**AMPLIACIÓN EN**

**S/E TEMUCO (NTR ATMT)**

**INFORME TÉCNICO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y CONTENCIÓN DE DERRAMES NUEVO TRANSFORMADOR DE PODER**

**DOCUMENTO N°**

**SZA7007-A-TEM-29-CP-ETEC-0001**

**-**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | |  | | |
| **REV** | **FECHA** | **APROBACIONES** | | | | **EMITIDO PARA** |
| **BBOSCH** | | |  |
| **Por** | **Revisó** | **Aprobó** |  |
| A | 03-01-2025 | R.G.G. | J.S.G | J.L.C |  | REVISIÓN INTERNA |
|  |  |  |  |
| B | 06-01-2025 | R.G.G. | J.S.G | J.L.C |  | REVISIÓN Y COMENTARIOS |
|  |  |  |  |
| 0 | 03-02-2025 | R.G.G. | J.S.G | J.L.C |  | REVISIÓN Y COMENTARIOS |
|  |  |  |  |
| 1 | 24-03-2025 | J.S.G | J.L.C | J.L.C |  | REVISIÓN Y COMENTARIOS |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

[1. INTRODUCCIÓN 3](#_Toc186998453)

[2. OBJETIVO 3](#_Toc186998454)

[3. REFERENCIAS 3](#_Toc186998455)

[3.1. Normativas 3](#_Toc186998456)

[3.2. Fabricantes de Sistemas de Extinción 3](#_Toc186998457)

[3.3. Bomberos de Chile 4](#_Toc186998458)

[3.4. Planos 4](#_Toc186998459)

[4. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO 4](#_Toc186998460)

[5. REQUISITOS NORMATIVOS NACIONALES 4](#_Toc186998461)

[5.1. ETP del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) para el Proyecto 5](#_Toc186998462)

[5.2. Norma Técnica de Seguridad y Calidad del Servicio, diciembre 2019 5](#_Toc186998463)

[5.3. Pliego Técnico Normativo RPTD N°08 Protección contra incendios 5](#_Toc186998464)

[6. REVISIÓN NORMATIVA NFPA RELACIONADA 5](#_Toc186998465)

[6.1. NFPA 15 5](#_Toc186998466)

[6.2. NFPA 750 6](#_Toc186998467)

[6.3. NFPA 850 6](#_Toc186998468)

[7. ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS DE EXTINCIÓN A BASE DE AGUA 7](#_Toc186998469)

[7.1. AQUAMIST® TIPO AM10, DE TYCO 7](#_Toc186998470)

[7.2. Ensayos ejecutados por Securiplex, Inc. 7](#_Toc186998471)

[7.3. Marioff, fabricante de sistemas de extinción contra incendio. 8](#_Toc186998472)

[8. RECOMENDACIONES DE BOMBEROS DE CHILE 8](#_Toc186998473)

[9. EXPERIENCIA ANTERIOR DE TRANSELEC. s/E LAJA 9](#_Toc186998474)

[10. estimación del volumen requerido de acumulación 9](#_Toc186998475)

[11. CONCLUSIONES 12](#_Toc186998476)

Lista de Anexos

[ANEXO A: PLANO DEL TRANSFORMADOR DE PODER AMPLIACIÓN S/E TEMUCO](#_Toc186998477)

ANEXO B: PLANO ESTANQUES DE AGUA PLANTA - AMPLIACIÓN S/E TEMUCO

ANEXO C: PLANO ESTANQUES DE AGUA CORTE AMPLIACIÓN S/E TEMUCO

# INTRODUCCIÓN

En Conformidad con lo establecido en el Decreto Exento N° 171/2020 del Ministerio de Energía, que fija los derechos de construcción de las obras de ampliación del patio de 66 kV de la Subestación Temuco y Propiedad de TRANSELEC S.A., la autoridad ha adjudicado a Bbosch S.A. los siguientes proyectos:

* Ampliación en S/E Temuco Ampliación de Barras – 20\_171\_OA\_37
* Cambio de Interruptor Paño Acoplador en S/E Temuco 66 kV – 20\_171\_OA\_38
* Ampliación en S/E Temuco Nuevo Transformador 66/13,8 kV – 20\_171\_OA\_39

BBosch desarrollará el presente Informe Técnico sobre la base de las normativas nacionales e internacionales del rubro, así como de las recomendaciones de las instituciones pertinentes.

# OBJETIVO

Es exponer y proponer solución una solución a la problemática física de considerar el estanque de almacenamiento de agua para el sistema contra incendio por 2 hrs. (estanque tipo cilindro de 7 Mts de altura), en donde se encuentran líneas de las empresas CGE 66 Kv, Codiner 13,8 Kv.

Imagen que contiene circuito, electrónica, computadora

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

* Se verifican alturas y posibles espacios para el estanque y todos incumple normativa de distancia eléctrica. (ver anexo B y C)
* En las ubicaciones vistas, existe interferencias con otras líneas. (ver anexo B y C)

Por lo anterior se realiza un Informe Técnico que entregue las recomendaciones para el diseño del Sistema de Contención de Derrames asociado al Nuevo Transformador 66/13,8 kV – 20\_171\_OA\_39 en S/E Temuco, considerado como parte del alcance de este proyecto.

# REFERENCIAS

Para la elaboración de esta Informe Técnico se tomaron como fuente de información los siguientes documentos:

## Normativas

1. Especificaciones Técnicas Particulares “Ampliación en S/E Temuco Nuevo Transformador 66/13,8 kV” 20\_171\_OA\_39.
2. Norma Técnica de Seguridad y Calidad del Servicio, versión diciembre 2019.
3. Pliego Técnico Normativo RPTD N°08 Protección contra incendios,10-09-2020
4. NFPA 15 2017 Norma para Sistemas Fijos de Agua Pulverizada para Protección contra Incendios.
5. NFPA 750 2019 Standard on Water Mist Fire Protection System
6. NFPA 850 2015 “Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plant and High Voltage Direct Current Stations.”

## Fabricantes de Sistemas de Extinción

1. Datasheet Boquilla AQUAMIST® TIPO AM10, TYCO
2. Local Application Water Mist Fire Protection Systems, Securiplex

## Bomberos de Chile

1. “Incendio o Emergencia en Transformadores de Poder”, publicación en elbombero.cl por Luis Hernández Gómez, bombero de la 2ª Compañía de Bomberos de Quillota. Fuente de Información sr. Eliseo Cuneo Hervieux, Ingeniero Civil Electricista USM, bombero del Cuerpo de Bomberos de Valparaíso.

## Planos

1. SZA7007-A-TEM-80-EL-IT-0001\_Rev0 OA39 Nuevo Paño Transformador Plano de Fábrica Plano Dimensional Transformador de Poder SE Temuco

# CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

La S/E Temuco, lugar en el que se instalará el nuevo Transformador de Poder, se encuentra en plena zona urbana de la ciudad de Temuco, capital de la Región de la Araucanía, específicamente en la avenida Rudecindo Ortega, cercana al acceso norte de la ciudad.

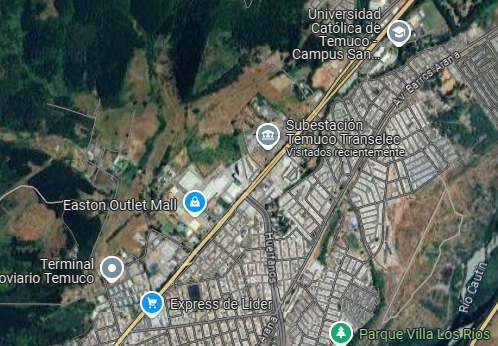


Figura ‑ Emplazamiento S/E Temuco (google maps)

Según lo investigado, Temuco cuenta en la actualidad con 13 Compañías de Bomberos más una Brigada. Las más cercanas a la S/E Temuco son la Quinta Compañía a 4.1km de distancia, unos 9 minutos; y la Undécima Compañía a 7.3km de distancia, unos 8 minutos.

# REQUISITOS NORMATIVOS NACIONALES

Para la elaboración de esta sección se han revisado los requisitos establecidos respecto de sistemas contra incendio en las referencias 1, 2 y 3 según Sección 3.

## ETP del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) para el Proyecto

En estas especificaciones técnicas del CEN, en particular en su punto 8.11.11 “Sistema de detección y extinción de incendios”, se indica que se debe considerar un sistema de rociado que trabaje por un tiempo de 2 horas, con una capacidad adecuada para generar una tasa de rociado de 10,2 l/m2/min.

Además, en el punto 8.11.10 “Foso de Recolector y Separador de Aceite” indica que se debe considerar un sistema colector de aceite que evite su derrame al exterior de la S/E, compuesto por pileta, foso separador agua-aceite y estanque de agua. Los requisitos de diseño son según la ETG A.0.02 “Condiciones generales para el diseño de obras civiles de subestaciones”, que se entiende hace referencia a la especificación de Transelec.

Notar que tal ETG indica que el volumen de agua que se debe considerar para el dimensionamiento del foso colector se calcula a partir de la misma tasa de rociado de 10,2 l/min/m2, pero considerando sólo 30 minutos de operación del sistema de extinción. La salida de agua desde el foso debe limitarse a 10l/s como máximo.

## Norma Técnica de Seguridad y Calidad del Servicio, diciembre 2019

Según la ETP del CEN para el proyecto, la versión de la NTSyCS que aplica al proyecto es la versión de diciembre de 2019. En esta versión, no se encuentra requisitos respecto de los sistemas contra incendio, según se desprende de su Artículo 1-9.

## Pliego Técnico Normativo RPTD N°08 Protección contra incendios

Según la ETP del CEN para el proyecto, la versión de los Pliegos Técnicos Normativos que aplica al proyecto es la versión de septiembre de 2020. En esta versión, no se encuentra requisitos respecto de los sistemas contra incendio para transformadores de poder de subestaciones; sólo para el caso de Estaciones Convertidoras HDVC exige el uso de sistemas de rociadores en los transformadores.

# REVISIÓN NORMATIVA NFPA RELACIONADA

La NFPA, National Fire Proteccion Association, es una institución de Estados Unidos dedicada a crear y actualizar la normativa relacionada con la prevención de incendios. Los requisitos nacionales actuales se basan en gran medida en las especificaciones de sus normtivas. A continuación, se presenta la revisión de las normas NFPA relacionadas con incendios de transformadores de poder en subestaciones.

## NFPA 15

LA NFPA 15 es la norma que regula los sistemas fijos de aspersores de agua para protección contra incendios, en particular denominados como sistemas fijos de agua pulverizada que usan, comparativamente, gotas de agua de gran tamaño que tienden a ser menos eficiente durante la extinción de un incendio. Esta norma tiene una sección dedicada a los transformadores de poder (7.4.4).

En ella se establecen los siguientes parámetros para el suministro y aplicación de agua:

1. El agua puede ser tomada desde un sistema público confiable de distribución.
2. Todas las superficies exteriores expuestas del transformador deben ser rociadas.
3. Se establece una tasa de flujo para el sistema de 10.2 L/min/m2, sobre el área proyectada del prisma rectangular que envuelve el transformador y sus accesorios.

## NFPA 750

LA NFPA 750 es la norma que regula los sistemas automáticos de extinción de incendio a base de agua nebulizada, que se indica como un sistema más eficiente y seguro para el control de incendios debido al uso de gotas de agua muy pequeñas (menos de un (1) milímetro de diámetro). Esta norma señala que este sistema tiene potencial aplicación en riesgos eléctricos como lo implican los transformadores.

En ella se establecen los siguientes parámetros para el suministro y aplicación de agua:

1. Duración mínima: 30 minutos (puede ser incluso menor si es evaluado por un especialista en sistemas de agua nebulizada)
2. El agua puede ser tomada de una fuente que tenga calidad equivalente al agua potable, o una fuente natural de agua de mar. Pueden usarse aditivos que no tengan efectos toxicológicos o fisiológicos adversos.
3. Esta norma no establece una tasa de flujo para el sistema (L/min/m2), que en general debe basarse en el diseño particular del sistema de extinción. La norma CEN/TS 14972:2006 indica que la tasa de flujo de agua depende de un factor K que relaciona el caudal con la presión.

## NFPA 850

LA NFPA 850 es la norma que indica las prácticas recomendadas para la protección contra el fuego en Centrales Generadoras y Estaciones Conversoras HDVC. De ella, se destacan las siguientes recomendaciones:

1. En su Sección 5.5.2, indica que el sistema de contención y drenaje debe ser diseñado considerando la tasa máxima de descarga del sistema y un tiempo de operación mínimo de 10 minutos.
2. 6.2.2, de acuerdo con la confiabilidad del sistema, pueden ser considerados sistemas públicos de distribución de agua potable.
3. 7.8.6, los transformadores que no tengan barrera contra el fuego según 5.1.4 (muro cortafuego), deberían ser protegidos con un sistema automático de rocío de agua o de espuma-agua.

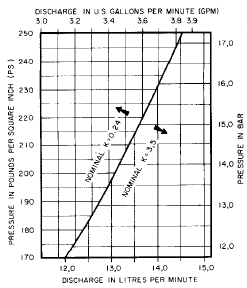
# ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS DE EXTINCIÓN A BASE DE AGUA

Según lo revisado, los fabricantes de Sistemas de Extinción a base de agua nebulizada, no indican una tasa de flujo de agua para el diseño de los sistemas, sino que, tal como indican las normativas relacionadas, debe definirse para el diseño en particular del sistema. Sin embargo, a continuación, se mostrarán algunos casos particulares para definir así una tasa de flujo de agua de referencia para este tipo de sistemas.

## AQUAMIST® TIPO AM10, DE TYCO

Esta boquilla para sistemas de extinción basados en agua nebulizada, se describe como apta para fuegos Clase B, que involucran la presencia de gases y líquidos inflamables o combustibles, que es el caso de un Transformador de Poder.

El sistema tiene su correspondiente curva que relaciona la presión con la tasa de flujo de agua:



De este gráfico se desprende que la descarga nominal de una boquilla varía entre aproximadamente 11 a 15 L/min. Por otra parte, se indica que la máxima cobertura de una boquilla es de 4m2, por lo que tasa de flujo de agua sería de un mínimo de 11/4 = 2.75 L/min/m2.

## Ensayos ejecutados por Securiplex, Inc.

Securiplex Inc. es una empresa con operaciones en Norteamérica que se dedica a la producción de sistemas de extinción de incendio sobre la base de agua nebulizada. En cooperación con FM Global, compañía de seguros de Estados Unidos dedicada exclusivamente a propiedades comerciales e industriales a nivel mundial, desarrollaron ensayos para validar la tecnología de agua nebulizada.

Estos diversos ensayos consideraron piscinas de fuego, sprays de fuego y una combinación de ellos, con múltiples áreas y distribuciones de boquillas. En todos los casos, la tasa de aplicación de agua fue la misma: 11.5 L/min/m2, con lo que se consiguieron excelentes resultados en cuanto a los tiempos de supresión del fuego.

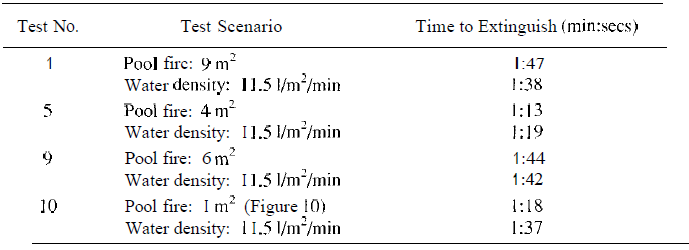


Figura ‑ Resultados de Ensayos con Agua Nebulizada

## Marioff, fabricante de sistemas de extinción contra incendio.

De acuerdo con la información dispuesta por este fabricante, su sistema de agua nebulizada a alta presión HI-FOG® posee diversas ventajas con respecto a un sistema tradicional de rociadores (agua pulverizada), dado su uso más eficiente del agua y menor diámetro de gotas, entre ellas:

* Menor consumo total de agua, por ende, menor suministro de la misma
* Mejor capacidad de enfriamiento por mayor evaporación de agua
* Menor cantidad de rociadores requeridos
* Tuberías de menor tamaño
* Menor escurrimiento de agua residual, por mayor evaporación de agua
* Por el punto anterior, menor riesgo de contaminación del suelo circundante

# RECOMENDACIONES DE BOMBEROS DE CHILE

De acuerdo con lo visto en la referencia 9, las recomendaciones de Bomberos de Chile ante un incendio de un transformador de poder en una subestación de alta tensión consisten en lo siguiente, en lo concerniente a los métodos de extinción del fuego:

1. Ante el aviso de incendio, Bomberos se debe dirigir al sitio con extintores de Polvo Químico Seco (PQS) y Dióxido de Carbono (CO2).
2. Una vez se confirme el corte de energía eléctrica, se inician las operaciones para el control de la emergencia, en coordinación con los Operadores de la subestación.
3. Se deberá disponer en la Subestación elementos químicos tipo “espuma” específicos para uso por parte de Bomberos para lanzar al equipo y combatir un siniestro y extinguir este tipo de fuego.
4. Se prepara la operación de rocío constante con agua tipo neblina, para operar en caso de salpicaduras de aceite ardiendo y de temperatura excesiva, para protección de los voluntarios.
5. NO usar agua en neblina ni menos chorro directo al equipo, a fin evitar mayores daños, explosiones y desplazamientos de aceite ardiendo hacia otras zonas de la instalación, y que a su vez también puedan herir al personal de bomberos.
6. Con los extintores de PQS y CO2, extinguir las llamas que puedan arder en el suelo, de manera de evitar la propagación del fuego en otros sectores. No dirigir el CO2 hacia el Transformador, a fin de no generar un cambio brusco de temperatura en la cuba y su posterior falla y posible derrame de aceite.

Con lo descrito, se puede desprender que Bomberos de Chile evitará el uso de agua sobre el Transformador incendiándose, por lo que no sería necesario considerar un volumen de agua a ser contenido por el foso colector con separador agua-aceite por tal concepto. La filosofía de acción es contener el fuego en el área del transformador, evitando su propagación a otras áreas de la subestación y de las cercanías a ella.

# EXPERIENCIA ANTERIOR DE TRANSELEC. s/E LAJA

TRANSELEC, en un proyecto pasado en S/E Laja, se enfrentó a una situación similar en la que era necesario montar un nuevo transformador de poder, con su respectivo sistema de contención de derrames. En este caso, considerando el criterio de cercanía con cuarteles de bomberos, se acordó con el CEN diseñar el sistema de contención para un tiempo de operación del sistema de extinción de incendio igual a 30 minutos.

De acuerdo con la información en la web de Bomberos de Chile, en Laja hay 3 Compañías de Bomberos; claramente la situación, en este aspecto, es más favorable para S/E Temuco, cuya ciudad cuenta con 13 Compañías de Bomberos y 1 Brigada, por lo que el criterio usado en S/E Laja es perfectamente aplicable al proyecto en S/E Temuco.

# estimación del volumen requerido de acumulación

Para estimar el volumen requerido de acumulación en el foso colector con separador de agua-aceite, se determinará en primer lugar el área expuesta a incendio del transformador la que, según la norma NFPA 15 corresponde al área proyectada del prisma rectangular que envuelve el transformador y sus accesorios.

De acuerdo con el plano del equipo (referencia 10), la superficie expuesta sería:



Este criterio parece ser bastante conservador, especialmente en la zona superior donde se encuentran los bushings, dado que no hay una superficie existente continua o completa en esta zona.

Pasando al dimensionamiento de la cámara colectora, se determina el volumen total requerido considerando el total del volumen del aceite del equipo más el volumen de agua proveniente del sistema de extinción automático. En este último volumen tiene una fuerte influencia el sistema a usar, ya sea de agua pulverizada o agua nebulizada. El agua nebulizada, que considera un sistema con mayor presión que el agua pulverizada (sistema típico), se evapora en mayor porcentaje. En general, los sistemas de rociadores que tiene mayor presión, y por ende menor tamaño de gota, generan un menor escurrimiento, tal como lo devela el siguiente gráfico del paper “Water Runoff Control Practices for Sprinkler Irrigation Systems”:

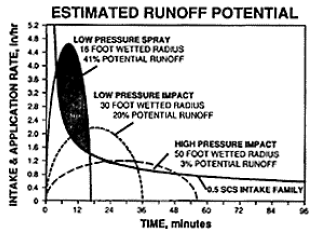


Figura ‑: Potencial de escurrimiento de agua según nivel de presión del sistema de rociado



Los porcentajes de escurrimiento considerados deberán ser confirmados por el fabricante del sistema de extinción que se considere finalmente para el proyecto, según el tipo de agua a utilizar (pulverizada o nebulizada).

Sobre la base del cálculo realizado, en caso de usar agua pulverizada, típicamente considerado en este tipo de instalaciones, el volumen requerido para acumulación sería de 27,4m3, lo que podría cubrirse con una cámara colectora agua-aceite de dimensiones útiles de 2x5x2,8 (alto x largo x ancho); se debe considerar también la cámara separadora de aceite para estimar las dimensiones totales del foso colector con separador agua-aceite. Para lo anterior podría considerarse sumar un ancho útil de 1,25m y considerar una altura útil total de 3m.

Las estimaciones anteriores NO tienen en consideración que hay un caudal de agua evacuando la cámara separadora de aceite, a un flujo máximo de 10l/s, lo que en 30 minutos de operación significa un volumen máximo de agua evacuada de 10\*30\*60 = 18000l = 18m3, que significa en este caso un 87% del escurrimiento total de agua pulverizada.

# CONCLUSIONES

Teniendo en consideración lo ya expuesto, se destacan los siguientes puntos sobre el diseño del sistema extinción y de contención de derrames para el nuevo transformador de poder en S/E Temuco:

1. Acerca de los requisitos normativos nacionales, estos se encuentran sólo en la ETP del CEN para el proyecto. En ella se indica que se debe considerar una tasa de rociado de 10,2 L/min/m2, y un tiempo de funcionamiento del sistema de 2 horas. Esta misma ETP menciona que el diseño del sistema colector se rige por la ETG A.0.02, que especifica la misma tasa de rociado, pero con un tiempo de operación del sistema de 30 minutos.
2. La norma NFPA 15 de sistemas de agua pulverizada, establece la misma tasa de 10,2 L/min/m2, sin establecer un tiempo mínimo de operación del sistema. En tanto la norma NFPA 750 de sistemas de agua nebulizada, no establece una tasa de rociado (debe diseñarse en particular para cada proyecto), e indica un tiempo mínimo de operación de 30 minutos, el que incluso puede reducirse a criterio de un ingeniero especialista. Finalmente, la NFPA 850 que establece recomendaciones sobre protección contra el fuego para Transformadores de Poder entre otros equipos, indica que en caso que los transformadores no tengan muro cortafuego, debería considerarse un sistema automático de extinción; y que el sistema de contención y drenaje de derrames debe considerar en su diseño un tiempo de operación mínimo de 10 minutos.
3. Las empresas fabricantes de sistemas de extinción automáticos señalan que los sistemas de agua nebulizada, que presentan menores escurrimientos de agua durante un incendio, han demostrado su eficacia y son más eficientes que los sistemas tradicionales de agua pulverizada.
4. Bomberos de Chile recomienda, al momento de enfrentar un incendio en un Transformador de Poder, NO usar agua en neblina ni menos chorro directo sobre el equipo, a fin de evitar más daños, tanto al equipamiento de la S/E como al personal de emergencia. Por lo anterior, no debería añadirse un volumen de agua a contener por este concepto.
5. En S/E Laja de Transelec, el CEN aceptó un tiempo de operación del sistema de 30 minutos, dada la cercanía con compañías de bomberos (2). En el caso de S/E Temuco, la situación es más favorable dado que se cuenta con 13 compañías y 1 brigada que atienden la ciudad.
6. En los cálculos del volumen a contener en el foso, hay ciertos criterios conservadores, como son la estimación de la superficie expuesta del transformador al fuego, el porcentaje de agua que se evapora debido al calor generado, y el no considerar la salida de agua desde el foso a una tasa máxima de 10l/s.

Por todo lo mencionado anteriormente, se considera que el volumen estimado para el foso colector y sistema de extinción, y en general los criterios adoptados para su cálculo, resultan más que suficiente para contener los derrames provocados por un eventual incendio del nuevo Transformador de Poder a instalar en el marco de la ampliación de S/E Temuco. Se garantiza el cumplimiento de las normas específicas para el diseño de estos sistemas, tanto a nivel nacional como internacional.

#### 

ANEXO : PLANO DEL TRANSFORMADOR DE PODER AMPLIACIÓN S/E TEMUCO

ANEXO B: PLANO DEL TRANSFORMADOR DE PODER AMPLIACIÓN S/E TEMUCO

ANEXO C: PLANO DEL TRANSFORMADOR DE PODER AMPLIACIÓN S/E TEMUCO