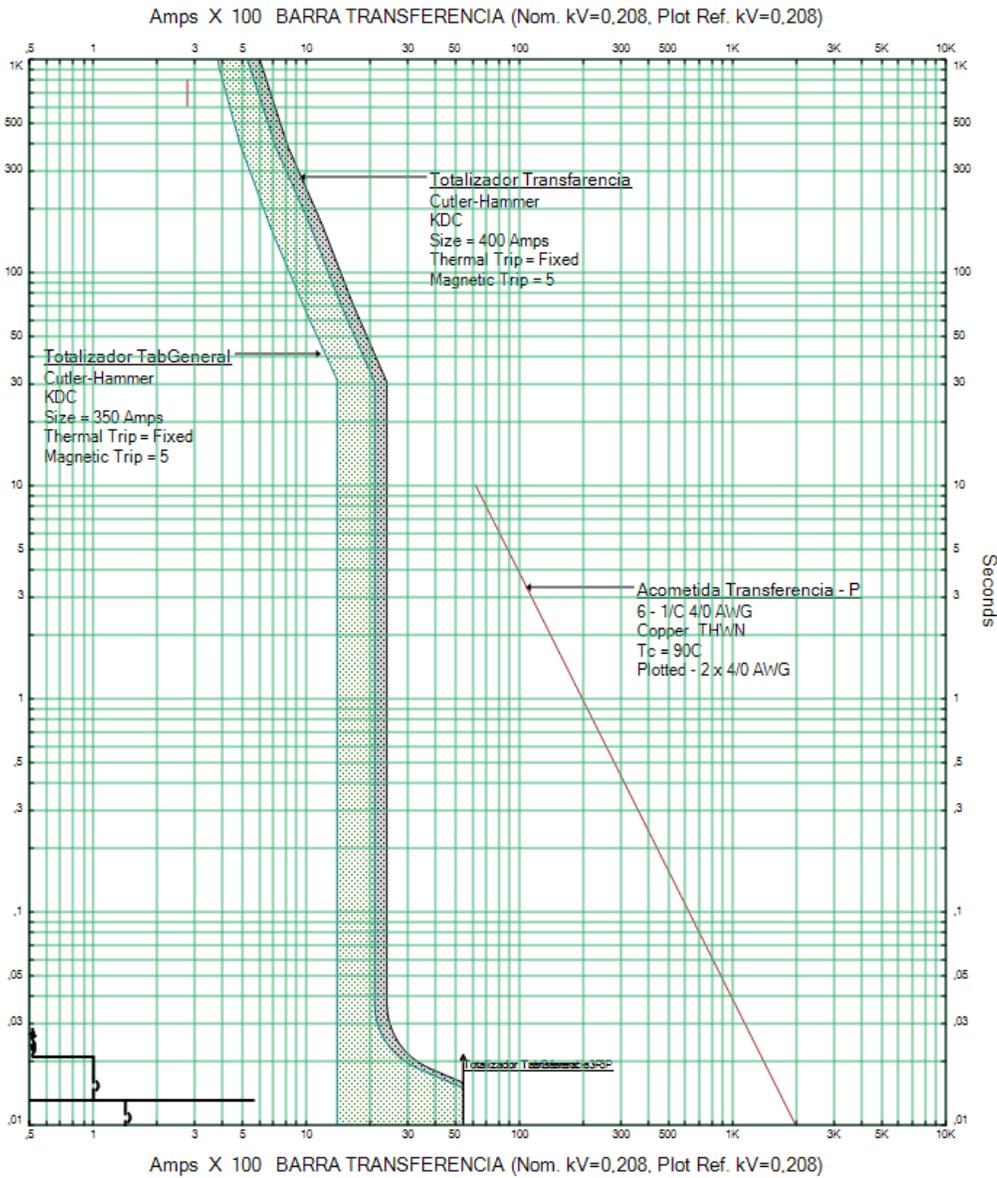


Figura 13. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 2.

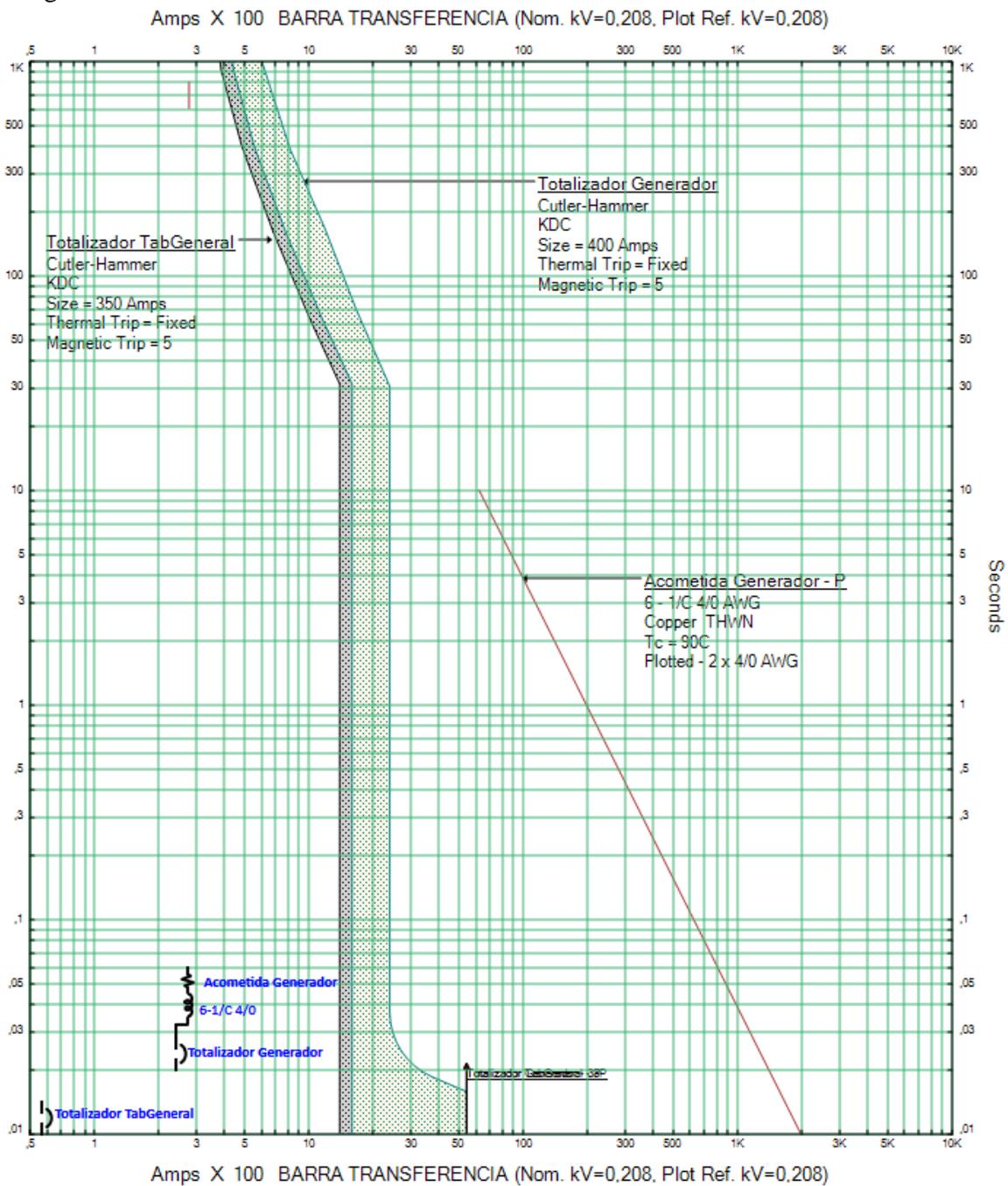
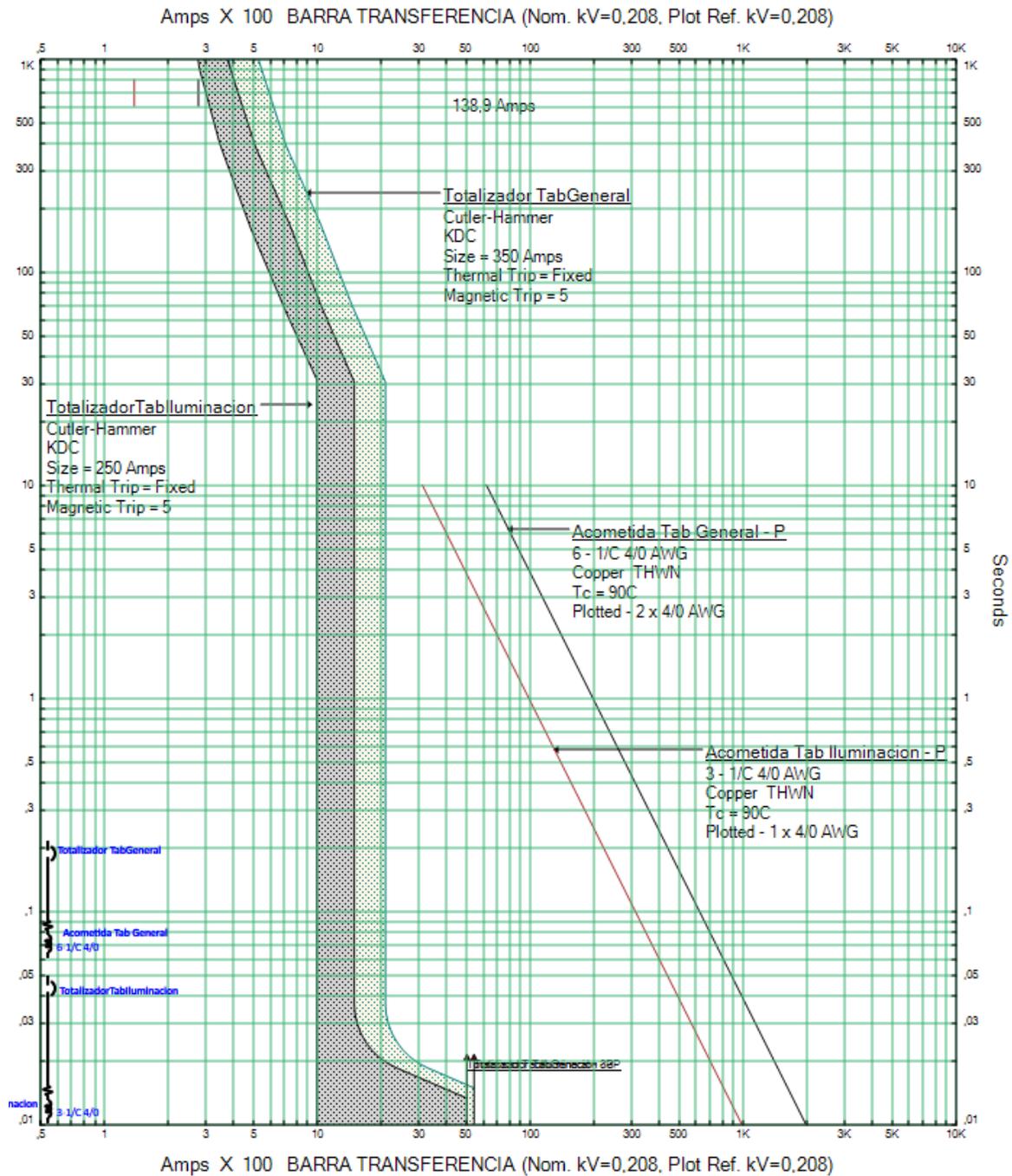


Figura 14. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 2.



- Se presenta el estudio de protección para Túnel 3

Figura 15. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 3.

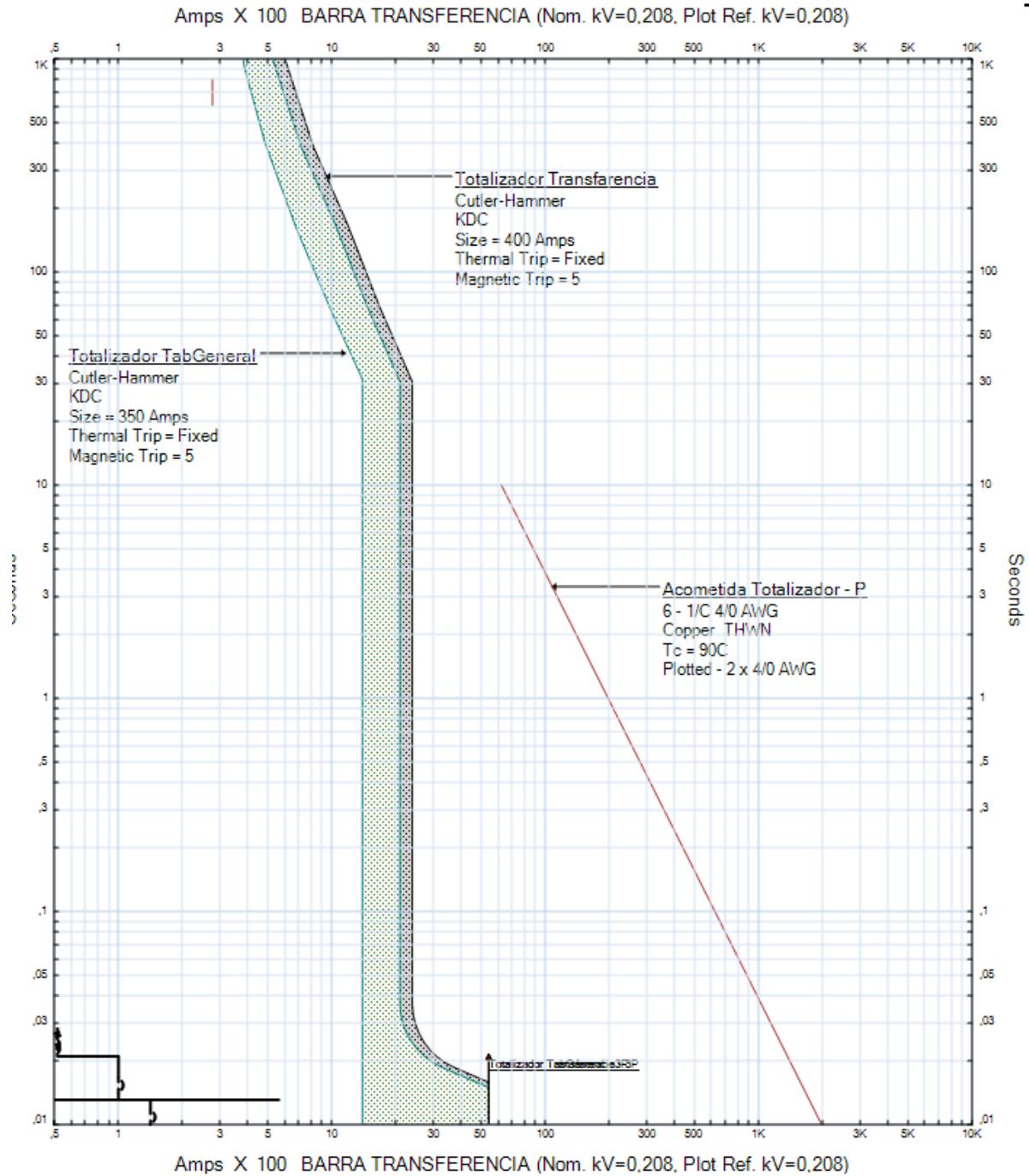


Figura 16. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 3.

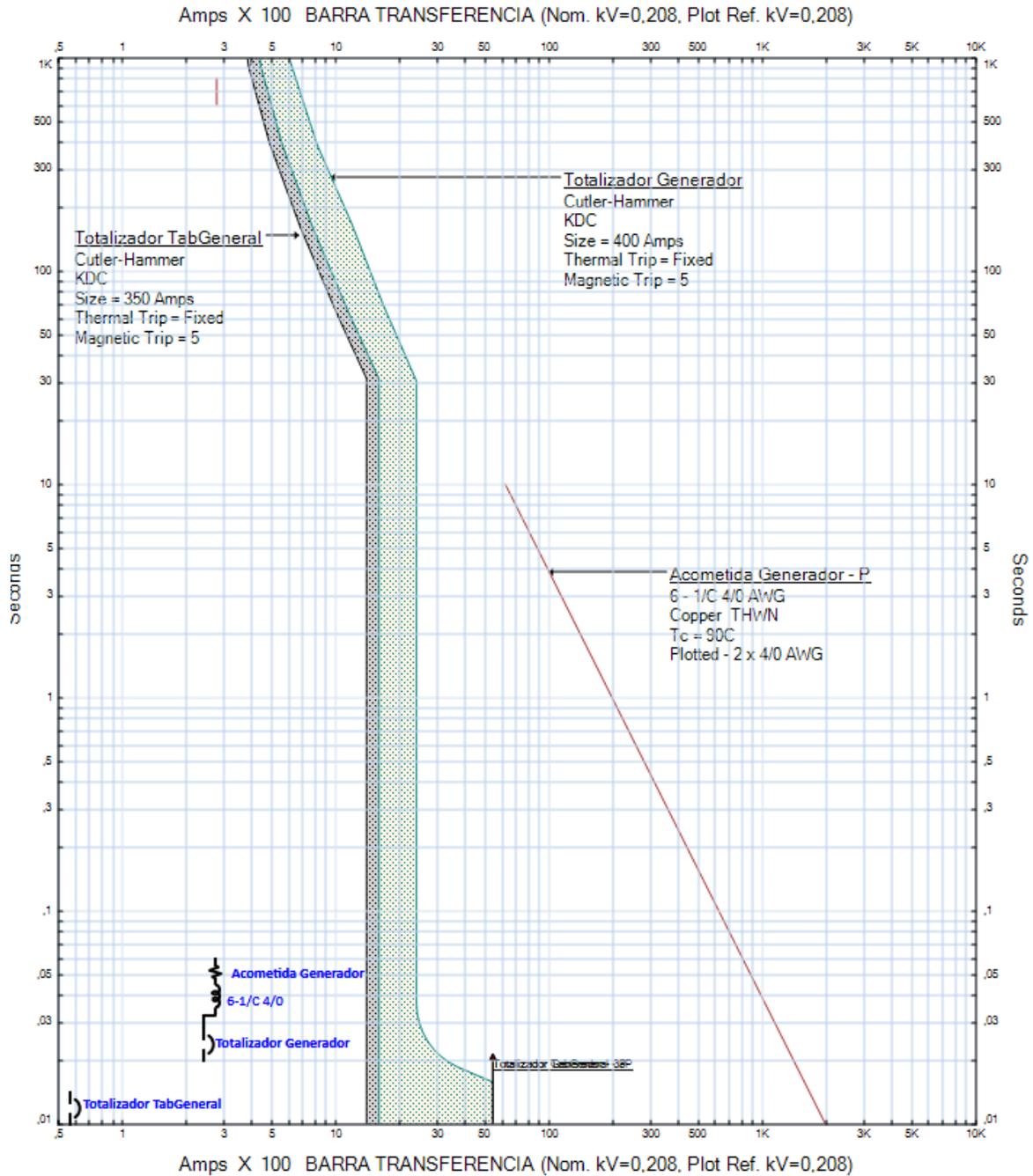
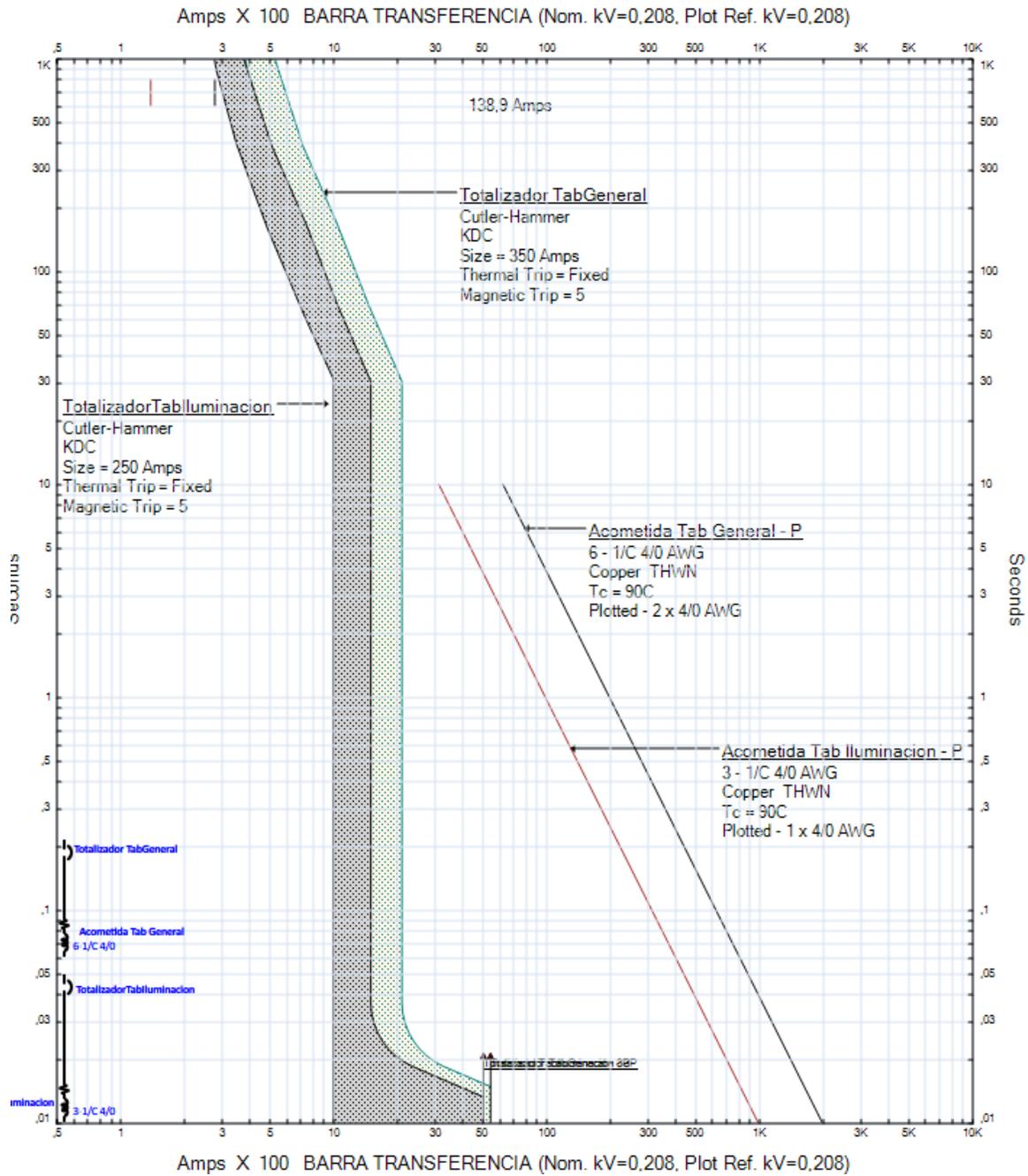


Figura 17. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 3.



- Se presenta el estudio de protección para Túnel 4.

Figura 18. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 4.

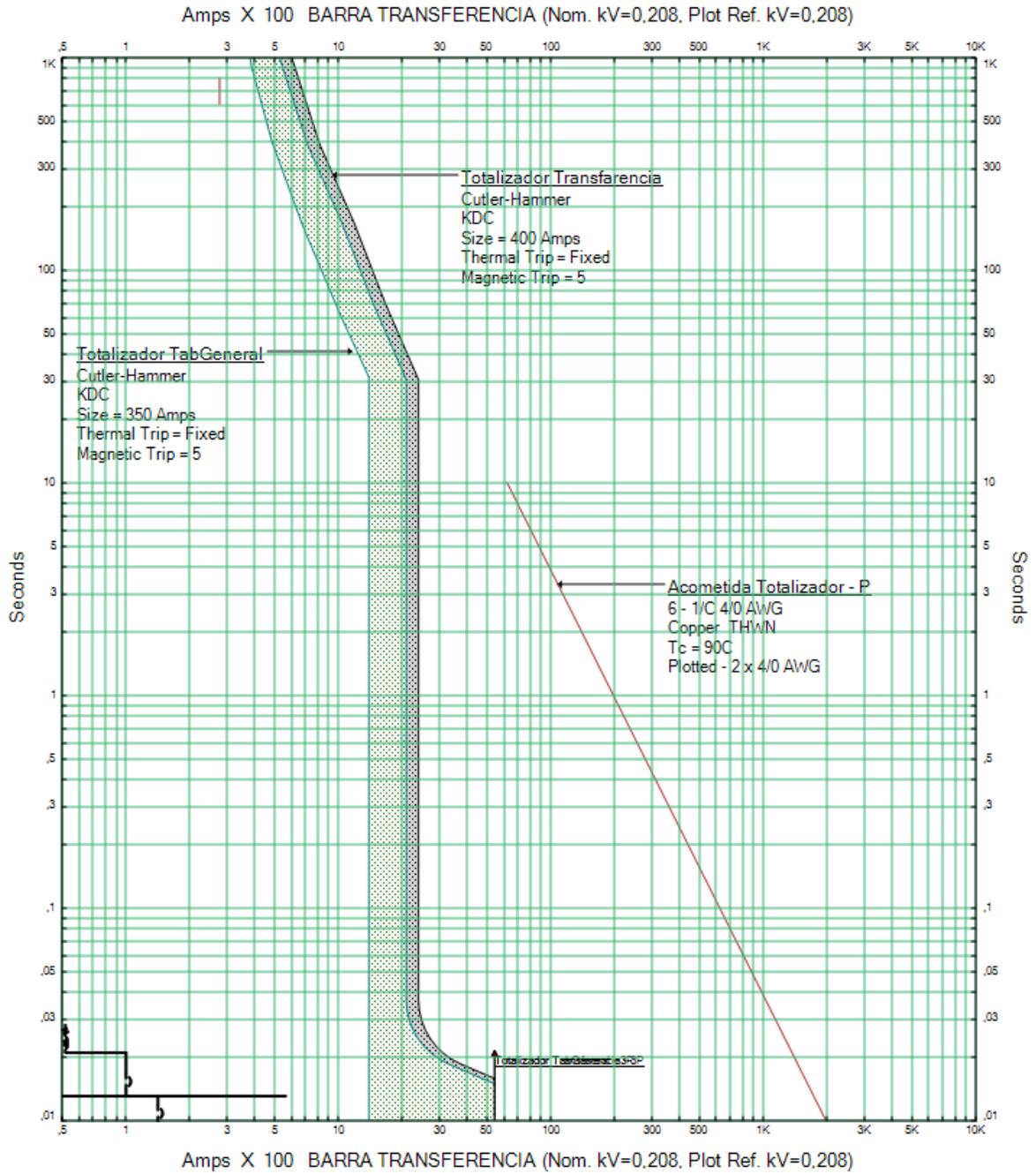


Figura 19. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generador de emergencia en Túnel 4.

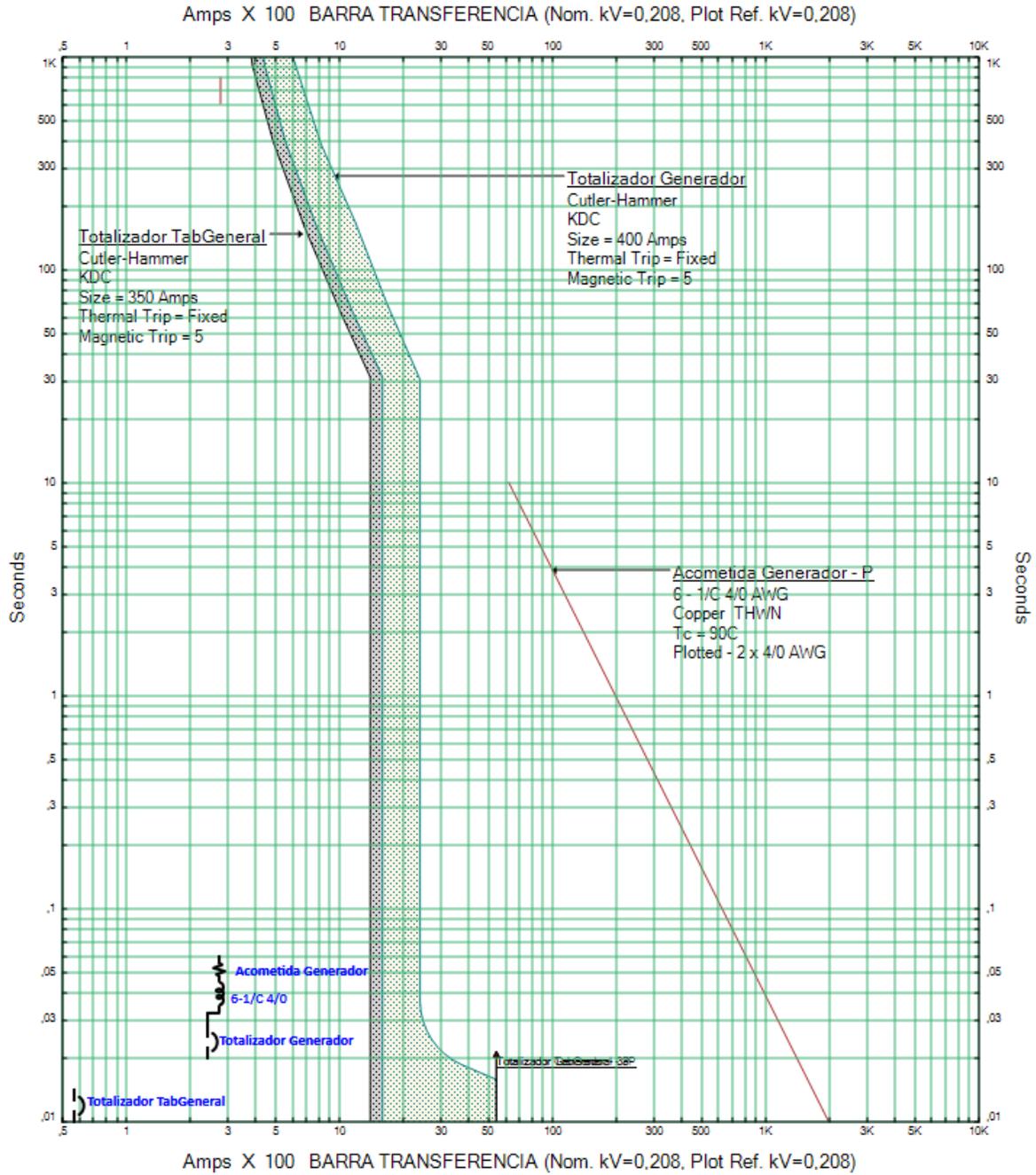
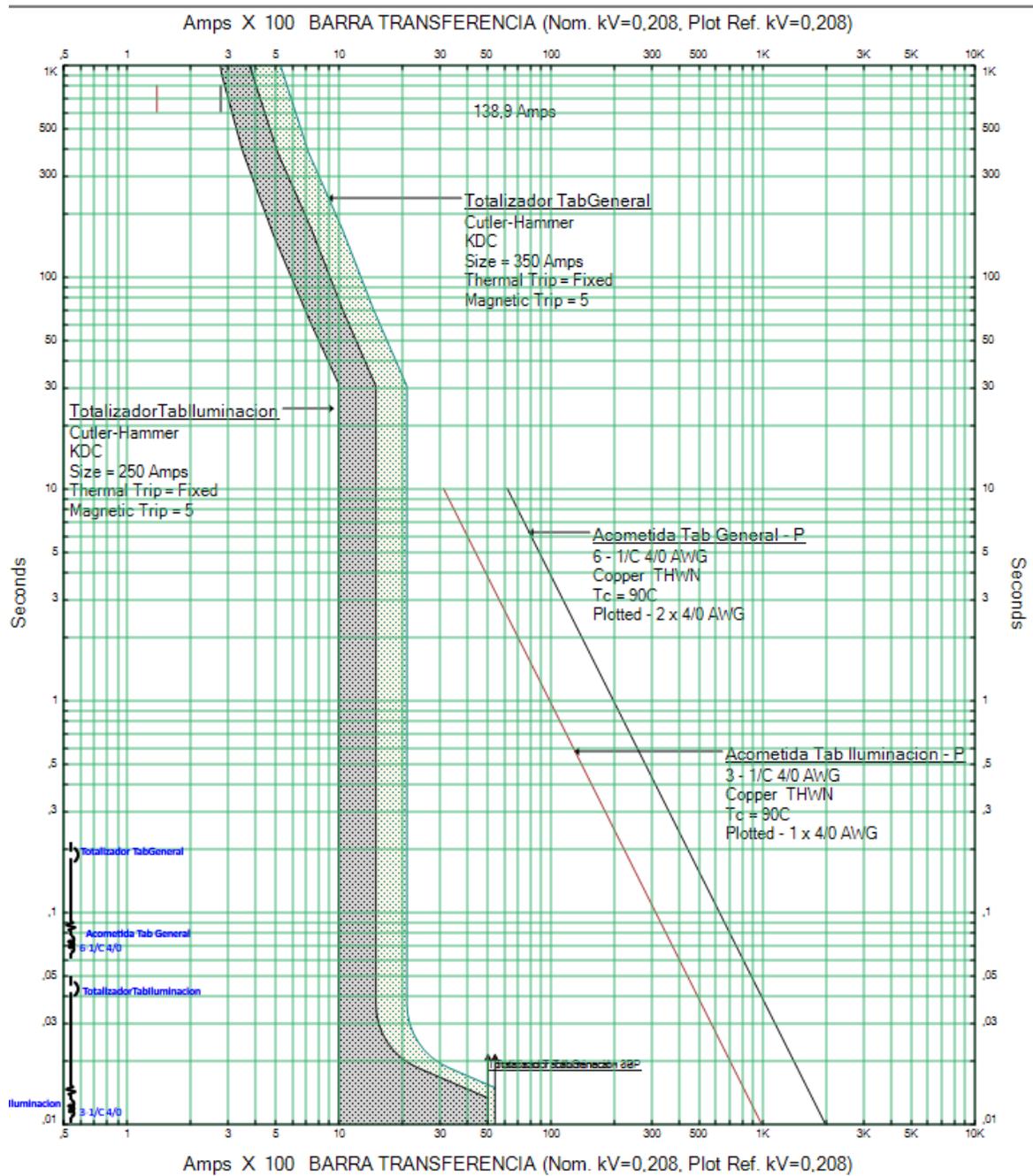


Figura 20. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 4.



- Se presenta el estudio de protección para Túnel 5.

Figura 21. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Tablero General en Túnel 5.

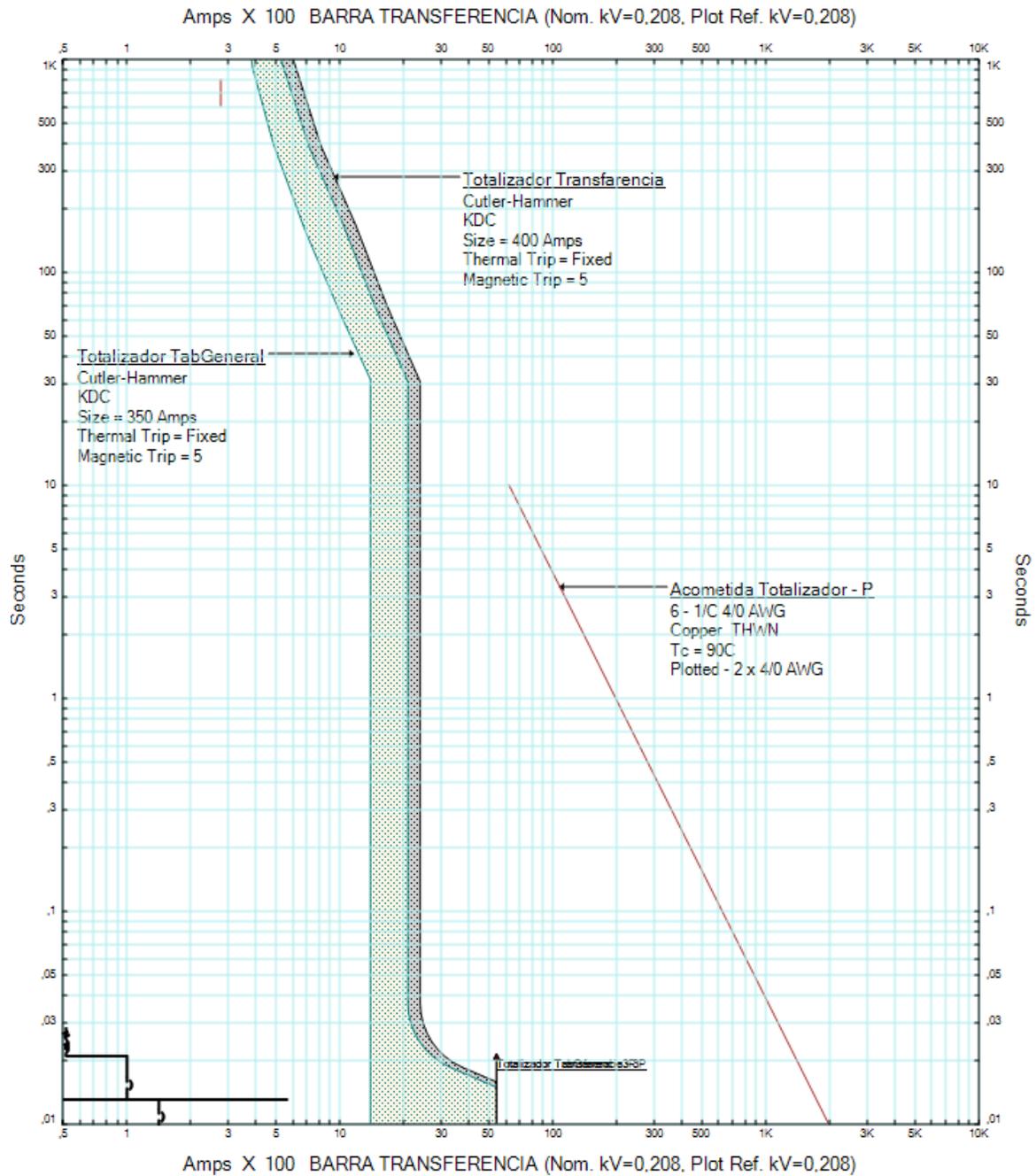


Figura 22. Curva de protección Totalizador Tablero Transferencia con Totalizador Generator de emergencia en Túnel 5.

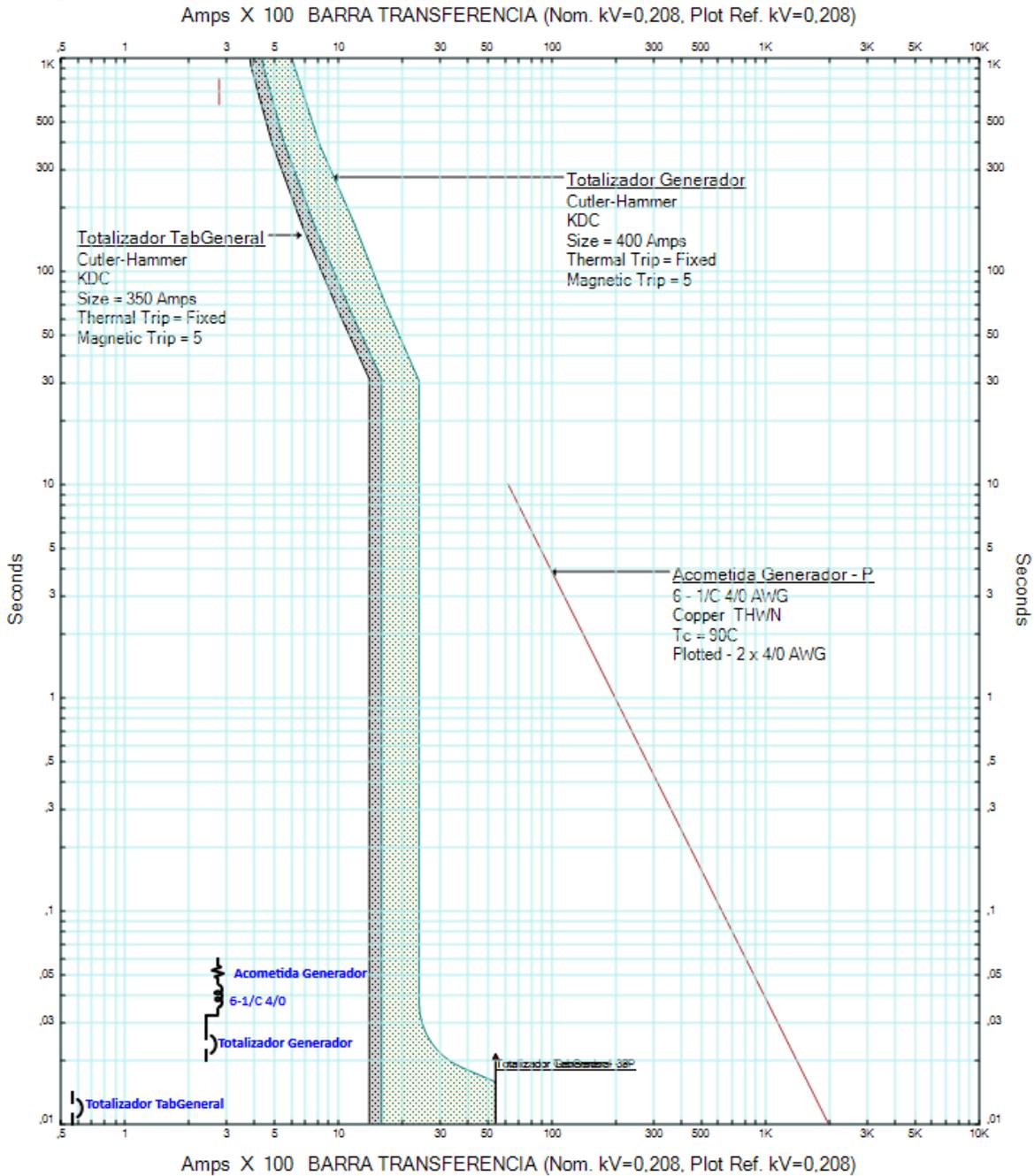
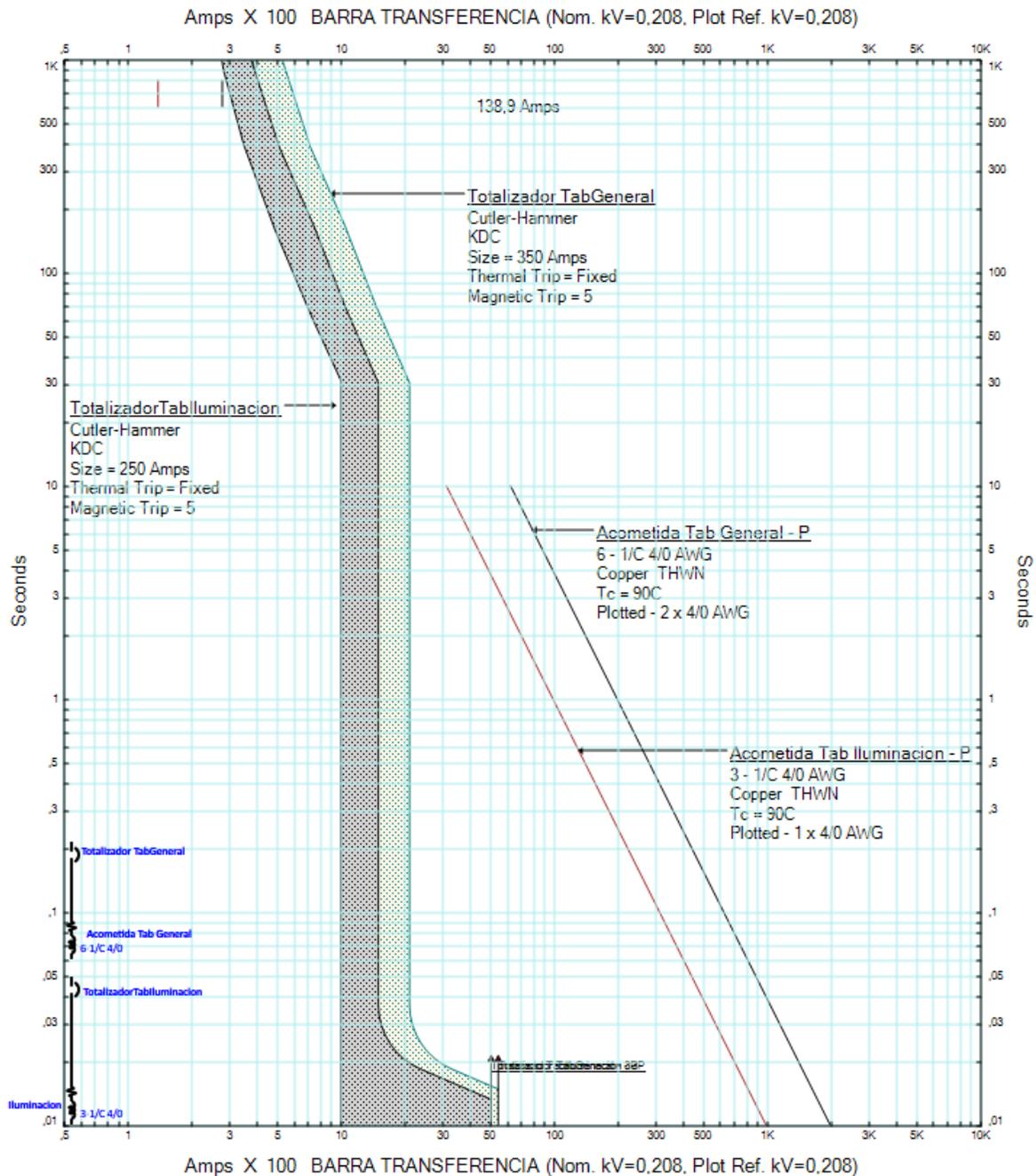


Figura 23. Totalizador Tablero General con Totalizador Tablero de Iluminación en Túnel 5.

5.15 Cálculo de Canalizaciones

Para este caso particular se evaluará las peores situaciones donde las canalizaciones y portacables pueden presentar el mayor llenado de acuerdo al tramo seleccionado, la cual en su mayoría para los portacables se presenta en las derivaciones hacia las entradas de los túneles, en las canalizaciones se puede presentar en las derivaciones de los cárcamos de las subestaciones hacia las cajas de inspección.

El dimensionamiento de las canalizaciones está directamente ligado a la cantidad de conductores y sus secciones. De acuerdo con el desarrollo de la ingeniería, se estiman los conductores teniendo en cuenta los equipos y su configuración. Para efectos de dimensionamiento de las bandejas se consideran conductores monopoles hasta que se especifique lo contrario.

Las bandejas portables será tipo escalera, pesada, las cuales deben cumplir con lo establecido en el artículo 20.3 del RETIE. Los ductos serán de PVC EB, considerando a las condiciones que se encontrarán una vez instaladas. La selección de las canalizaciones, será tal que no se ocupe el 40% de sus secciones con los conductores instalados.

Tabla 68. Cálculo de canalizaciones bandejas portacables en zonas críticas.

PUNTO FINAL TRAMO	PUNTO DE ORIGEN TRAMO	CALIBRES SELECCIONADOS (AWG/kcmil Cu)	ÁREA INTERNA PERMISIBLE DE PORTACABLES mm ²	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DE UNA BANDEJA								
				SECCIÓN TOTAL EN mm ²	BANDEJA 20CM	BANDEJA 22,5CM	BANDEJA 30CM	BANDEJA 40CM	BANDEJA 45CM	BANDEJA 50CM	BANDEJA 60CM	BANDEJA 75CM
PORTAL DE SALIDA TÚNEL 3 EXTREMO IZQUIERDO	PORTAL DE ENTRADA TUNEL 3 EXTREMO IZQUIERDO	3#2F+1#2N+1#6T	1962,7	13,08%	11,55%	8,72%	6,54%	5,82%	5,23%	4,36%	3,49%	2,91%
		3#4F+1#4N+1#8T										
		3#2F+1#2N+1#6T										
		3#2F+1#2N+1#6T										
		3#4F+1#4N+1#8T										
		3#4F+1#4N+1#8T										
		3#10F+1#10N+1#10T										
		3#10F+1#10N+1#10T										
		1#6F+1#6N+1#10T										
		3#12F+1#12N+1#12T										
PORTAL DE SALIDA TÚNEL 3 EXTREMO DERECHO	PORTAL DE SALIDA TUNEL 3 EXTREMO DERECHO	3#2F+1#2N+1#6T	2198,7	14,66%	12,93%	9,77%	7,33%	6,51%	5,86%	4,89%	3,91%	3,26%
		3#4F+1#4N+1#8T										
		3#2F+1#2N+1#6T										
		3#2F+1#2N+1#6T										
		3#2F+1#2N+1#6T										
		3#4F+1#4N+1#8T										
		3#10F+1#10N+1#10T										
		3#10F+1#10N+1#10T										
		3#12F+1#12N+1#12T										
		3#12F+1#12N+1#12T										
2#8F+1#8T												
1#4F+1#4N+1#8T												
PORTAL DE	CAJA DE	3#2F+1#2N+1#6T	4392,9	29,29%	25,84%	19,52%	14,64%	13,02%	11,71%	9,76%	7,81%	6,51%

ENTRADA TÚNEL 3	INSPECCIÓN PORTAL DE ENTRADA TÚNEL 3	3#4F+1#4N+1#8T										
		3#10F+1#10N+1#10T										
		1#6F+1#6N+1#10T										
		3#12F+1#12N+1#12T										
		2#8F+1#8T										
		1#4F+1#4N+1#8T										
		2#14F+1#14T										
		1#10F+1#10N+1#10T										
		1#2F+1#2N+1#6T										
CÁRCAMO CASETA CONTROL TÚNEL 3	CÁRCAMO CASETA CONTROL TÚNEL 3	3#2F+1#2N+1#6T	4847,0	57,50%	50,73%	38,33%	28,75%	25,55%	23,00%	19,17%	15,33%	12,78%
		3#4F+1#4N+1#8T										
		3#10F+1#10N+1#10T										
		1#6F+1#6N+1#10T										
		3#12F+1#12N+1#12T										
		2#8F+1#8T										
		1#4F+1#4N+1#8T										
		2#14F+1#14T										
		1#10F+1#10N+1#10T										
		1#2F+1#2N+1#6T										
		3#6F+1#6N+1#10T										
		2(3#4/0F+1#4/0N)+1#4T										
		3#8F+1#8N+1#10T										
CUARTO GRUPO ELECTRÓGENO	TABLERO DE TRANSFERENCIA	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	74,2	25,68%	22,66%	17,12%	12,84%	11,41%	10,27%	8,56%	6,85%	5,71%

Considerando el porcentaje de ocupación de las bandejas en este proceso, se establecen normalizadas, bandejas portacables de 40 cm y 60cm, suficientes para la organización de los conductores que atraviesan los túneles y el cárcamo en la caseta.

Tabla 69. Cálculo de ocupación de ductos en zona críticas.

HASTA	DESDE	CALIBRES SELECCIONADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA (AWG/kcmil Cu)	74,2	53,2	32,9	24,0	13,9	8,9	5,80	SECCIÓN TOTAL (mm ²)	4558,05	9116,1	13674,15	18232,2	22790,25
			NÚMERO DE CONDUCTORES								103" PVC EB	203" PVC EB	303" PVC EB	403" PVC EB	503" PVC EB
			2	4	6	8	10	12	3X14						
Portal de entrada túnel 3	Caja de inspección portal de entrada túnel 3	3#2F+1#2N+1#6T	30	22	10	8	24	15	1	4390,2	96,32%	48,16%	32,11%	24,08%	19,26%
		3#4F+1#4N+1#8T													
		3#10F+1#10N+1#10T													
		1#6F+1#6N+1#10T													
		3#12F+1#12N+1#12T													
		2#8F+1#8T													
		1#4F+1#4N+1#8T													
		2#14F+1#14T													
		1#10F+1#10N+1#10T													
1#2F+1#2N+1#6T															

5.16 Cálculos de Pérdidas de Energía

Se verifica la pérdida de energía para subestación de cada túnel.

Tabla 70. Pérdida de energía Túnel 2 cuarto técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/A COMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 2 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 2 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	47,47
S/e túnel 2 tablero	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	3,1	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	2,96

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/A COMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
SSAA								
S/e túnel 2 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	1,0	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,31
S/e túnel 2 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	13,5	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	36,09
S/e túnel 2 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	10,0	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	19,80
S/e túnel 2 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	5,0	15	1	2#12F+1#12T	6,6	3,71
S/e túnel 2 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	8,3	0	1			0,00
S/e túnel 2 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	15,0	15	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	44,55
S/e túnel 2 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 2 tablero transferencia	347,0	25	2	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	916,43
S/e túnel 2 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 2 tablero general	347,0	15	2	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	549,86
S/e túnel 2 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 2 tablero general	27,8	15	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	35,36
S/e túnel 2 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 2 tablero transferencia	312,3	40	2	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	1187,69

Tabla 71. Pérdida de energía ITS Túnel 2.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	$p=3x(I_2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I_2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I_2)xRxL$ (W)
							R (ohm/km)	
Tablero general	S/e túnel 2 tablero ITS	Desde la s/e túnel 2 tablero ITS hasta el tablero general	22,2	10	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	15,09
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	2,5	55	1	2#14F+1#14T	10,2	5,25
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	2,5	335	1	2#10F+1#10T	3,9	12,23
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga cam 1002- bc1 1001	Desde la carga cam 1002- bc1 1001 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	5,0	240	1	1#6F+1#6N+1#10T	1,61	19,32
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga cam 1105- bcp 1102	Desde la carga cam 1105- bcp 1102 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	5,0	140	1	1#8F+1#8N+1#10T	2,56	17,92
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga dom 1004- bcp 1003	Desde la carga dom 1004- bcp 1003 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	5,0	95	1	1#8F+1#8N+1#10T	2,56	12,16
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga dom 1103- pmvf 1101- smp 1101	Desde la carga dom 1103- pmvf 1101- smp 1101 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	12,5	420	1	2#2F+1#2N+1#6T	0,62	60,94
S/e túnel 2 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1101)	Desde el gabinete exterior (s/e rack 1101) hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	16,7	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	55,00

Tabla 72. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2.

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 2		163,6	10	1	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#4T	0,203	81,5
1LT2 - 8	12,5	12,5	171	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	129,2
2LT2 - 8	12,5	12,5	300	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	143,7
3LT2 - 8	12,5	12,5	159	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	120,2
4LT2 - 8	12,5	12,5	300	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	143,7
5LT2 - 8	11,5	11,5	311	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	126,9
6LT2 - 8	11,5	11,5	303	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	123,6
7LT2 - 8	14,4	14,4	156	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	157,0
8LT2 - 8	15,4	15,4	319	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	140,6
9LT2 - 8	14,4	14,4	146	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	146,9
10LT2 - 8	15,4	15,4	307	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	135,4
11LT2 - 8	9,6	9,6	323	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	91,5
12LT2 - 8	9,6	9,6	314	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	89,0
13LT2 - 8	1,1	1,1	322	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	4,5
14LT2 - 8	1,1	1,1	310	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	4,3
15LT2 - 8	1,0	1,0	415	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	8,2
16LT2 - 8	1,0	1,0	400	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	7,9
17LT2 - 8	3,7	3,7	371	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	39,2
18LT2 - 8	3,7	3,7	623	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	41,4

Tabla 73. Pérdida de energía Túnel 3 cuarto técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 3 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 3 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	47,47
S/e túnel 3 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	3,1	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	2,96
S/e túnel 3 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	1,0	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,31
S/e túnel 3 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	13,5	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	36,09
S/e túnel 3 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	10,0	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	19,80
S/e túnel 3 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	5,0	15	1	2#12F+1#12T	6,6	3,71
S/e túnel 3 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	8,3	0	1			0,00
S/e túnel 3 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	15,0	15	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	44,55
S/e túnel 3 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 3 tablero transferencia	347,0	25	2	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	916,43
S/e túnel 3 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 3 tablero general	347,0	15	2	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	549,86
S/e túnel 3 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 3 tablero general	27,8	15	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	55,82

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
S/e túnel 3 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 3 tablero transferencia	312,3	40	2	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	1187,69

Tabla 74. Pérdida de energía ITS Túnel 3.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	.Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 3 tablero ITS	Desde la s/e túnel 3 tablero ITS hasta el tablero general	17,2	10	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	14,30
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	2,5	410	1	2#8F+1#8T	2,56	9,83
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	2,5	125	1	2#14F+1#14T	10,2	11,94
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga cam 1009- bcp 1004	Desde la carga cam 1009- bcp 1004 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	170	1	1#6F+1#6N+1#10T	1,61	13,69
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga cam 1112- bcp 1105	Desde la carga cam 1112- bcp 1105 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	325	1	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	16,58
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga sos 1105- bc1 1102	Desde la carga sos 1105- bc1 1102 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	390	1	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	19,89
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga dom 1006- apw 1003	Desde la carga dom 1006- apw 1003 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	95	1	1#10F+1#10N+1#10T	3,9	18,53

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	.Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga dom 1107- bc 1106	Desde la carga dom 1107- bc 1106 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	400	1	1#2F+1#2N+1#6T	0,62	12,40
S/e túnel 3 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1102)	Desde el gabinete exterior (s/e rack 1102) hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	16,7	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	55,00

Tabla 75. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3.

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 3		166,4	10	1	2(3#4/0F+1#4/0N) +1#4T	0,203	84,3
1LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	13,5	437	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	147,5
2LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	12,5	253	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	121,1
3LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	13,5	425	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	143,5
4LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	12,5	241	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	115,4
5LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	11,5	429	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	106,4
6LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	11,5	417	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	103,4

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
7LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	14,4	408	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	158,1
8LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	15,4	272	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	197,3
9LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	14,4	407	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	157,7
10LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	15,4	252	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	111,1
11LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	8,7	389	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	89,3
12LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	8,7	377	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	86,5
13LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado izquierdo	1,15	273	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	4,2
14LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado derecho	1,15	261	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	4,0
15LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	1,09	387	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	5,4
16LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	1,24	397	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	7,2
17LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	1,17	473	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	12,7
18LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	1,17	461	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	12,4
19LT3 - 7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w norte	3,71	741	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	31,2
20LT3 - 7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w sur	3,71	431	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	28,6

Tabla 76. Pérdida de energía Túnel 4 cuarto técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I_2)xR xL$ (W) $p=(3/2)x(I_2)xR xL$ (W) $p=(2)x(I_2)xR xL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 4 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 4 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	47,47
S/e túnel 4 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	3,1	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	2,96
S/e túnel 4 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	1,0	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,31
S/e túnel 4 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	13,5	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	36,09
S/e túnel 4 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	10,0	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	19,80
S/e túnel 4 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	5,0	15	1	2#12F+1#12T	6,6	3,71
S/e túnel 4 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	8,3		1			0,00
S/e túnel 4 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	15,0	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	44,55
S/e túnel 4 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 4 tablero transferencia	249,8	25	2	2(3#2/0F+1#2/0N)+1#4T	0,33	772,29
S/e túnel 4 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 4 tablero general	249,8	15	2	2(3#2/0F+1#2/0N)+1#4T	0,33	463,38
S/e túnel 4 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 4 tablero general	27,8	15	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	55,82
S/e túnel 4 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 4 tablero transferencia	312,3	40	2	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	1187,69

Tabla 77. Pérdida de energía ITS Túnel 4.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 4 tablero ITS	Desde la s/e túnel 4 tablero ITS hasta el tablero general	13,9	10	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	9,30
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	2,5	40	1	2#14F+1#14T	10,2	3,82
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	2,5	220	1	2#10F+1#10T	3,9	8,03
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga cam 1023- bcp 1008	Desde la carga cam 1023- bcp 1008 hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	5,0	220	1	1#6F+1#6N+1#10T	1,61	17,71
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga cam 1118- bc1	Desde la carga cam 1118- bc1 hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	5,0	95	1	1#10F+1#10N+1#10T	3,9	18,53
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	5,0	140	1	1#8F+1#8N+1#12T	2,56	17,92
S/e túnel 4 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1103)	Desde la gabinete exterior (s/e rack 1103) hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	16,7	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	55,00

Tabla 78. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4.

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 4		133,2	10	1	3#2/0F+1#2/0N+1#6T	0,33	175,7
1LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	9,6	116	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	82,5

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
2LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	9,6	221	1	3#6F+1#6N+1#8T	1,61	98,8
3LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	9,6	104	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	112,7
4LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	9,6	209	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	93,5
5LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	10,6	216	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	116,9
6LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	10,6	198	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	107,1
7LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	11,5	131	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	134,1
8LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	12,5	223	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	106,8
9LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	11,5	119	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	121,9
10LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	12,5	211	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	101,0

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
11LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	7,7	205	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	93,3
12LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	7,7	193	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	87,8
13LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	0,6	185	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	0,8
14LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	0,8	218	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	1,5
15LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	0,6	242	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	1,9
16LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	0,6	230	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	1,8
17LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	3,7	354	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	37,4
18LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	3,7	531	1	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	35,3

Tabla 79. Pérdida de energía Túnel 5 cuarto técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 5 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 5 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	47,47
S/e túnel 5 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	3,1	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	2,96

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/A COMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
S/e túnel 5 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	1,0	15	1	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,31
S/e túnel 5 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	13,5	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	36,09
S/e túnel 5 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	10,0	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	19,80
S/e túnel 5 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	5,0	15	1	2#12F+1#12T	6,6	3,71
S/e túnel 5 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	8,3		1			0,00
S/e túnel 5 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	15,0	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	44,55
S/e túnel 5 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 5 tablero transferencia	347,0	25	2	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	916,43
S/e túnel 5 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 5 tablero general	347,0	15	2	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	549,86
S/e túnel 5 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 5 tablero general	27,8	15	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	88,76
S/e túnel 5 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 5 tablero transferencia	312,3	40	2	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	1187,69

Tabla 80. Pérdida de energía ITS Túnel 5.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/A COMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
Tablero general	S/e túnel 5 tablero ITS	Desde la s/e túnel 5 tablero ITS hasta el tablero general	15,5	15	1	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	27,83

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/A COMETIDA	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
							R (ohm/km)	$p=3x(I_2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I_2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I_2)xRxL$ (W)
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	2,5	35	1	2#12F+1#12T	6,6	2,16
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	2,5	420	1	2#10F+1#10T	3,9	15,33
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga cam 1023- bcp 1008	Desde la carga cam 1023- bcp 1008 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	150	1	1#8F+1#8N+1#10T	2,56	19,20
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga cam 1118- bc1 1104	Desde la carga cam 1118- bc1 1104 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	378	1	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	19,28
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga cam 1120- bcp 1107	Desde la carga cam 1120- bcp 1107 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	305	1	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	15,56
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga domo 1112- apw 1105- bcp 1109	Desde la carga domo 1112- apw 1105- bcp 1109 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	96	1	1#10F+1#10N+1#10T	3,9	18,72
S/e túnel 5 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1004)	Desde el gabinete exterior (s/e rack 1004) hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	14,4	15	1	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	41,25

Tabla 81. Pérdida de energía TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5.

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I_2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I_2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I_2)xRxL$ (W)
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 5		170,2	10	1	3#4/0F+1#4/0N+1#2T	0,203	176,5
1LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	14,4	181	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	115,4
2LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	14,4	398	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	154,2

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
3LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	14,4	191	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	121,8
4LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	14,4	393	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	152,3
5LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	11,5	384	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	95,2
6LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	11,5	384	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	95,2
7LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	15,4	192	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	139,3
8LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	15,4	374	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	164,9
9LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	15,4	192	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	139,3
10LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	15,4	374	1	3#2F+1#2N+1#6T	0,62	164,9
11LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	7,7	380	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	68,9
12LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	7,7	380	1	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	68,9
13LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado izquierdo	3,45	243	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	33,8
14LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado derecho	3,45	255	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	35,5

# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I Carga (A)	L (m)	Np	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN	
						R (ohm/km)	$p=3x(I2)xRxL$ (W) $p=(3/2)x(I2)xRxL$ (W) $p=(2)x(I2)xRxL$ (W)
15LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado izquierdo	1,40	398	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	9,1
16LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado derecho	1,40	386	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	8,8
17LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado izquierdo	1,37	456	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	17,0
18LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado derecho	1,37	451	1	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	16,9
19LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Sepialed II 150 w: circuito luminaria exterior norte	3,71	316	1	3#8F+1#8N+1#12T	2,56	33,4
20LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Sepialed II 150 w: circuito luminaria exterior sur	0,93	463	1	3#10F+1#10N+1#10T	3,9	4,7

5.17 Cálculos de Regulación

La regulación de tensión se calcula sobre la sección económica, a continuación, se presenta la tabla con los resultados.

Tabla 82. Regulación Túnel 2 Cuarto Técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 2 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 2 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,61		0,61
S/e túnel 2 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	3,1	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,72	1,33
S/e túnel 2 tablero	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 2	1,0	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,23	0,84

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
SSAA		tablero SSAA									
S/e túnel 2 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	13,5	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,04	2,65
S/e túnel 2 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	10,0	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	1,51	2,12
S/e túnel 2 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	5,0	15	2#12F+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	0,44	1,04
S/e túnel 2 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	8,3	0				0,00	0,61	0,00	0,61
S/e túnel 2 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 2 tablero SSAA	15,0	15	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,26	2,87
S/e túnel 2 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 2 tablero transferencia	347,0	25	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	0,167	0,26		1,07	1,07
S/e túnel 2 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 2 tablero general	347,0	15	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	0,167	0,26		0,64	0,64
S/e túnel 2 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 2 tablero general	27,8	15	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	0,197	1,00		0,40	0,40
S/e túnel 2 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 2 tablero transferencia	312,3	40	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	0,167	0,26		1,54	1,54

Tabla 83. Regulación ITS Túnel 2.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg1 (%)	Vreg2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 2 tablero ITS	Desde la s/e túnel 2 tablero ITS hasta el	22,2	10	3#4F+1#4N+1#8T	1,02	0,197	1,00	0,19		0,19

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg1 (%)	Vreg2 (%)	Vreg Acum
		tablero general									
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	2,5	55	2#14F+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,19	1,23	1,41
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	2,5	335	2#10F+1#10T	3,9	0,207	3,60	0,19	2,90	3,08
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga cam 1002- bc1 1001	Desde la carga cam 1002- bc1 1001 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	5,0	240	1#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,21	1,54	0,19	3,08	3,27
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga cam 1105- bcp 1102	Desde la carga cam 1105- bcp 1102 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	5,0	140	1#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,19	2,80	2,98
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga dom 1004- bcp 1003	Desde la carga dom 1004- bcp 1003 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	5,0	95	1#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,19	1,90	2,08
S/e túnel 2 tablero ITS	Carga dom 1103- pmvf 1101- smp 1101	Desde la carga dom 1103- pmvf 1101- smp 1101 hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	12,5	420	2#2F+1#2N+1#6T	0,62	0,187	0,64	0,19	3,23	3,42
S/e túnel 2 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1101)	Desde el gabinete exterior (s/e rack 1101) hasta el s/e túnel 2 tablero ITS	16,7	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,19	2,52	2,70

Tabla 84. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 2.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG ACUM (%)
T2 0008	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 2		163,6	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#4T	0,17
	1LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	12,5	3#6F+1#6N+1#10T	2,86
	2LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,25

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG ACUM (%)
	3LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	12,5	3#6F+1#6N+1#10T	2,66
	4LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,25
	5LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	11,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,11
	6LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	11,5	3#4F+1#4N+1#8T	3,03
	7LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	14,4	3#6F+1#6N+1#10T	3,02
	8LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	2,76
	9LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	14,4	3#6F+1#6N+1#10T	2,83
	10LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	2,66
	11LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	9,6	3#4F+1#4N+1#8T	2,69
	12LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w	9,6	3#4F+1#4N+1#8T	2,61
	13LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	1,1	3#10F+1#10N+1#10T	1,06
	14LT2 - 8	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	1,1	3#10F+1#10N+1#10T	1,02
	15LT2 - 8	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	1,0	3#12F+1#12N+1#12T	1,43
	16LT2 - 8	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	1,0	3#12F+1#12N+1#12T	2,02
	17LT2 - 8	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	3,7	3#8F+1#8N+1#10T	2,95
	18LT2 - 8	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	3,7	3#6F+1#6N+1#10T	3,16

Tabla 85. Regulación Túnel 3 Cuarto Técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
Tablero	S/e túnel 3	Desde la s/e túnel 3 tablero	20,3	15	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,61		0,61

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
general	tablero SSAA	SSAA hasta el tablero general									
S/e túnel 3 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	3,1	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,72	1,33
S/e túnel 3 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	1,0	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,23	0,84
S/e túnel 3 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	13,5	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,04	2,65
S/e túnel 3 tablero SSAA	Tomacorriente e arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	10,0	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	1,51	2,12
S/e túnel 3 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	5,0	15	2#12F+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	0,44	1,04
S/e túnel 3 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	8,3	0				0,00	0,61	0,00	0,61
S/e túnel 3 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 3 tablero SSAA	15,0	15	3#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,26	2,87
S/e túnel 3 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 3 tablero transferencia	347,0	25	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	0,167	0,26		1,07	1,07
S/e túnel 3 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 3 tablero general	347,0	15	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	0,167	0,26		0,64	0,64
S/e túnel 3 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 3 tablero general	27,8	15	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,210	1,54		0,62	0,62
S/e túnel 3 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 3 tablero transferencia	312,3	40	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	0,167	0,26		1,54	1,54

Tabla 86. Regulación ITS Túnel 3.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/A COMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg1 (%)	Vreg2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 3 tablero ITS	Desde la s/e túnel 3 tablero ITS hasta el tablero general	17,2	10	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,21	1,54	0,22		0,22
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	2,5	410	2#8F+1#8T	2,56	0,213	2,40	0,22	2,36	2,58
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	2,5	125	2#14F+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,22	2,79	3,01
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga cam 1009- bcp 1004	Desde la carga cam 1009- bcp 1004 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	170	1#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,21	1,54	0,22	2,18	2,40
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga cam 1112- bcp 1105	Desde la carga cam 1112- bcp 1105 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	325	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	0,197	1,00	0,22	2,72	2,94
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga sos 1105- bc1 1102	Desde la carga sos 1105- bc1 1102 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	390	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	0,197	1,00	0,22	3,27	3,49
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga dom 1006- apw 1003	Desde la carga dom 1006- apw 1003 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	95	1#10F+1#10N+1#10T	3,9	0,207	3,60	0,22	2,85	3,07
S/e túnel 3 tablero ITS	Carga dom 1107- bc 1106	Desde la carga dom 1107- bc 1106 hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	5,0	400	1#2F+1#2N+1#6T	0,62	0,187	0,64	0,22	2,13	2,36
S/e túnel 3 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1102)	Desde el gabinete exterior (s/e rack 1102) hasta el s/e túnel 3 tablero ITS	16,7	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,22	2,52	2,74

Tabla 87. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 3.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	C39	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)
T3 0007	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 3			166,4	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#4T	0,18
	1LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		13,5	3#2F+1#2N+1#6T	3,26
	2LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		12,5	3#4F+1#4N+1#8T	2,76
	3LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		13,5	3#2F+1#2N+1#6T	3,17
	4LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		12,5	3#4F+1#4N+1#8T	2,63
	5LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		11,5	3#2F+1#2N+1#6T	2,74
	6LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		11,5	3#2F+1#2N+1#6T	2,67
	7LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		14,4	3#2F+1#2N+1#6T	3,27
	8LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		15,4	3#4F+1#4N+1#8T	3,64
	9LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		14,4	3#2F+1#2N+1#6T	3,26
	10LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		15,4	3#2F+1#2N+1#6T	2,21
	11LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		8,7	3#4F+1#4N+1#8T	2,79
	12LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w		8,7	3#4F+1#4N+1#8T	2,65
	13LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado izquierdo		1,15	3#10F+1#10N+1#10T	0,95
	14LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w zona transición lado derecho		1,15	3#10F+1#10N+1#10T	0,91
	15LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo		1,09	3#10F+1#10N+1#10T	1,27
	16LT3 - 7	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo		1,24	3#10F+1#10N+1#10T	1,49
	17LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo		1,17	3#12F+1#12N+1#12T	2,78
	18LT3 - 7	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho		1,17	3#12F+1#12N+1#12T	2,71
	19LT3 - 7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w norte		3,71	3#4F+1#4N+1#8T	2,50
	20LT3 - 7	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w sur		3,71	3#6F+1#6N+1#10T	2,25

Tabla 88. Regulación túnel 4 Cuarto Técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 4 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 4 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,61		0,61
S/e túnel 4 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	3,1	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,72	1,33
S/e túnel 4 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	1,0	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,23	0,84
S/e túnel 4 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	13,5	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,04	2,65
S/e túnel 4 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	10,0	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	1,51	2,12
S/e túnel 4 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	5,0	15	2#12F+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	0,44	1,04
S/e túnel 4 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	8,3					0,00	0,61	0,00	0,61
S/e túnel 4 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 4 tablero SSAA	15,0	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,26	2,87
S/e túnel 4 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 4 tablero transferencia	249,8	25	2(3#2/0F+1#2/0N)+1#4 T	0,33	0,177	0,37		1,13	1,13
S/e túnel 4 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 4 tablero general	249,8	15	2(3#2/0F+1#2/0N)+1#4 T	0,33	0,177	0,37		0,68	0,68
S/e túnel 4 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 4 tablero general	27,8	15	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,210	1,54		0,62	0,62
S/e túnel 4 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 4 tablero transferencia	312,3	40	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	0,167	0,26		1,54	1,54

Tabla 89. Regulación ITS Túnel 4.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg1 (%)	Vreg2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 4 tablero ITS	Desde la s/e túnel 4 tablero ITS hasta el tablero general	13,9	10	3#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,21	1,54	0,18		0,18
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	2,5	40	2#14F+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,18	0,89	1,07
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	2,5	220	2#10F+1#10T	3,9	0,207	3,60	0,18	1,90	2,08
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga cam 1023- bcp 1008	Desde la carga cam 1023- bcp 1008 hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	5,0	220	1#6F+1#6N+1#10T	1,61	0,21	1,54	0,18	2,83	3,00
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga cam 1118- bc1	Desde la carga cam 1118- bc1 hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	5,0	95	1#10F+1#10N+1#10T	3,9	0,207	3,60	0,18	2,85	3,03
S/e túnel 4 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	5,0	140	1#8F+1#8N+1#12T	2,56	0,213	2,40	0,18	2,80	2,98
S/e túnel 4 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1103)	Desde la gabinete exterior (s/e rack 1103) hasta el s/e túnel 4 tablero ITS	16,7	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,18	2,52	2,69

Tabla 90. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 4.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)
T4 0006		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 4	133,2	3#2/0F+1#2/0N+1#6T	0,28
	1LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	9,6	3#8F+1#8N+1#10T	2,31
	2LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	9,6	3#6F+1#6N+1#8T	2,82

TABLERO	#	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu	VREG
	3LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	9,6	3#10F+1#10N+1#10T	3,09
	4LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	9,6	3#6F+1#6N+1#10T	2,67
	5LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	10,6	3#6F+1#6N+1#10T	3,03
	6LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	10,6	3#6F+1#6N+1#10T	2,78
	7LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	11,5	3#8F+1#8N+1#10T	3,12
	8LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	2,45
	9LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	11,5	3#8F+1#8N+1#10T	2,85
	10LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	12,5	3#4F+1#4N+1#8T	2,32
	11LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	7,7	3#8F+1#8N+1#10T	3,22
	12LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	7,7	3#8F+1#8N+1#10T	3,04
	13LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado izquierdo	0,6	3#10F+1#10N+1#10T	0,35
	14LT4 - 6	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w escenario noche lado derecho	0,8	3#10F+1#10N+1#10T	0,51
	15LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado izquierdo	0,6	3#12F+1#12N+1#12T	0,77
	16LT4 - 6	Salida trifásica iluminación emergencia Spicaled 13w lado derecho	0,6	3#12F+1#12N+1#12T	0,73
	17LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado fin túnel	3,7	3#8F+1#8N+1#10T	2,82
	18LT4 - 6	Salida trifásica iluminación exterior Sepialed II 150 w lado inicio túnel	3,7	3#6F+1#6N+1#10T	2,73

Tabla 91. Regulación Túnel 5 Cuarto Técnico.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 5 tablero SSAA	Desde la s/e túnel 5 tablero SSAA hasta el tablero general	20,3	15	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,61		0,61

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg 1 (%)	Vreg 2 (%)	Vreg Acum
S/e túnel 5 tablero SSAA	Luminaria hermética led	Desde la luminaria hermética led hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	3,1	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,72	1,33
S/e túnel 5 tablero SSAA	Luminaria de emergencia	Desde la luminaria de emergencia hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	1,0	15	1#14F+1#14N+1#14T	10,2	0,240	9,29	0,61	0,23	0,84
S/e túnel 5 tablero SSAA	Tomacorrientes sencillos	Desde la tomacorrientes sencillos hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	13,5	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,04	2,65
S/e túnel 5 tablero SSAA	Tomacorriente arrancador	Desde la tomacorriente arrancador hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	10,0	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	1,51	2,12
S/e túnel 5 tablero SSAA	Tomacorriente precalentador	Desde la tomacorriente precalentador hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	5,0	15	2#12F+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	0,44	1,04
S/e túnel 5 tablero SSAA	Reserva no equipada	Desde la reserva no equipada hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	8,3					0,00	0,61	0,00	0,61
S/e túnel 5 tablero SSAA	Aire acondicionado	Desde la aire acondicionado hasta el s/e túnel 5 tablero SSAA	15,0	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,61	2,26	2,87
S/e túnel 5 tablero transferencia	Grupo electrógeno	Desde la grupo electrógeno hasta el s/e túnel 5 tablero transferencia	347,0	25	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	0,167	0,26		1,07	1,07
S/e túnel 5 tablero general	Transferencia	Desde el transferencia hasta el s/e túnel 5 tablero general	347,0	15	2(3#4/0F+1#4/0N)+1#2T	0,203	0,167	0,26		0,64	0,64
S/e túnel 5 tablero general	Ups	Desde la ups hasta el s/e túnel 5 tablero general	27,8	15	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40		0,96	0,96
S/e túnel 5 tablero transferencia	Barraje secundario	Desde la barraje secundario hasta el s/e túnel 5 tablero transferencia	312,3	40	2(3#4/0F+1#4/0N)	0,203	0,167	0,26		1,54	1,54

Tabla 92. Regulación ITS Túnel 5.

ORIGEN	DESTINO	ALIMENTADOR/ ACOMETIDA	I Carga (A)	L (m)	SEC TÉCNICA (AWG/kcmil) Cu	CONSTANTES DE REGULACIÓN			REGULACIÓN DE TENSIÓN ACUMULADA (%)		
						R (ohm/km)	X(ohm/km)	Zc (ohm/km)	Vreg1 (%)	Vreg2 (%)	Vreg Acum
Tablero general	S/e túnel 5 tablero ITS	Desde la s/e túnel 5 tablero ITS hasta el tablero general	15,5	15	3#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,47		0,47
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	2,5	35	2#12F+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,47	0,51	0,97
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga asp - vel - asp	Desde la carga asp - vel - asp hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	2,5	420	2#10F+1#10T	3,9	0,207	3,60	0,47	3,63	4,10
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga cam 1023- bcp 1008	Desde la carga cam 1023- bcp 1008 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	150	1#8F+1#8N+1#10T	2,56	0,213	2,40	0,47	3,00	3,46
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga cam 1118- bc1 1104	Desde la carga cam 1118- bc1 1104 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	378	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	0,197	1,00	0,47	3,16	3,63
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga cam 1120- bcp 1107	Desde la carga cam 1120- bcp 1107 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	305	1#4F+1#4N+1#8T	1,02	0,197	1,00	0,47	2,55	3,02
S/e túnel 5 tablero ITS	Carga domo 1112- apw 1105- bcp 1109	Desde la carga domo 1112- apw 1105- bcp 1109 hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	5,0	96	1#10F+1#10N+1#10T	3,9	0,207	3,60	0,47	2,88	3,35
S/e túnel 5 tablero ITS	Gabinete exterior (s/e rack 1004)	Desde el gabinete exterior (s/e rack 1004) hasta el s/e túnel 5 tablero ITS	14,4	15	1#12F+1#12N+1#12T	6,6	0,223	6,04	0,47	2,18	2,64

Tabla 93. Regulación TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN Túnel 5.

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)
T5 0005	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ILUMINACIÓN TÚNEL 5		170,2	3#4/0F+1#4/0N+1#2T	0,36
	1LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo arriba	14,4	3#4F+1#4N+1#8T	2,31
	2LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado izquierdo abajo	14,4	3#2F+1#2N+1#6T	3,19
	3LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho arriba	14,4	3#4F+1#4N+1#8T	2,44
	4LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y nublado, mitad lado derecho abajo	14,4	3#2F+1#2N+1#6T	3,15
	5LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado izquierdo	11,5	3#2F+1#2N+1#6T	2,47
	6LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y nublado, lado derecho	11,5	3#2F+1#2N+1#6T	2,47
	7LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo arriba	15,4	3#4F+1#4N+1#8T	2,61
	8LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado izquierdo abajo	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	3,21
	9LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho arriba	15,4	3#4F+1#4N+1#8T	2,61
	10LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (off) en crepuscular y (on) en nublado, mitad lado derecho abajo	15,4	3#2F+1#2N+1#6T	3,21
	11LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado izquierdo	7,7	3#4F+1#4N+1#8T	2,52
	12LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 312w: circuito (on) en crepuscular y (off) en nublado, lado derecho	7,7	3#4F+1#4N+1#8T	2,52
	13LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado izquierdo	3,45	3#10F+1#10N+1#10T	2,54
	14LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 186w: circuito luminaria zona transición 2 lado derecho	3,45	3#10F+1#10N+1#10T	2,67
	15LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado izquierdo	1,40	3#10F+1#10N+1#10T	1,68
	16LT5 - 5	Salida trifásica luminaria Quasarled 50w: circuito estado noche lado derecho	1,40	3#10F+1#10N+1#10T	1,63

TABLERO	# CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO Y/O TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	I (A)*	SECCIÓN TÉCNICA (AWG Cu THWN)*	VREG (%)
	17LT5 - 5	Salida trifásica luminaria spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado izquierdo	1,37	3#12F+1#12N+1#12T	3,16
	18LT5 - 5	Salida trifásica luminaria spicaled 13 w: circuito luminaria emergencia lado derecho	1,37	3#12F+1#12N+1#12T	3,13
	19LT5 - 5	Salida trifásica luminaria sepialed ii 150 w: circuito luminaria exterior norte	3,71	3#8F+1#8N+1#12T	2,54
	20LT5 - 5	Salida trifásica luminaria sepialed ii 150 w: circuito luminaria exterior sur	0,93	3#10F+1#10N+1#10T	1,34

5.18 Especificaciones de construcción, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales, y sus condiciones particulares

Alcance: Los lineamientos generales tienen por objeto describir todos los aspectos que paralelamente con las especificaciones técnicas se deben desarrollar para lograr la calidad exigida por el contratante.

Por lo tanto, los lineamientos generales hacen parte integral del manual de especificaciones y su cumplimiento es de carácter obligatorio.

Obligaciones del contratista: Será obligación primordial del contratista ejecutar los trabajos estrictamente contratados de acuerdo con los planos, anexos y especificaciones aprobados, además deberá presentar muestras de los materiales a utilizar a la interventoría para su aceptación, los cuales serán totalmente nuevos, de la mejor marca y que cumplan con los requisitos y

especificaciones requeridas. En ningún caso se aceptará reclamos por desconocimiento de alguno de estos parámetros.

Normatividad: Todas las especificaciones, al igual que la normatividad técnica constructiva nacional e internacional, si no se contradicen, serán exigidas por el contratante. En el caso de que haya contradicción entre la norma internacional con la norma nacional, primará la norma nacional. En el caso de que haya contradicción entre la norma nacional y la especificación general o particular, primará la norma nacional. En el caso de que haya contradicción entre la especificación general con la especificación particular, primarán los aspectos señalados en la especificación particular, si ésta no va en detrimento de los parámetros técnicos señalados en la especificación general.

El interventor será la primera persona que dirimirá cualquier inconsistencia, si él no pudiere solucionarlas, recurrirá a un representante idóneo por parte del contratante, el cual determinará los parámetros que se deben seguir.

Manejo ambiental: Todos los procesos constructivos o actividades que influyen de alguna manera sobre el medio ambiente se enmarcarán dentro de las leyes vigentes para este manejo, con el objeto de minimizar el impacto producido sobre la naturaleza, la salud de las personas, los animales, los vegetales y su correlación, de tal forma que se oriente todo el proceso a la protección, la conservación y el mejoramiento del entorno humano y biológico, tanto en las áreas objeto del contrato como de las zonas adyacentes al mismo.

Seguridad industrial: El contratista acatará las disposiciones legales vigentes relacionadas con la seguridad del personal que labora en las obras y del público que directa o indirectamente pueda afectarse por la ejecución de estas, acatando la resolución 02413 del 22 de mayo de 1979 del Ministerio del trabajo y seguridad social, por el cual se dicta el reglamento de higiene y seguridad para la industria de la construcción.

Régimen de seguridad social: El contratista estará obligado de afiliar a cada uno de sus trabajadores, tanto directos como indirectos (por subcontratos que haya celebrado con otras personas) al sistema general de seguridad social en salud, al sistema general de riesgos profesionales según la ley 50 de 1993 y al sistema general de pensiones según la ley 100 de 1993, afiliación que debe realizarse a una EPS (entidad promotora de salud) y a un Fondo de Pensiones

debidamente autorizados por el gobierno colombiano.

El contratista hará los aportes necesarios a estas entidades para que dicha afiliación esté vigente durante todo el tiempo de ejecución de la obra. Sin las afiliaciones anteriores, ningún trabajador puede ingresar a la obra y mes a mes la interventoría llevará un control de planillas de pago.

Materiales y productos: Donde se especifique un material o producto por una marca en particular, debe entenderse siempre que se trata de una orientación al contratista para adquirir la referencia de la misma calidad, en ningún momento se podrá reemplazar por un producto o material distinto, sin aprobación de la interventoría.

Medida, cuantificación y pago: El interventor medirá físicamente en obra y en presencia del contratista todas las labores realmente ejecutadas, siempre y cuando el interventor las haya recibido a total satisfacción, es decir que cumpla con cada una de las características que se señalan en las especificaciones generales, particulares, planos, detalles y normatividad, además de las directrices que se enmarcan en el contrato.

El proceso de cuantificación para pagos de mano de obra y subcontratos también se podrá hacer sobre planos. El uso de la unidad será de carácter obligatorio en todos los procesos de cuantificación, presupuesto, contratación y liquidación.

Planos record, manuales, bitácora de obra: El contratista deberá mantener al día juegos de planos con las modificaciones hechas en obra. Al final de la obra el contratista tendrá la obligación

de suministrar al contratante los planos récord, manuales y la bitácora de obra, de las labores realmente ejecutadas, indicando los cambios sobre el diseño inicial o anotaciones constructivas previa aprobación del interventor. Estos documentos se entregarán en original y copia (en lo posible magnética) a la dependencia competente. Sin este requisito no se firmará el Acta Final de Recibo de Obra a Satisfacción. El valor de esta actividad será asumido por el constructor dentro de sus costos administrativos.

Personal de obra: El personal que se emplee para la ejecución de los diferentes trabajos debe ser responsable, idóneo, poseer la suficiente práctica y los conocimientos para que sus trabajos sean aceptados por la interventoría. El contratista se responsabiliza por cualquier obra mal ejecutada o que se construya en contra de las normas de estabilidad y calidad. Esto quiere decir que las demoliciones, reparaciones y/o reconstrucciones de obras mal ejecutadas, serán pagadas por cuenta del contratista.

Subcontratistas: Los subcontratistas que se empleen para la ejecución de los diferentes trabajos deben ser responsables, idóneos, poseer la suficiente experiencia y los conocimientos para que sus trabajos sean aceptados por la interventoría. El contratista se responsabilizará por cualquier obra mal ejecutada por el subcontratista o que construya en contra de las normas de estabilidad y calidad.

El cumplimiento de las especificaciones generales y particulares se extiende a los subcontratistas, por lo tanto, deberán quedar estipuladas en las cláusulas de los subcontratos.

Tabla 94. Especificaciones técnicas de tableros generales.

ITEM 1.1	Suministro e instalación de tablero general para túneles de mar2	
1. UNIDAD DE MEDIDA	UN (UNIDAD)	
2. DESCRIPCIÓN Los tableros de distribución deberán ser aptos y construirse de acuerdo con los estándares vigentes nacional e internacionales.		
3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Se deberá solicitar al tablerista el diagrama mecánico y unificar de los tableros de fabricación especial. Con ellos se validarán espacios y dimensiones de cárcamos y bases para los tableros. • Al momento de recibir el tablero se deberán validar según diagrama unificar; al tablero deberán realizarse las pruebas de funcionamiento en fábrica antes de ser entregados en obra; adicionalmente el respectivo certificado de conformidad RETIE, esta información deberá ser validada previamente por la interventoría. • El cárcamo y base para el tablero deberá ejecutarse con anterioridad a la instalación del tablero. • Fijar el tablero debidamente tanto a la base como a la pared. • Identificar y almacenar llaves de cada tablero. 		
4. TOLERANCIAS PARA ACEPTACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • El tablero deberá contar con el certificado de conformidad de producto RETIE. 		
5. ENSAYOS A REALIZAR <ul style="list-style-type: none"> • Continuidad Aislamiento 		
6. MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> • Tablero general de distribución para túneles mar2 descripción general (T14) • Ancla multiuso RL-38 $\varnothing 3/8$" x 2" 		
7. EQUIPO <ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor de construcción. 		
8. DESPERDICIOS Incluidos <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		9. MANO DE OBRA Incluida <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
10. REFERENCIAS Y OTRAS ESPECIFICACIONES		
11. MEDIDA Y FORMA DE PAGO Se medirá y pagará por unidad (UN) debidamente ejecutado y recibido a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Materiales descritos en el numeral 6. • Equipos y herramientas descritos en el numeral 7. • Mano de obra. • Transportes dentro y fuera de la obra. • Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra. • Demolición y remoción del campamento al final de la obra 		
12. NO CONFORMIDAD En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.		

Tabla 95. Especificaciones de cables de libres halógenos.

ITEM 1.3		Suministro e instalación de cables tipo thwn-2 libre de halógeno para alimentación de circuitos y acometidas para equipos electrónicos o tableros.	
1. UNIDAD DE MEDIDA		ML (METRO LINEAL)	
2. DESCRIPCIÓN			
Esta actividad corresponde al suministro e instalación de alimentadores eléctricos; se deberán emplear métodos de instalación certificados, materiales de calidad y con el respectivo certificado de conformidad de producto.			
3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Se debe previamente tener toda la infraestructura construida. • Realizar medida del alimentador eléctrico; se deberán tener en cuenta tolerancias, subidas y bajadas durante el trazado. • Cortar el cable e identificarlo según el código de colores. • Tender el cable y fijarlo adecuadamente con amarres a las bandejas porta cables; en cajas de paso cada parcial debe estar debidamente rotulada e identificada. • La conexión del alimentador eléctrico deberá realizar con bornas del calibre adecuado y estas deben quedar protegidas e identificadas con termoencogible del calibre apropiado para cada alimentador. 			
4. TOLERANCIAS PARA ACEPTACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La instalación deberá cumplir con el RETIE y NTC2050 segunda actualización, normas del operador de red local, sanitarias y de seguridad. 			
5. ENSAYOS A REALIZAR			
<ul style="list-style-type: none"> • Medida de continuidad. • Prueba de aislamiento. 			
6. MATERIALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Cable de cobre aislado #10 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #12 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #6 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #8 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #4 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #2 AWG-THHN/THWN Color negro • CABLE 3X#14 XLPE/PE MULTICONDUCTOR • Termoencogible 10mm (3/8") 6-3 AWG • Termoencogible 6mm (7/32") 12-8 AWG • Terminal de ojo cable #10-12 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #6 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #8 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #4 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #2 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #10 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #14 AWG • Bornas terminales estañadas de ojo tipo pala #12 AWG 			
7. EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor de construcción. • Bornadora. 			
8. DESPERDICIOS		9. MANO DE OBRA	
Incluidos <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		Incluida <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
10. REFERENCIAS Y OTRAS ESPECIFICACIONES			
11. MEDIDA Y FORMA DE PAGO			
Se medirá y pagará por metro lineal (ML) debidamente ejecutado y recibido a satisfacción por la residencia de intervectoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:			
<ul style="list-style-type: none"> • Materiales descritos en el numeral 6. • Equipos y herramientas descritos en el numeral 7. • Mano de obra. • Transportes dentro y fuera de la obra. • Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra. • Demolición y remoción del campamento al final de la obra 			
12. NO CONFORMIDAD			
En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.			

Tabla 96. Especificaciones técnicas de cables TWHN-2 normal.

ITEM 1.4		Suministro e instalación de cables tipo thwn-2 para alimentación de circuitos y acometidas para equipos electrónicos o tableros.	
1. UNIDAD DE MEDIDA		ML (METRO LINEAL)	
2. DESCRIPCIÓN			
Esta actividad corresponde al suministro e instalación de alimentadores eléctricos; se deberán emplear métodos de instalación certificados, materiales de calidad y con el respectivo certificado de conformidad de producto.			
3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Se debe previamente tener toda la infraestructura construida. • Realizar medida del alimentador eléctrico; se deberán tener en cuenta tolerancias, subidas y bajadas durante el trazado. • Cortar el cable e identificarlo según el código de colores. • Tender el cable y fijarlo adecuadamente con amarres a las bandejas porta cables; en cajas de paso cada parcial debe estar debidamente rotulada e identificada. • La conexión del alimentador eléctrico deberá realizar con bornas del calibre adecuado y estas deben quedar protegidas e identificadas con termo encogible del calibre apropiado para cada alimentador. 			
4. TOLERANCIAS PARA ACEPTACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La instalación deberá cumplir con el RETIE y NTC2050 segunda actualización, normas del operador de red local, sanitarias y de seguridad. 			
5. ENSAYOS A REALIZAR			
<ul style="list-style-type: none"> • Medida de continuidad. • Prueba de aislamiento. 			
6. MATERIALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Cable de cobre aislado #10 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #12 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #6 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #8 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #4 AWG-THHN/THWN Color negro • Cable de cobre aislado #2 AWG-THHN/THWN Color negro • Termo encogible 10mm (3/8") 6-3 AWG • Termo encogible 16mm (3/8") 6-3 AWG • Termo encogible 6mm (7/32") 12-8 AWG • Terminal de ojo cable #10-12 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #6 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #8 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #4 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #2 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #10 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #14 AWG • Bornal terminal estañada de ojo tipo pala #12 AWG 			
7. EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor de construcción. • Bornadora. 			
8. DESPERDICIOS		9. MANO DE OBRA	
Incluidos Si <input type="checkbox"/> No		Incluida <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
10. REFERENCIAS Y OTRAS ESPECIFICACIONES			
11. MEDIDA Y FORMA DE PAGO			
Se medirá y pagará por metro lineal (ML) debidamente ejecutado y recibido a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:			
<ul style="list-style-type: none"> • Materiales descritos en el numeral 6. • Equipos y herramientas descritos en el numeral 7. • Mano de obra. • Transportes dentro y fuera de la obra. • Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra. • Demolición y remoción del campamento al final de la obra 			
12. NO CONFORMIDAD			
En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.			

Tabla 97. Especificaciones eléctricas de canalizaciones.

ITEM 1.5		Suministro e instalación de canalizaciones de 3" y 4"	
1. UNIDAD DE MEDIDA		ML (METRO LINEAL)	
2. DESCRIPCIÓN			
Esta actividad corresponde al tendido de bancos de ductos para redes eléctricas y de comunicaciones subterráneas.			
3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • El fondo de la zanja debe estar liso con la pendiente correcta hacia una de las cámaras y libre de piedras (preferiblemente colocar una cama de área de 5cm). El relleno debe estar libre de piedras y apisonarse firmemente alrededor del ducto para así desarrollar el máximo de soporta. • En suelos rocosos cuando es imposible obtener un fondo parejo en la zanja, debe nivelarse con una capa de recebo y usar también recebo como material de relleno, compactándolo en capas sucesivas de 10cm máximo, hasta obtener la altura deseada. • Para la colocación de ductos tender una hilera a la vez, manteniendo una separación aproximada de 2,5cm entre tubos y rellenar por capas de 10cm hilada por hilada con material libre de piedras. • La profundidad mínima de instalación de los ductos debe ser de 60cm; en caso de ser superior se debe construir un cárcamo alrededor de la canalización 			
4. TOLERANCIAS PARA ACEPTACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • NA 			
5. ENSAYOS A REALIZAR			
<ul style="list-style-type: none"> • NA 			
6. MATERIALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Ducto telef. Y Electric. liviano EB Ø3" PVC • Campana terminal ducto Ø3" PVC • Arena de peña • Cinta amarilla Ø3" señalización canalización • Relleno con material de la excavación • Ducto telef. Y Electric. pesado DB Ø4" PVC • Campana terminal ducto Ø4" PVC 			
7. EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor de construcción. 			
8. DESPERDICIOS		9. MANO DE OBRA	
Incluidos Si <input type="checkbox"/> No		Incluida <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
10. REFERENCIAS Y OTRAS ESPECIFICACIONES			
11. MEDIDA Y FORMA DE PAGO			
Se medirá y pagará por metro lineal (ML) debidamente ejecutado y recibido a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:			
<ul style="list-style-type: none"> • Materiales descritos en el numeral 6. • Equipos y herramientas descritos en el numeral 7. • Mano de obra. • Transportes dentro y fuera de la obra. • Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra. • Demolición y remoción del campamento al final de la obra 			
12. NO CONFORMIDAD			
En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.			

Tabla 98. Especificaciones eléctricas de bandejas portacables.

ITEM 1.5		Suministro e instalación de bandeja portacables	
1. UNIDAD DE MEDIDA		ML (METRO LINEAL)	
2. DESCRIPCIÓN			
Esta actividad corresponde a la instalación de bandeja portacables de altura.			
3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Se verifica la ruta, debe pre-analizarse la selección y preparación de soportes adecuados a la ruta según esquemas típicos y de especificación entregados por el contratista. Se lleva a cabo el armado de los andamios y la posterior instalación de soportes. Las bandejas se tienden siguiendo las rutas indicadas en los planos. Dichas bandejas portacables se marcan para el sistema de fuerza, control e instrumentación y se transportan. • Se verifica y revisa tanto el estado de cada tramo (libre de estrías, asperezas y soldaduras) como los elementos de empalme y accesorios (curvas etc.) • Se procede con el montaje de las bandejas sobre los soportes, verificando la nivelación. Se adecuan y se aseguran las bandejas, instalando los ramales de esta hasta los equipos o cajas de empalme. • Los tramos de bandejas se fijan a estructuras o soportes por medio de sujetadores diseñados para tal fin. Se debe dejar espacios para permitir el fácil acceso de los cables. • Efectuar las conexiones de puesta a tierra de las bandejas y los puentes entre ellas. Finalmente, cuando esté listo el cableado, se instala las tapas de las bandejas. 			
4. TOLERANCIAS PARA ACEPTACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • NA 			
5. ENSAYOS A REALIZAR			
<ul style="list-style-type: none"> • NA 			
6. MATERIALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de soldadura. • Taladro percutor. • Andamios certificados. • Escaleras. • Herramienta menor 			
7. EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor de construcción. 			
8. DESPERDICIOS		9. MANO DE OBRA	
Incluidos Si <input type="checkbox"/> No		Incluida <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
10. REFERENCIAS Y OTRAS ESPECIFICACIONES			
11. MEDIDA Y FORMA DE PAGO			
Se medirá y pagará por metro lineal (ML) debidamente ejecutado y recibido a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:			
<ul style="list-style-type: none"> • Materiales descritos en el numeral 6. • Equipos y herramientas descritos en el numeral 7. • Mano de obra. • Transportes dentro y fuera de la obra. • Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra. • Demolición y remoción del campamento al final de la obra 			
12. NO CONFORMIDAD			
En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.			

5.19 Distancias de Seguridad Requeridas

Según la normativa NTC 2050 segunda actualización, la tabla 110.26 espacio de trabajo, propone las siguientes distancias de acuerdo a cada condición y tensión del sistema o tablero.

Figura 24. Distancias mínimas de espacio trabajo.

Tensión nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 - 150	0,9 m	0,9 m	0,9 m
151 - 600	0,9 m	1,0 m	1,2 m
601 - 1 000	0,9 m	1,2 m	1,5 m

Fuente: NTC 2050 código eléctrico colombiano segunda actualización

Para este caso particular todos los tableros estarán ubicados en zonas internas, los cuales deberán cumplir con la condición 1,2, y 3 de la norma, mostradas a continuación:

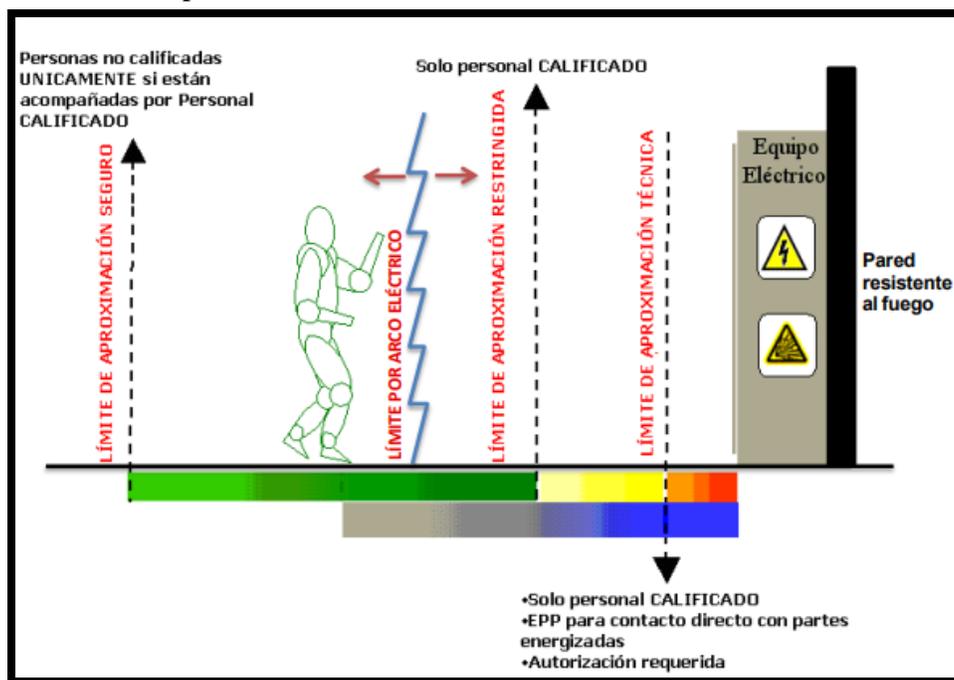
- Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.
- Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.
- Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Por otro lado, se debe cumplir con las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados de la tabla 13.7 y la figura 13.4 del RETIE versión 2013 de acuerdo al nivel de tensión que corresponda para cada equipo, cabe destacar que el área de la subestación y de área técnica solo se permite el ingreso de personal calificado.

Figura 25. Distancia de seguridad para aproximación a equipos energizados.

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V – 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV – 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV – 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV – 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV – 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV – 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV – 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Fuente: RETIE versión 2013. (2023).

Figura 26. Límites de aproximación.

Fuente: RETIE versión 2013. (2023).

5.20 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones Sísmicas, Acústicas, Mecánicas o Térmicas.

5.20.1 Cálculo y Especificación de los Barrajes, Celdas y Tableros de Distribución (Sección MM2).

Los barrajes se calcularon de acuerdo con la norma NTC 3444 siguiendo los criterios.

- Barraje para conductores de fases, al 150% de la corriente nominal
- Barraje para conductor puesto a tierra (neutro), al menos de la misma capacidad que las

barras para los conductores de fase

- Barraje para conductor de puesta a tierra de equipos, según la T250-95 de la NTC2050.
- Se deberá utilizar el siguiente código de colores: Fase A -Amarillo, Fase B -Azul, Fase C - Rojo y Neutro -Blanco o Gris Natural.
- Las barras de ancho mayor a 120mm, se pueden reemplazar por dos de medio ancho.
- Temperatura ambiente máxima 35°C

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las mediciones de resistividad del suelo se tomaron en zonas con aproximaciones a fuentes de humedad, algunas de las zonas estaban intervenidas con material de construcción y materiales no naturales del terreno, los valores obtenidos son una aproximación del terreno general.
- Dadas las condiciones del suelo, se emplea la metodología Box-Cox para tener una mejor aproximación a las condiciones reales del suelo en cuanto a su resistividad.
- Las tensiones de superficie, paso y de contacto calculadas en la subestación, están por debajo de las admisibles.
- La resistencia de puesta a tierra obtenida es de 18,31 Ω .
- El conductor para el SPT es cable de cobre desnudo calibre 1/0 AWG.
- Las varillas son de acero recubiertas de cobre de 5/8" de diámetro y 2,4 m de longitud.
- Los accesorios de unión y fijación son los requeridos según normatividad vigente.
- Las barras equipotenciales de tierra se dimensionan sujetos cambios respecto al número y tipo de conexiones requeridas y al calibre del conductor. La longitud es aproximada acorde a los requerimientos de conexión de las celdas de media tensión con la malla de puesta a tierra.
- La geometría de la malla de puesta a tierra se diseña bajo las dimensiones de las estructuras construidas en el lugar de instalación.
- Los anteriores cálculos realizados cumplen con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) (Resolución 90795 del 25 de Julio de 2014), Manual del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050).
- Los tableros de distribución principales ubicados en las subestaciones eléctricas de potencia y que alimentan los circuitos ITS deberán tener presente el diseño actual para realizar los cambios respectivos en sus equipamientos eléctricos como protecciones, barrajes, cables, transformadores entre otros
- Para este caso particular, la coordinación se hace para los totalizadores del tablero totalizador, el totalizador del tablero general y con el interruptor de mayor potencia para cada caso.
- Verificar y hacer las diferentes pruebas para los tableros, antes de la conexión a red de la energía.
- A modo personal deseo desarrollar y liderar la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras para abordar desafíos específicos en el campo de la ingeniería.

-
- Diseñar e implementar iniciativas que promuevan la sostenibilidad y la eficiencia energética en proyectos de ingeniería, reduciendo el impacto ambiental.
 - Participar activamente en programas de formación continua, obtener certificaciones relevantes y mantenerse actualizada en las últimas tendencias tecnológicas y avances en ingeniería.
 - Identificar e implementar mejoras significativas en procesos de ingeniería, aumentando la eficiencia y la calidad del trabajo realizado.

7. REFERENCIAS

- [1] Norma Colombiana NTC 6001: "Sistemas de Transporte Inteligente (ITS). Conceptos y requisitos generales".
- [2] Norma Técnica Colombiana NTC 5044: "Seguridad Eléctrica en Túneles para el Transporte Vial. Requisitos para el Diseño y la Operación".
- [3] Norma IEEE Std. 80: "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".
- [4] "TunnelTalk" - Plataforma en línea que ofrece información actualizada sobre proyectos de túneles y tecnologías relacionadas. (<https://tunneltalk.com/>)
- [5] "International Journal of Tunneling and Underground Space Technology" - Revista científica que publica investigaciones y desarrollos en el campo de la ingeniería de túneles y espacios subterráneos.
- [6] "Instituto Nacional de Vías (INVIAS)" - El sitio web del INVIAS puede proporcionar información actualizada sobre regulaciones y proyectos de infraestructura vial en Colombia. (<https://www.invias.gov.co/>)
- [7] "Asociación Colombiana de ITS" - La Asociación Colombiana de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) puede ser una fuente valiosa de información sobre normativas y proyectos relacionados con ITS en Colombia.
- [8] "Design of electrical systems for tunnels: A review", por M.A. González-García y J.L. Pérez-Gómez, publicado en el Journal of Tunnelling and Underground Space Technology en 2018.
- [9] "Design of ITS systems for tunnels: A review", por M.A. González-García y J.L. Pérez-Gómez, publicado en el Journal of Intelligent Transportation Systems en 2019.
- [10] "Diseño y construcción del túnel de La Línea, Colombia", por C.A. Jiménez, publicado en la Revista Ingeniería y Desarrollo en 2014.
- [11] "Diseño y construcción del túnel de Guadalupe, Colombia", por J.I. Restrepo, publicado en la Revista Ingeniería y Desarrollo en 2015.