ANEXO 1

ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO DE INSTALACIONES COMUNES 2019: CAPACIDAD DE SERVICIOS AUXILIARES (SS/AA)

Gerencia de Planificación de la Transmisión

Departamento de Integridad del Sistema

Noviembre de 2019

Código 1911-DIS-EDIC-AnxITE-01-V1

CONTROL DEL DOCUMENTO

APROBADO POR

Versión	Aprobado por	Cargo
1	Juan Carlos Araneda T.	Gerente de Planificación de la Transmisión

REVISADO POR

Versión	Revisado por	Cargo
1	Erick Zbinden A.	Jefe Departamento de Integridad del Sistema

REALIZADO POR

Versión	Realizado por	Cargo
1 A	Miguel Monasterio A.	Líder de Proyecto. Ingeniero Departamento de Integridad del Sistema
	Carla Hernández O'.	Ingeniero Departamento de Integridad del Sistema
	Felipe Neira M.	Ingeniero Departamento de Integridad del Sistema
	Nicolás Cáceres G.	Ingeniero Departamento de Integridad del Sistema
	Patricio Lagos Ruiz.	Ingeniero Departamento de Integridad del Sistema

REGISTRO DE CAMBIOS

Fecha	Autor	Versión	Descripción del Cambio
28-11-2019	Departamento de Integridad del Sistema	1	Aprobado para publicación
18-11-2019	Departamento de Integridad del Sistema	A	Confección del documento

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

CONTENIDO

1	**INDICE DE ILUSTRACIONES**	**4**
2	**ÍNDICE DE TABLAS**	**5**
3	**ABREVIATURAS**	**6**
4	**METODOLOGÍA DE TRABAJO**	**7**
4.1	ETAPA 1. DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ESTUDIO	7
4.2	ETAPA 2. INFORMACIÓN TÉCNICA.	7
4.3	ETAPA 3. DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y SUPUESTOS.	8
4.4	ETAPA 4. DIAGNÓSTICO DE SERVICIOS AUXILIARES.	8
4.5	ETAPA 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.	8
5	**DESARROLLO METODOLÓGICO**	**9**
5.1	DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ESTUDIO	9
5.2	DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y SUPUESTOS	9
6	**MEMORIA DE CÁLCULO**	**24**
6.1	DIAGNOSTICO UTILIZANDO CONSUMOS ESTIMADOS EN CC Y CA	24
6.2	DIAGNÓSTICO UTILIZANDO LOS CONSUMOS INFORMADOS EN CC Y CA	34
7	**REFERENCIAS**	**44**

1 INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de SS/AA en corriente continua. 10
Ilustración 2: Esquema de SS/AA en corriente alterna. 11
Ilustración 3: Equipos por tipo de paño para tensión superior o igual a 220 kV. 12
Ilustración 4: Equipos por tipo de paños para tensión inferior a 220 kV. 12
Ilustración 5: Distribución de iluminación supuesta en la zona de patio de la subestación. 20
Ilustración 6: Ciclo de Trabajo de la Batería 27

2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de consumos permanentes de equipos en corriente continua. 13
Tabla 2. Valor referencial de consumo momentáneo para bobinas de desenganche. 14
Tabla 3. Datos de consumo de equipos de corriente alterna por paño de la S/E. 16
Tabla 4: Requerimientos de iluminancia por zona de la subestación. 18
Tabla 5: Ancho de los pórticos, según niveles de tensión. 20
Tabla 6: Dimensionamiento de la Sala de Control. 21
Tabla 7. Datos de temperatura media (Tme) y temperatura máxima ($Tmáx$) por zona de emplazamiento, según la Dirección Meteorológica de Chile. 23
Tabla 8. Valores de los factores de cálculo 24
Tabla 9. Información técnica entregada por las empresas coordinadas para el diagnóstico de elementos de SS/AA. 36
Tabla 10. Información técnica entregada por las empresas coordinadas para el diagnóstico de elementos de SS/AA. 37

3 ABREVIATURAS

AIS	: Subestación aislada en aire (del inglés: *Air-Insulated Switchgear).*
CA	: Corriente Alterna
CC	: Corriente Continua.
CNE	: Comisión Nacional de Energía.
DIS	: Departamento de Integridad del Sistema.
EDIC	: Estudio de Instalaciones Comunes.
FIT	: Formulario de Información Técnica.
F/I	: Falta Información.
GIS	: Subestación encapsulada (del inglés: *Gas Insulated Switchgear*).
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
NT	: Norma Técnica.
N/A	: No Aplica.
SEC	: Superintendencia de Electricidad y Combustible.
SS/AA	: Servicios Auxiliares.
SS/EE, S/E	: Subestaciones, Subestación.

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 ETAPA 1. DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ESTUDIO

Se definen los escenarios para evaluar la condición de carga actual y futura que presentan los elementos que conforman los sistemas de SS/AA donde se determina el nivel de carga considerando datos de consumo estimado por el Coordinador y datos de consumo que son informados por las empresas coordinadas.

4.2 ETAPA 2. INFORMACIÓN TÉCNICA.

La información técnica utilizada para desarrollar el diagnóstico de SS/AA corresponde a las siguientes categorías:

- *Información técnica mínima* : corresponde a la información asociada a los elementos que constituyen los sistemas de SS/AA, como son: bancos de baterías, cargadores de baterías, transformadores de SS/AA y grupos electrógenos en servicio.
- *Información técnica estimada* : corresponde a antecedentes obtenidos a partir de recomendaciones indicadas en el estándar IEEE 1818-2017 [1] y en la NT vigente [2], a documentación técnica de equipos y modelos genéricos de fabricantes, herramientas de georreferenciación o desde criterios y supuestos desarrollados para este estudio, representando la mejor estimación para realizar las memorias de cálculo y evaluaciones respectivas.

  Cabe destacar que el uso de la información estimada permite obtener el conjunto de resultados que se presentan en la Etapa 5 de la metodología de trabajo, identificados como: *Evaluación de carga mediante consumos estimados*.

- *Información técnica informada*: corresponde a información disponible en el Sistema de Información Pública Coordinador y antecedentes adicionales entregada por las empresas coordinadas mediante documentos FIT.

  El uso de los antecedentes informados permite obtener el conjunto de resultados que se presentan en la Etapa 5 de la metodología de trabajo, identificados como: *Evaluación de carga mediante consumos informados*.

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

4.3 ETAPA 3. DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y SUPUESTOS.

Se desarrollan criterios y supuestos orientados a:

- Estimar consumos de corriente continua y alterna.
- Estimar información técnica no disponible.
- Estimar consumos esenciales asociadas a grupos electrógenos.
- Definir el criterio para evaluar el nivel de carga de los elementos de SS/AA.

4.4 ETAPA 4. DIAGNÓSTICO DE SERVICIOS AUXILIARES.

Consiste en el desarrollo de las memorias de cálculo para determinar el nivel de carga actual y futuro para las SS/EE sujetas a la conexión de las obras de ampliación y/o normalización contempladas en la Propuesta de Expansión, elaborada por el Coordinador.

4.5 ETAPA 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Se presenta el diagnóstico de los sistemas de SS/AA para los siguientes casos:

1. *Evaluación de carga para un escenario actual y futuro, mediante consumos estimados*:

Proporciona información referencial sobre la condición de carga de los elementos de SS/AA, a partir de datos de consumo estimados. Las estimaciones se realizan en función de los criterios indicados en la Etapa 3 y a las indicaciones dadas por la literatura técnica especializada.

El diagnóstico de la instalación utilizando información estimada representar una condición base para la evaluación, permitiendo identificar casos de sobre o sub-dimensionamiento de los consumos de la subestación.

2. *Evaluación de carga para un escenario actual y futuro, mediante consumos informados*.

Se identifican los componentes de SS/AA que presentan una condición de sobrecarga para un escenario actual y futuro, con la finalidad de recomendar aumentos de capacidad específicos, y advertir de forma temprana al coordinado y demás involucrados en los procesos de expansión, cuáles son las instalaciones que requieren adecuar sus sistemas de SS/AA, respectivamente.

El diagnóstico de la instalación a partir de las características propias de diseño y equipamiento de la subestación corresponde a la mejor aproximación a la condición operativa de las instalaciones.

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

5 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.1 DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ESTUDIO

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, se obtienen cuatro (4) escenarios de estudio:

- Escenario 1: Condición actual y consumos estimados:

Correspondiente a la condición de carga actual de los SS/AA de las subestaciones existentes en el SEN, considerando consumos estimados.

- Escenario 2: Condición actual y consumos informados:

Correspondiente a la condición de carga actual de los SS/AA de las subestaciones existentes en el SEN, considerando consumos informados.

- Escenario 3: Condición futura y consumos estimados:

Correspondiente a la condición de carga prevista a futuro para los SS/AA de las subestaciones existentes en el SEN, considerando consumos estimados y la conexión de las obras de ampliación y/o normalización.

- Escenario 4: Condición futura y consumos informados:

Correspondiente a la condición de carga prevista a futuro de los SS/AA de las subestaciones existentes en el SEN, el que se obtiene a partir de los consumos estimados de los paños adicionales relativos a la ampliación de la subestación, el que finalmente se adiciona a los consumos informados del caso actual.

5.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y SUPUESTOS

En esta sección, se presentan los criterios y supuestos utilizados en el desarrollo del estudio.

Es importante tener presente que los criterios y supuestos aquí expuestos son aplicables en el en el Escenario 1 y Escenario 3.

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

5.2.1 Criterios

5.2.1.1 Equipos de SS/AA característicos de una S/E

Con el propósito de determinar los consumos de los SS/AA de cada subestación bajo análisis, se realiza una generalización de la distribución típica del equipamiento de corriente continua y corriente alterna.

Para efectos de los SS/AA en corriente continua, se presentan en la *Ilustración 1* los elementos de SS/AA representativos de esta categoría, los que corresponden a bancos de baterías y cargadores.

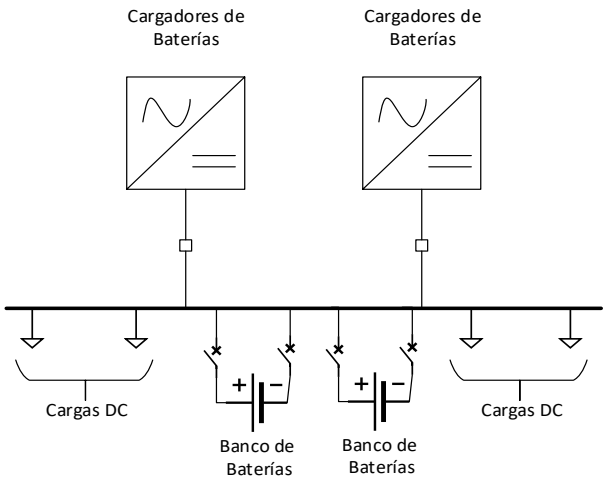

Ilustración 1: Esquema de SS/AA en corriente continua.

Asimismo, en la *Ilustración 2* se presentan los equipos de corriente alterna para los que resulta relevante evaluar la condición de capacidad, como son: los transformadores de SS/AA y grupos electrógenos.

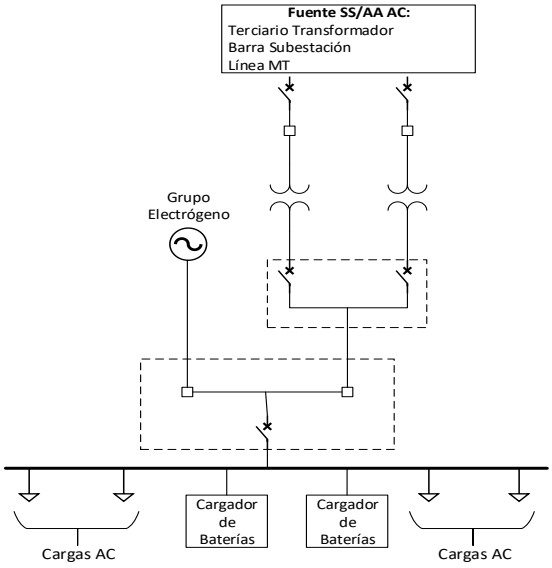

Ilustración 2: Esquema de SS/AA en corriente alterna.

5.2.1.2 Estimación de consumos en corriente continua

De acuerdo con lo indicado en el estándar IEEE 1818-2017 [1], los consumos de corriente continua de la subestación son clasificados en permanentes, no permanentes y momentáneos.

Adicionalmente, para efectos del desarrollo de la memoria de cálculo debe tenerse presente que los consumos en corriente continua asociados a una S/E AIS son equivalentes a los consumos de una S/E GIS.

A continuación, se presenta la descripción de los consumos en CC permanentes, no permanentes y momentáneos, cuya definición es aplicable tanto para SS/EE AIS como GIS.

a) Consumos permanentes en corriente continua

Corresponden a aquellos consumos que se encuentran energizados durante todo el ciclo de trabajo de la batería. Para efectos del presente estudio, se consideran bajo esta clasificación los consumos asociados a los equipos de protecciones y control de cada paño, y de cada barra de la subestación, además de los consumos asociados al equipamiento de los sistemas de comunicación.

Conforme a lo establecido en la NT vigente [2], y a la literatura especializada en diseño de subestaciones [3], se configura una subestación típica y en función de ésta se identifican los equipos de corriente continua asociados a cada tipo de paño, entendiéndose que éstos

corresponden a paños de línea, paños de transformación y paños de compensación, como se presenta en la *Ilustración 3* e *Ilustración 4.*

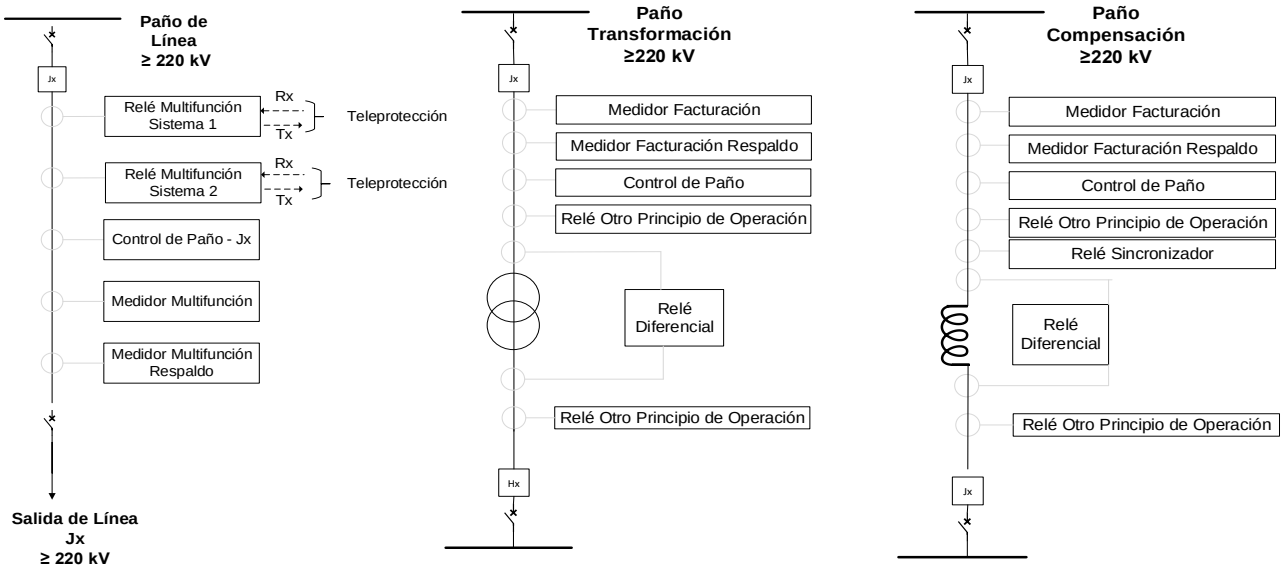

Ilustración 3: Equipos por tipo de paño para tensión superior o igual a 220 kV.

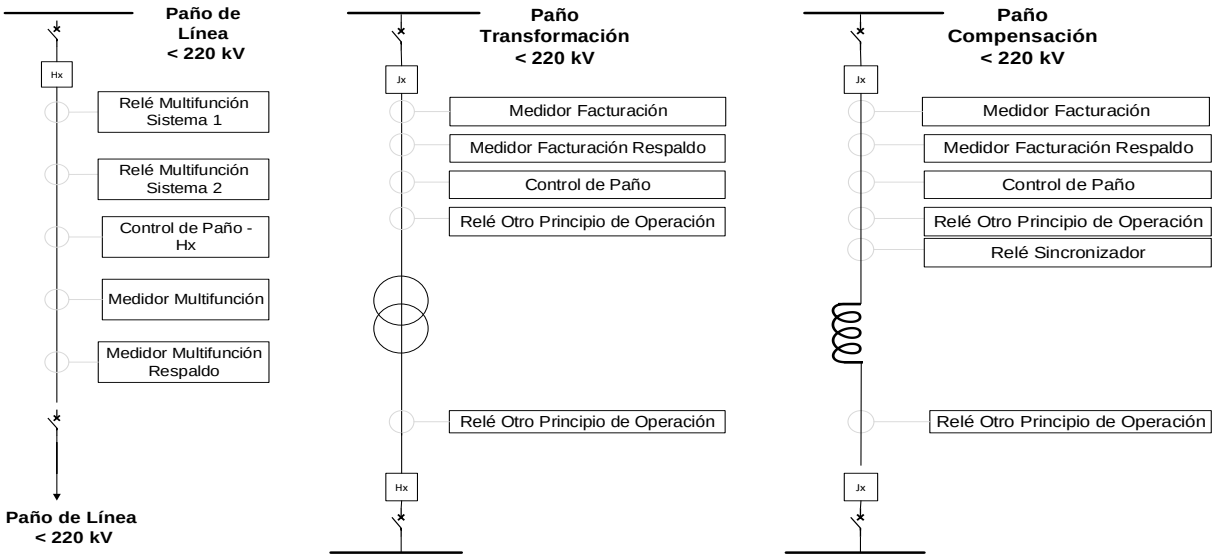

Ilustración 4: Equipos por tipo de paños para tensión inferior a 220 kV.

Adicionalmente, debe tenerse presente que para cada S/E en estudio se considera que cada barra dispone de un (1) relé diferencial por cada sección de barra y un (1) controlador por cada paño seccionador.

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

En la *Tabla 1*, y conforme lo indicado anteriormente, se presentan los valores referenciales de los consumos asociados al equipamiento que requiere suministro en corriente continua para su funcionamiento, los que han sido obtenidos a partir de las hojas de datos de empresas fabricantes de dichos equipos.

Tabla 1. Datos de consumos permanentes de equipos en corriente continua.

Ítem	Equipo	Consumo unitario [W]
Paño Línea	Relés de distancia	13
	Teleprotección	30
	Controlador por paño	13
	Medidores multifunción	18
	Medidores de facturación.	18
Paño Transformador	Relé diferencial de transformador	13
	Relé otro principio de operación	13
	Controlador por paño	13
	Medidores multifunción	18
	Medidores de facturación.	18
Paño Compensación	Relé diferencial	13
	Relé otro principio de operación	13
	Relé sincronizador	5
	Controlador por paño	13
	Medidores multifunción	18
Barras	Relé diferencial de barras	13
	Controlador acoplador	13
Consumo Gral. SS. Comunicaciones	Servidor de datos	550
	Gateways	10
	Switches ethernet	45
	GPS	45
	Router	65

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

	Monitor	15

b) Consumos no permanentes.

Son los que se energizan de forma intermitente durante todo el ciclo de la batería, siempre y cuando el periodo en que se encuentra energizado sea superior a un minuto.

Para efectos de los cálculos de este estudio se considerarán los consumos no permanentes como permanentes, es decir se suponen energizados durante todo el ciclo de la batería, de modo de analizar una condición de mayor exigencia.

c) Consumos momentáneos en corriente continua

Corresponden a aquellos consumos que no exceden el minuto de duración durante el ciclo de trabajo de la batería. En este contexto, el consumo considerado corresponde al de las bobinas de desenganche de los interruptores de poder con accionamiento monopolar, cuya operación en simultaneo está supeditada a la actuación de la protección diferencial de barras de la subestación.

De modo de contemplar un caso factible exigente, se considera la operación simultánea de los interruptores de poder asociados a la sección de barra que signifique el mayor consumo por bobinas de desenganche de la subestación.

Al igual que en el caso de los consumos permanentes, el consumo momentáneo referencial para los interruptores de poder se estima a partir de valores típicos entregados en las hojas de datos técnicos de fabricantes de interruptores de poder. Los consumos de las bobinas de desenganche considerado, de acuerdo con el nivel de tensión del interruptor, se presentan en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Valor referencial de consumo momentáneo para bobinas de desenganche.

Tipo de equipamiento	Consumo [W]
Bobinas de desenganche interruptor 220kV	1200
Bobinas de desenganche interruptor menor a 220kV	600

5.2.1.3 Distribución de consumos de corriente continua

Se considera como supuesto que la totalidad de consumos de corriente continua se distribuirán de forma igualitaria entre todos los bancos de batería de la subestación. En caso de consumos

relacionados a los sistemas de comunicación estos se distribuirán exclusivamente en la cantidad de bancos de batería para estos fines.

5.2.1.4 Estimación de consumos en corriente alterna

De acuerdo con lo indicado en el estándar IEEE 1818-2017 [1], los consumos en corriente alterna para una subestación típica, son clasificados como: consumos permanentes y momentáneos. A continuación, se presenta la descripción de éstos:

a) Consumos permanentes en corriente alterna

Corresponden a los consumos asociados al funcionamiento de los equipos de la subestación, los que se categorizan bajo los siguientes criterios:

- *Consumos por paño de la subestación:* Correspondientes a los consumos de corriente alterna en paños de línea, transformación, compensación, transferencia y seccionador, a los que se encuentran asociados equipos y sus respectivas cargas típicas, como son:
    - Calefacción e iluminación asociadas a interruptores de poder y desconectadores.
    - Calefacción e iluminación asociadas a cajas de agrupamiento.
    - Calefacción e iluminación asociadas a gabinetes.
    - Ventiladores y bombas de circulación de aceite en transformadores de poder, según corresponda.
    - Motores y/o accionamientos mecánicos de interruptores de poder.

En este contexto, en la *Tabla 3* se presentan valores referenciales para los consumos de calefacción, iluminación y ventilación asociados a los equipos de paño de una subestación AIS que presenta la configuración típica y, adicionalmente, se identifica el valor de consumo para dichas partidas considerando una S/E GIS. Cabe señalar que dichos consumos son obtenidos desde las hojas de datos técnicos de fabricantes de equipamiento eléctrico.

Tabla 3. Datos de consumo de equipos de corriente alterna por paño de la S/E.

	Tipo de paño											Consumos unitarios [W]		
Tipo de Equipo	**Línea (con motor)**	**Línea**	**Transf. 250-300 MVA ***	**Transf. 100-150 MVA***	**Transf.20-50 MVA ***	**Transformador**	**Compensación**	**Transferencia**	**Seccionador**	**Distribución**	**Equipos comunes**	**Iluminación**	**Calefacción**	**Ventilación, bombas y motores**
Interruptor de Poder (AIS)	•	•	•	•	•	•	•	•	•			50	200	1800
Interruptor de Poder (GIS)	•	•	•	•	•	•	•	•	•			50	126	687
Desconectador Línea	•	•	•	•	•	•	•	•				20	100	0
Desconectador Barra Principal	•	•	•	•	•	•	•	•				20	100	0
Desconectador Barra Transferencia (si aplica)	•	•	•	•	•	•	•	•				20	100	0
Desconectador Puesta a Tierra (AIS)	•	•	•	•	•	•	•					20	100	0
Desconectador Puesta a Tierra (GIS)	•	•	•	•	•	•	•					20	6,5	0
Desconectador Barra 1									•			20	100	0
Desconectador Barra 2									•			20	100	0
Caja de agrupamiento de Corrientes	•	•	•	•	•	•	•	•	•			20	60	0
Caja de agrupamiento de Potenciales	•	•	•	•	•	•	•					20	60	0
Serv. Transf. De Potencia 250 y 300 MVA			•									0	0	15300
Serv. Transf. De Potencia 100 y 150 MVA				•								0	0	5100
Serv. Transf. De Potencia 20 y 50 MVA					•							0	0	1700

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

	Tipo de paño											Consumos unitarios [W]		
Tipo de Equipo	Línea (con motor)	Línea	Transf. 250-300 MVA *	Transf. 100-150 MVA*	Transf.20-50 MVA *	Transformador	Compensación	Transferencia	Seccionador	Distribución	Equipos comunes	Iluminación	Calefacción	Ventilación, bombas y motores
Gabinete de Protección Paño de Línea	●	●										40	100	0
Gabinete de Control Paño de Línea	●	●	●	●	●	●						40	100	0
Gabinete de Medida	●	●	●	●	●	●						40	100	0
Gabinete de Protección Paño de Transformador			●	●	●	●	●			●		40	100	0
Gabinete de Control Paño de Transformador							●			●		40	100	0
Gabinete de Control Paño de Transferencia								●	●			40	100	0
Gabinete Protección Diferencial de Barras (Por S/E)											●	40	100	0
Gabinete SCADA (Por S/E)											●	40	100	0
Gabinete Controlador servicios auxiliares (Por S/E)											●	40	100	0
Gabinete de Comunicaciones (Por S/E)											●	40	100	0

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

- *Consumo permanente de inversores:* Este consumo corresponde al consumo definido en corriente continua que es alimentado desde los tableros de corriente alterna.
- *Consumo por iluminación del patio y sala de control:* la estimación del consumo se define en función de los requerimientos de iluminancia para cada zona de la subestación conforme lo indica la norma NSEG 5. E.n.71. Los valores que señala la citada norma se presentan en la *Tabla 4*.

Tabla 4: Requerimientos de iluminancia por zona de la subestación.

Tipo de Zona	Iluminancia [Lux]
Sala de control	300
Cualquier espacio para transitar	100
Iluminación perimetral	20

- *Consumo por aire acondicionado:* el consumo eléctrico asociado al aire acondicionado de las salas de control se determina estimando el calor que entra o se genera en una sala cuando se mantiene en ésta, una temperatura diferente a la del exterior [4]. Este calor se denomina carga térmica sensible Q_s cuyas expresiones de cálculo se presentan en la sección 6.1.3 literal c).

Debe tenerse presente que de existir una S/E con múltiples Salas de Control, el consumo total de dichas instalaciones se calcula en forma separada, obteniéndose el consumo total como la suma aritmética de los consumos individuales de cada caseta. En este escenario, para efectos del cálculo, se consideran válidos todos los criterios y supuestos que se presentan en este documento.

b) Consumos momentáneos en corriente alterna

Se consideran los consumos asociados a la apertura simultánea de todos los interruptores de una sección de barra con un accionamiento monopolar.

5.2.1.5 Estimación de consumos asociados a grupos electrógenos

Para efectos del cálculo de capacidad de los grupos electrógenos y de la estimación de los consumos que deben ser alimentados por el grupo electrógeno de la S/E, se considera que éstos corresponderán a consumos esenciales de la subestación.

A continuación, se presentan las definiciones de ambas categorías: consumo esencial y no esencial para la S/E.

- *Consumo esencial:* corresponde a la alimentación en corriente continua asociada a los sistemas de control, protección, y comunicación, así como a la alimentación en corriente alterna necesaria para la operación de los interruptores de poder. Según lo recomendado por el estándar IEEE 1818-2017 [1], el listado de equipos a considerar como consumo esencial es el siguiente:
  - Alimentación en CC de los equipos de control y protección de paño.
  - Alimentación de los cargadores de baterías.
  - Bobinas de Apertura/Cierre del interruptor de poder.
  - Interruptores y/o accionamientos mecánicos de los interruptores de poder
  - Ventiladores, bombas y cambiadores de taps de los transformadores de poder
  - Calefacción de los equipos de patio, gabinetes y armarios de control.
  - Iluminación correspondiente sólo a los circuitos de emergencia
- *Consumo no esencial:* corresponde a aquellas cargas cuyo funcionamiento no resulta crítico para la operación confiable de la subestación, tales como:
  - Iluminación exterior e interior.
  - Enchufes exteriores e interiores.
  - Cargas momentáneas de construcción y/o mantenimiento.

5.2.1.6 Otros criterios y supuestos

a) Selección y distribución de equipos de iluminación de patio y Sala de Control (AIS y GIS).

- *Sala de Control:* de acuerdo con lo indicado en la NCH Elec. 4/2003 [5], se considera que los requerimientos de iluminación en la sala de control se pueden cumplir considerando una iluminación de tipo fluorescente, con un consumo estimado de 26 W/m^2. Cabe señalar que se descarta la alternativa de iluminación incandescente debido a su menor eficiencia.

  Para las salas o casetas destinadas a albergar el equipamiento GIS, se considera que éstas deben cumplir con los mismos requerimientos de iluminación definidos para una sala de control AIS, esto es, mediante una luminaria fluorescente cuyo consumo se estima en 26 W/m^2.
- *Patios de la subestación:* se considera la siguiente distribución de las luminarias:

- Iluminación perimetral: dos (2) reflectores de 250 W de consumo cada uno, por cada 30m lineales.
- Iluminación en marcos de línea: tres (3) reflectores de 250 W cada uno.
- Iluminación en marcos de barras: cuatro (4) reflectores de 250 W cada uno.
- Iluminación de Transformador/reactor/condensador: tres (3) reflectores de 250 W cada uno.

La *Ilustración 5* presenta gráficamente el criterio para la distribución de los equipos de iluminación en el patio de la subestación.

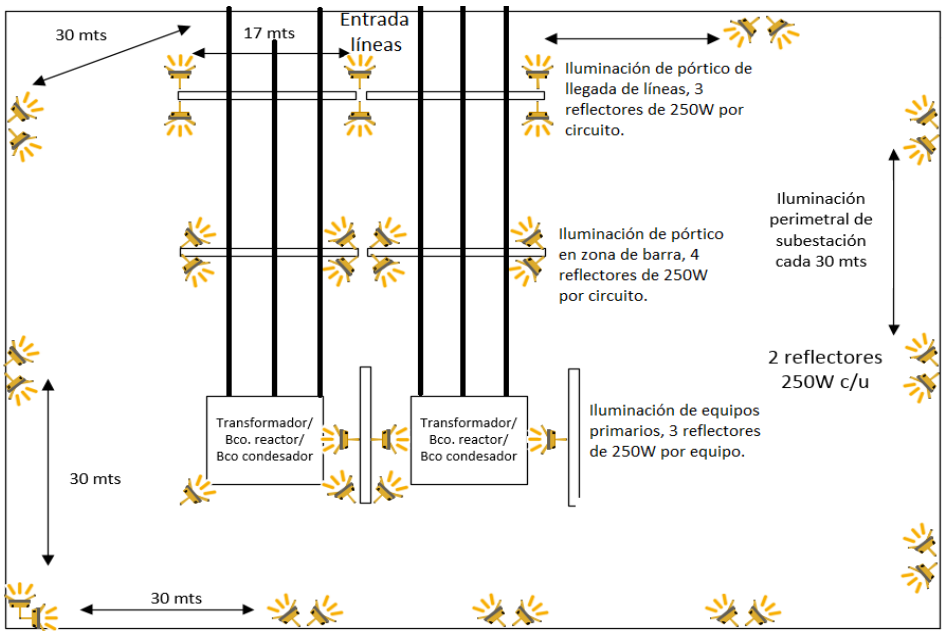

Ilustración 5: Distribución de iluminación supuesta en la zona de patio de la subestación.

El ancho de los pórticos por nivel de tensión se estimó a partir de planos de disposición de equipos de subestaciones tipo AIS, los que además se contrastaron con mediciones en planos de subestaciones típicas del SEN. Los valores estimados como referenciales se presentan en la *Tabla 5*.

Tabla 5: Ancho de los pórticos, según niveles de tensión.

Nivel de tensión	Ancho pórtico [m]
220 kV	17
154 kV	17

66 kV	9
<23 kV	3

b) Dimensionamiento de la Sala de Control

En la *Tabla 6* se presentan los supuestos utilizados para caracterizar las Salas de Control de las subestaciones en estudio.

Tabla 6: Dimensionamiento de la Sala de Control.

Ítem	Criterio
Altura de las paredes de la Sala	Estimado en 3,0 [m] por ser una altura típica de edificaciones.
Superficie de la Sala	Estimado según plano georreferenciados (kmz) de cada subestación bajo análisis, el que se encuentra disponible en el sitio web del Coordinador.
Ventanas	Se considera que el edificio no tiene ventanas de modo de estudiar un caso de mayor exigencia.

c) Proyección de consumos para el escenario de diagnóstico futuro.

La proyección de consumos para los escenarios futuro se calcula conforme al requerimiento de paños adicionales que significan las ampliaciones/normalizaciones definidas según la Propuesta de Expansión del [6].

5.2.2 Supuestos

a) Información técnica mínima no disponible para los análisis.

Para los elementos de los SS/AA, esto es, baterías, cargadores, transformadores y grupos electrógenos, cuyas capacidades nominales no se encuentran indicadas en los FIT disponibles en el Sistema de Información Pública Coordinador, no se formulan supuestos debido a que corresponden a antecedentes inherentes al diseño de la subestación. Por lo anterior, y para efectos de los entregables de este estudio, el equipamiento en esta situación se identifica con la sigla *F/I (Falta Información)*.

b) Consumos en corriente alterna y corriente continua no informados.

Para aquellos consumos de SS/AA cuyos valores no se encuentran informados en los FIT disponibles en el Sistema de Información Pública Coordinador, no se formulan supuestos debido a que corresponden a una condición operativa actual de la subestación.

Para efecto de la presentación de resultados, dicha condición se identifica con la sigla *F/I (Falta Información)*.

c) Operatividad de las instalaciones.

Para los consumos de paños en corriente alterna, se considera lo siguiente:

- En los casos que la subestación cuente con trasformadores de poder, se considera al menos, la actuación de todos los ventiladores de uno de los transformadores de poder existentes en la subestación.
- De modo de contemplar una condición de mayor exigencia, los cálculos consideran una maniobra de cierre de un interruptor de poder de la subestación.

d) Ciclos de trabajo y curva de descarga de la batería.

En los casos en los que no se dispone de información sobre el ciclo de trabajo de la batería, se evalúan los casos extremos de un ciclo de trabajo de tres (3) horas y otro de diez (10) horas, siendo el primero el más favorable y el segundo el más exigente.

Por otro lado, en los casos en los que no se dispone de información sobre la curva de descarga de la batería, se selecciona la curva de descarga teórica para el tipo de batería de un fabricante en particular.

e) Baterías para el sistema de comunicaciones.

El diagnóstico de los bancos de baterías para los sistemas de comunicación se realiza considerando que dicho banco alimenta únicamente los consumos permanentes en corriente continua asociado al equipamiento de comunicaciones que se presentan en la *Tabla 1*.

f) Temperaturas en la zona de emplazamiento de las subestaciones en estudio.

Para el cálculo del consumo de aire acondicionado en la Sala de Control, se utiliza el registro de temperaturas disponible en el sitio web de la [7]. Debe tenerse presente que la medición de temperatura para cada subestación en estudio corresponde a un valor referencial de temperatura

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

media (T_{me}) y de temperatura máxima del mes más cálido ($T_{máx}$), dado por el punto más cercano a la subestación de interés o en la ubicación de la S/E si dicho dato estuviese disponible.

Los datos de temperatura utilizados en el desarrollo de la memoria de cálculo se presentan en la *Tabla 7.*

Tabla 7. Datos de temperatura media (T_{me}) y temperatura máxima ($T_{máx}$) por zona de emplazamiento, según la Dirección Meteorológica de Chile.

Nombre de la S/E	Punto más cercano con registro de T°	$T_{me}[°C]$	$T_{máx}[°C]$
S/E Alto Bonito	Llanquihue/Puerto Montt	21	35,1
S/E Batuco	Santiago/Colina	31,4	39,3
S/E Cabildo	Región Valparaíso /Petorca	21,6	31,5
S/E Castro	Chiloé/Ancud	20,9	34
S/E Costanera	Santiago/Puente Alto	31,4	39,3
S/E Lo Aguirre	Santiago/Pudahuel	31,4	39,3
S/E Los Almendros	Santiago/Las Condes	31,4	39,3
S/E Mulchén	Provincia Bío-Bío	20,3	26,9
S/E Pajaritos	Santiago/Puente Alto	31,4	39,3
S/E Santa Raquel	Santiago/La Florida	31,4	39,4
S/E Quinquimo	Región Valparaíso/Petorca	21,6	31,5

g) Distribución de consumos de corriente alterna

Se considera como supuesto que la totalidad de consumos de corriente alterna se distribuirán de forma igualitaria entre todos los transformadores de SS/AA de la subestación.

6 MEMORIA DE CÁLCULO

6.1 DIAGNOSTICO UTILIZANDO CONSUMOS ESTIMADOS EN CC Y CA

6.1.1 Factores de cálculo

a) Factor de distribución de consumo de corriente continua, K_n

Este factor tiene el propósito de expresar matemáticamente el criterio de la sección 5.2.1.3 , esto es distribuir igualitariamente el consumo de corriente continua en la cantidad de bancos de baterías existentes. El factor se calcula de acuerdo con los indicado en la ecuación 1:

$$K_n = \frac{1}{Bbat} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

$Bbat$: Número de bancos de baterías disponible.

b) Constante de compensación, n.

Esta constante es utilizada para el cálculo de capacidad de los cargadores conforme a la expresión de la sección d),de modo de representar las perdidas en el proceso de carga de un banco de baterías, conforme a las recomendaciones establecidas en la literatura de subestaciones de alta y extra alta tensión [3]. Para efectos de este estudio, se considera un valor de $n = 1{,}25$.

De acuerdo con las expresiones antes indicadas, se obtienen los valores de K_n que se presentan en la *Tabla 8*.

Tabla 8. Valores de los factores de cálculo

Nombre de la S/E	N° de bancos de batería	N° de bancos de batería (S.Comm)	K_n	K_n (S.Comm)
S/E Alto Bonito	1	0	1,0	N/A
S/E Batuco	1	1	1,0	1,0
S/E Cabildo	1	0	1,0	N/A
S/E Castro	1	0	1,0	N/A
S/E Costanera	1	0	1,0	N/A
S/E Lo Aguirre	1	1	1,0	1,0

Nombre de la S/E	N° de bancos de batería	N° de bancos de batería (S.Comm)	K_n	K_n (S.Comm)
S/E Los Almendros	2	3	0,5	0,33
S/E Mulchén	2	0	0,5	N/A
S/E Pajaritos	1	1	1,0	1
S/E Santa Raquel	1	1	1,0	1
S/E Quinquimo	1	0	1,0	N/A

6.1.2 Cálculos en corriente continua

a) Consumos por paños según nivel de tensión, CPP_{kV}

Se calculan en función de la cantidad de equipos por cada paño que conforma la configuración característica de la S/E, la que para efectos de esta memoria de cálculo corresponde a la mostrada en la sección 5.2.1.2 de este documento, y a los consumos unitarios por equipo de CC, cuyos valores se presentan en la *Tabla 1*.

Finalmente, debe tenerse presente que al referirse al término *"paños*", éstos corresponden a: paños de línea, transformación, compensación, transferencia, sección de barras, de distribución y equipos comunes.

b) Consumos permanentes y consumos momentáneos en corriente continua, CP_{CC} y CM_{CC}

Los consumos permanentes y momentáneos se determinan mediante la Ecuación 2 y Ecuación 6, no obstante, debe tenerse presente realizar cálculos adicionales para ajustar o corregir resultados parciales según las indicaciones del estándar IEEE 485 [8].

El consumo de carácter permanente se determina mediante la Ecuación 2.

$$CP_{CC} = \frac{K_n * [\sum(CPP_{kV}) + CSC]}{Vmín_{bat_c}} \qquad \textit{Ecuación 2}$$

Donde:

K_n : Factor de cantidad de baterías que alimentan consumos de corriente continua, donde el subíndice x puede adoptar el valor 1.0, 0.5 ó 1/3.

CPP_{kV} : Consumo total por paño para cada nivel de tensión presente en la subestación, teniendo presente que se consideran únicamente: paños de línea, transformación, compensación y/o sección de barras, medido en [W].

CSC : Consumo total asociado al Consumo Gral. del SS. Comunicaciones (ver *Tabla 1*), medido en [W].

La tensión mínima corregida de la batería correspondiente al término $Vmín_bat_c$ en la *Ecuación 2*, se calcula mediante las expresiones que se presentan a continuación:

$$Vmín_bat_c = Vpc_c * N° \ de \ Celdas_c \ [V] \qquad \textit{Ecuación 3}$$

$$Vpc_c = \frac{0{,}85 * Vnom_batería}{N° \ de \ Celdas_c} \ [V] \qquad \textit{Ecuación 4}$$

Donde:

Vpc_c : Voltaje mínimo por celda

$N° \ de \ Celdas_c$: Cantidad corregida de celdas del banco de baterías.

El N° de celdas corregido deriva de la aproximación del N° de celdas calculado en función de los datos nominales del banco según la *Ecuación 5*, a valores típicos indicados en el estándar IEEE 485 [8], siendo éstos: 12, 24, 60 ó 120.

$$N° \ de \ Celdas_{calc} = \frac{1{,}1 * Vnom_batería}{2{,}23 \ V/celdas} \qquad \textit{Ecuación 5}$$

Donde:

$N° \ de \ Celdas_{calc}$: Cantidad de celdas del banco de baterías según valores nominales.

Finalmente, el consumo momentáneo se calcula mediante la *Ecuación 6*.

$$CM_{CC} = \frac{k_x * máx(consumo \ total_bobinas_{kV})}{Vmín_bat_{corregido}} \qquad \textit{Ecuación 6}$$

Donde:

$consumo\ total_bobinas_{kV}$: Consumos totales por nivel de tensión, asociados a las bobinas de los interruptores.

c) Cálculo de capacidad de los bancos de baterías

A partir de los consumos permanente y momentáneos se construye el perfil de carga para el ciclo de trabajo informado. Donde los consumos permanentes presentan un periodo de tiempo $P_1 + P_2$ correspondiente al tiempo de duración del ciclo de trabajo de la batería, y los consumos momentáneos tienen un período de duración P_2 igual a un minuto (ver *Ilustración 6*).

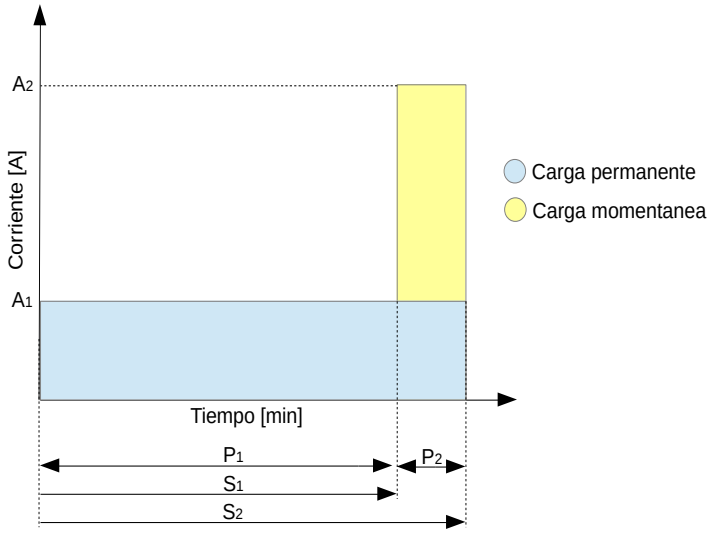

Ilustración 6: Ciclo de Trabajo de la Batería

A partir de la tensión final de descarga de la batería calculada mediante la expresión de la *Ecuación 4* se selecciona la curva de descarga de la batería obtenida de su hoja de datos técnicos.

Luego, con la curva de descarga seleccionada y considerando la capacidad nominal de la batería se calculan los factores K_T para los tiempos finales de las secciones S_1 y S_2, según la expresión matemática que se presenta en la *Ecuación 7*.

$$K_T(t = S_x) = \frac{Corriente\ de\ descarga\ (t = S_x)}{Capacidad\ nominal\ de\ la\ batería} \qquad \textit{Ecuación 7}$$

Donde:

$K_T(t = S_x)$: Factor K_T asociado al tiempo $t = S_x$, con $x = 1$ ó $x = 2$.

$Corriente\ de\ descarga\ (t = S_x)$: Corriente de descarga para el tiempo de la sección S_1 o sección obtenida de la curva de descarga de la batería en $[A]$.

$Capacidad\ nominal\ de\ la\ batería$: Capacidad nominal de la batería informada $[Ah]$.

Posteriormente, con el factor K_T y el perfil de carga, se determina la capacidad mínima requerida por la batería mediante la *Ecuación 8*.

$$F = máx_{S=1}^{S=N} = \sum_{p=1}^{P=S} (A - A_{(p-1)}) \times K_T \qquad \textit{Ecuación 8}$$

Donde:

F : Capacidad de la batería no corregida por la temperatura, envejecimiento y margen de diseño, medido en $[Ah]$.

S : Es la sección del ciclo de trabajo que se analiza.

N : Es el número de periodos en el ciclo de trabajo.

P : Periodo que se analiza.

A_p : Amperes requeridos para el periodo P.

K_T : Factor de descarga del banco de baterías durante T minutos hasta el final de la sección.

d) Cálculo de capacidad de los cargadores de baterías

El dimensionamiento de los cargadores de baterías se sustenta en la posibilidad de alimentar la totalidad de los consumos permanentes, y cargar al menos un (1) banco de baterías en un tiempo no superior al ciclo de trabajo de la batería. Para ello, se utiliza la siguiente relación indicada en la literatura [3]:

$$A = \frac{n * Ah}{t} + A_0 \qquad \textit{Ecuación 9}$$

Donde:

A : Capacidad mínima del cargador, medido en $[A]$.

Ah : Capacidad nominal del banco de baterías, medido en$[A - h]$.

n : Factor de compensación de carga de baterías.

A_0 : Consumo permanente, medido en $[A]$.

t : Tiempo de recarga de la batería, medido en $[h]$.

6.1.3 Cálculos en Corriente Alterna

a) Consumos por paños según nivel de tensión, $\boldsymbol{CPP_{kV}}$

El cálculo se realiza análogo al descrito en la a).

b) Consumos por iluminación del patio y sala de control, $\boldsymbol{CI}$

Se calculan a partir de los consumos asociados a los equipos de iluminación de la subestación, considerando como datos de entrada los tipos de paños de la subestación y las dimensiones del patio y sala de control. La totalización de consumos se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CI = F.S * \sum (CI_{kV}) \ [W] \qquad \textit{Ecuación 10}$$

Donde:

CI_{kV} : Consumo total medido en $[W]$ para cada nivel de tensión presente en la subestación.

$F.S$: Factor de seguridad del 10%.

El cálculo desagregado para cada componente de iluminación, se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$IPL = 3 * \ 250 \ [W] * N° \ Pórticos \qquad \textit{Ecuación 11}$$

$$IMB = 4 * \ 250 \ [W] * N° \ Pórticos \qquad \textit{Ecuación 12}$$

$$IEP = 3 * \ 250 \ [W] * N° \ Eq.Primarios \qquad \textit{Ecuación 13}$$

$$IP = 2 * \ 250 \ [W] * N° \ Lum_perímetro \qquad \textit{Ecuación 14}$$

$$ISC = 26 \ [W/m2] * Area_S/E \qquad \textit{Ecuación 15}$$

Donde:

IPL : Iluminación de los pórticos de línea, medido en $[W]$.

IMB : Iluminación de los marcos de barra, medido en $[W]$.

IEP : Iluminación de equipos primarios, medido en $[W]$.

IP : Iluminación perimetral, medido en $[W]$.

ISC : Iluminación de la Sala de Control, medido en $[W]$.

c) Consumos por aire acondicionado en Sala de Control, $\boldsymbol{CAA}$

El consumo eléctrico asociado al aire acondicionado es directamente proporcional al N° de equipos de aire a acondicionado habilitados en la sala de control la subestación, cuya cantidad es determinada por los requerimientos de refrigeración. El cálculo de consumo se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$CAA = 2619\ [W] * N°\ Eq.de\ Aire\ Acond \qquad \textit{Ecuación 16}$$

$$N°\ Eq.de\ Aire\ Acond\ = \frac{Fc\ \cdot Q_s\ [W]}{24000\ [BTU/h]} \qquad \textit{Ecuación 17}$$

Donde:

Fc : Factor de conversión de $[W]$ a $[BTU/h]$, correspondiente a 3,41.

Q_s : Carga térmica sensible, medido en $[W]$.

<u>Cálculo del índice Q_s</u>

Las condiciones térmicas de diseño al interior de las salas son determinadas en función de las actividades humanas a desarrollar en el interior del recinto. En este contexto, y de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile [9], se considera que la temperatura de confort T_i, es de 25°C.

El consumo de aire acondicionado en las salas de control se calcula de forma estimativa, esto es, considerando que el calor que entra o se genera en una sala cuando se mantiene en ésta una temperatura diferente a la del exterior [4]. Este calor se denomina carga térmica sensible Q_s y se determina a partir de las siguientes variables:

- Calor debido a la radiación y transmisión a través de paredes y techos exteriores Q_{str}.
- Calor generado por la iluminación de la sala de control Q_{sil}.
- Calor generado por los gabinetes al interior de la sala de control Q_{se}.

A continuación, se presentan las expresiones matemáticas utilizadas para el cálculo de cada uno de los parámetros antes citados:

Calor debido a la radiación y transmisión a través de paredes y techos exteriores, $\boldsymbol{Q_{str}}$

La carga por transmisión y radiación que se transmite a través de las paredes y techos opacos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{str} = K * S * DTE \quad [W]$$ *Ecuación 18*

Donde:

Q_{str} : Carga por transmitancia exterior, medido en $[W]$.

K : Coeficiente global de transmitancia térmica. Según la Norma Chilena NCH853 [2], para paredes externas: $K = 1{,}5$ y para techos exteriores $K = 1{,}0$, ambos medidos en $\left[{}^{W}/_{m^2 °C}\right]$.

S : Superficie del muro, en $[m^2]$.

DTE : Diferencial de temperatura equivalente, medido en $[°C]$.

El valor del diferencial de temperatura "DTE" se determina mediante la siguiente expresión:

$$DTE = T_i - T_{ext}$$ *Ecuación 19*

$$T_{ext} = (0{,}4 * T_{me}) + (0{,}6 * T_{máx})$$ *Ecuación 20*

Donde:

T_{ext} : Temperatura exterior en $[°C]$, calculada en función de la temperatura media T_{me} y la temperatura máxima del mes más cálido $T_{máx}$.

T_i : Temperatura interior de confort igual a $25\ [°C]$,

Calor generado por la iluminación de la Sala de Control, $\boldsymbol{Q_{sil}}$

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior de la sala de control, se considerará que la potencia íntegra de las lámparas de iluminación se transformará en calor sensible conforme la siguiente expresión:

$$Q_{sil} = 0{,}5 * Ptotal_lámparas \qquad \textit{Ecuación 21}$$

Donde:

$Ptotal_lámparas$: Potencia total asociada a las lámparas destinadas a la iluminación de la Sala, medido en $[W]$.

Calor generado por el equipamiento en gabinetes ubicados al interior de la Sala de Control, $\boldsymbol{Q_{se}}$

Para el cálculo de la carga térmica aportada por los equipos de la Sala de Control, se considerará que la potencia nominal de dichos equipos se transformará en calor sensible. Adicionalmente, se considerará un factor de simultaneidad de 0,5 a la potencia nominal obtenida para todos los equipos conectados.

Calor sensible total, $\boldsymbol{Q_s}$

La carga sensible total Q_s corresponderá a la sumatoria de todas las cargas antes indicadas, esto es:

$$Q_s = Q_{str} + Q_{sil} + Q_{se} \qquad \textit{Ecuación 22}$$

Una vez determinada la carga térmica total se obtiene la capacidad de refrigeración requerida en BTU de la sala y el consumo de potencia eléctrica del equipo de refrigeración seleccionado.

d) Consumos permanentes y consumos momentáneos en corriente alterna, CP_{ca} *y* CM_{ca}

$$CP_{ca}[W] = \sum (CPP_{kV}) + CI + CAA + CC \qquad \textit{Ecuación 23}$$

Para efectos del cálculo de los CM_{ca} se consideran los consumos asociados a la apertura simultánea de todos los interruptores de una sección de barra. Este consumo es coincidente con el consumo momentáneo definido para corriente continua en la sección 6.1.2.

e) Consumos esenciales asociados a los grupos electrógenos, $CEGE$

Se determinan contemplando los consumos permanentes CP_{ca} y consumos momentáneos CM_{CA} en corriente alterna menos el consumo asociado a la iluminación CI.

$$CEGE = CP_{ca} + CM_{ca} - CI \qquad \textit{Ecuación 24}$$

6.1.4 Diagnóstico de componentes de los sistemas de SS/AA

a) Diagnóstico en Corriente Continua

- *Diagnóstico del nivel de carga de los bancos de batería*

$$DBB = \frac{F[Ah]}{Cnom_batería[Ah]} * 100\% \qquad \textit{Ecuación 25}$$

Donde:

DBB : Diagnóstico del banco de baterías, medido en *[%]*.

F : Capacidad de la batería no corregida, medida en $[Ah]$ y calculada según la *Ecuación 8.*

$Cnom_batería$: Capacidad nominal de la batería según fabricante, medida en $[Ah]$.

- *Diagnóstico del nivel de carga de los cargadores de batería*

$$DCB = \frac{A[A]}{Cnom_cargador[A]} * 100\% \qquad \textit{Ecuación 26}$$

Donde:

DCB : Diagnóstico del cargador de baterías, medido en *[%]*.

A : Capacidad mínima del cargador, medida en $[A]$ y calculada según la *Ecuación 9.*

$Cnom_cargador$: Capacidad nominal de la batería según fabricante, medida en $[Ah]$.

b) Diagnóstico en Corriente Alterna

El diagnóstico de los SS/AA de corriente alterna, consta de la evaluación del nivel de carga de transformadores y grupos electrógenos asociados a los SS/AA de la subestación.

- *Diagnóstico del nivel de carga de los trasformadores*

Considera que al menos alimenten los consumos de paños, aire acondicionado, iluminación y cargadores asociados a los patios alimentados por los SS/AA.

$$NCT = \frac{CPP + CAA + CI + CC}{CT} * 100\% \qquad \textit{Ecuación 27}$$

Donde:

NCT : Nivel de carga del transformador, medido en [%].

CPP : Consumo de paños, medido en [kW].

CAA : Consumo de aire acondicionado, medido en [kW].

CI : Consumos iluminación, medido en [kW].

CC : Consumos cargadores, medido en [kW].

CT : Capacidad transformadores, medido en [kW].

- *Diagnóstico del nivel de carga de los grupos electrógenos*

Considera que al menos alimenten los consumos esenciales asociados a grupos electrógenos:

$$NCGE = \frac{CEGE}{CGE} * 100\% \qquad \textit{Ecuación 28}$$

Donde:

$NCGE$: Nivel de carga del grupo electrógeno, medido en [%].

$CEGE$: Consumos esenciales asociados a grupos electrógenos, medido en [W].

CGE : Capacidad del grupo electrógeno, medido en [W].

6.2 DIAGNÓSTICO UTILIZANDO LOS CONSUMOS INFORMADOS EN CC Y CA

6.2.1 Antecedentes técnicos informados

A continuación, en la *Tabla 9* y *Tabla 10* se presenta una síntesis de los principales antecedentes técnicos asociados a los elementos que conforman el sistema de SS/AA de las subestaciones en estudio, y que corresponden a registros obtenidos desde el repositorio público de Información

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

Técnica del Coordinador y antecedentes adicionales entregados por las empresas coordinadas propietarias.

A partir de la información técnica disponible, se desarrolla la memoria de cálculo para el diagnóstico de SS/AA en CC y CA, cuyas expresiones se presentan en la sección 6.2.2.

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

Tabla 9. Información técnica entregada por las empresas coordinadas para el diagnóstico de elementos de SS/AA.

	Bancos de batería				Cargadores de batería		
Nombre de la S/E	**ID**	**Tensión nominal [Vcc]**	**Cap. [Ah]**	**Ciclo de trabajo [h]**	**ID**	**Tensión nominal [Vcc]**	**Cap.[A]**
S/E Alto Bonito	N°1	125	180	10	N°1	125	50
	-	-	-	-	N°2	125	50
S/E Batuco	N°1	125	210	10	N°1	125	50
	N°2 (S.Comm)	48	210	10	N°2 (S.Comm)	48	50
S/E Cabildo	N°1	125	120	10	N°1	125	20
S/E Castro	N°1	125	120	10	N°1	125	32
S/E Costanera	N°1	125	200	10	N°1	125	60
	-	-	-	-	-	-	-
S/E Lo Aguirre	N°1	125	126	10	N°1	125	30
	N°2 (S.Comm)	48	100	10	N°2 (S.Comm)	48	10
S/E Los Almendros	N°1	125	350	10	N°1	125	50
	N°2	125	350	10	N°2	125	50
	N°1 (S.Comm)	48	175	10	N°3 (S.Comm)	48	50
	N°2 (S.Comm)	48	120	10	-	-	-
	N°3 (S.Comm)	48	120	10	-	-	-
S/E Mulchén	N°1	110	416	10	N°1	110	75
	N°2	110	416	10	N°2	110	75
S/E Pajaritos	N°1	125	210	10	N°1	125	50
	N°2 (S.Comm)	48	210	10	N°2 (S.Comm)	48	30
S/E Santa Raquel	N°1	125	210	10	N°1	125	30
	N°2 (S.Comm)	48	175	10	N°2 (S.Comm)	48	15
	-	-	-	-	-	-	-
S/E Quinquimo	N°1	125	200	10	N°1	125	20

Teatinos N°280, Piso 11, Santiago de Chile o Avenida Apoquindo N°4501, Piso 6, Las Condes, Santiago de Chile.

Tabla 10. Información técnica entregada por las empresas coordinadas para el diagnóstico de elementos de SS/AA.

	Transformador de SS/AA		Grupo Electrógeno		
Nombre de la S/E	**ID**	**Cap. [kVA]**	**ID**	**Cap. [kVA]**	**Factor de potencia**
S/E Alto Bonito	N°1	75	No tiene		
S/E Batuco	N°1	75	No tiene		
S/E Cabildo	N°1	15	No tiene		
S/E Castro	N°1	150	No tiene		
S/E Costanera	N°1	45	N°1	7,5	0,8
	N°2	45			
S/E Lo Aguirre	N°1	30	No tiene		
S/E Los Almendros	N°1	150	N°1	67	0,8
	N°2	150			
S/E Mulchén	N°1	150	N°1	150	0,8
S/E Pajaritos	N°1	75	No tiene		
	N°2	75			
S/E Santa Raquel	N°1	75	No tiene		
	N°2	45			
	N°3	45			
S/E Quinquimo	N°1	45	No tiene		

6.2.2 Consumos informados en CC.

6.2.2.1 Consumos momentáneos de corriente continua

Los consumos momentáneos en corriente continua se calculan como la suma de los consumos por accionamiento de las bobinas de cada interruptor.

Los consumos momentáneos en corriente continua se calculan como la suma de los consumos asociados a los accionamientos de las bobinas de cada interruptor. Tener presente que, en caso de una configuración de barra seccionada, se considera la condición de mayor exigencia, esto es, se realiza el cálculo para la sección de barra con mayor número de interruptores conectados.

$$CM_{CC}^{inf} = \sum_{i=1}^{N} (TA_i * NB_i * CA_i) \qquad \textit{Ecuación 29}$$

Donde:

CM_{CC}^{inf} : Consumo momentáneo de corriente continua informado, medido en $[kW]$.

TA_i : Factor dependiente del tipo de accionamiento, $TA_i = 3\ (monopolar)$ o $TA_i = 1\ (tripolar)$.

NB_i : Número de bobinas de desenganche del interruptor i.

CA_i : Consumo por fase del interruptor i, medido en $[kW]$.

6.2.2.2 Consumos permanentes de corriente continua, CP_{CC}^{inf}

Los consumos permanentes informados de corriente continua se determinan en función de la tensión nominal del banco de baterías y de la corriente continua total consumida en la subestación, siendo este último el valor informado mediante FIT por la empresa coordinada.

$$CP_{CC}^{inf} = V_{bat} * \sum_{i=1}^{N} Icc_i \qquad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

CP_{CC}^{inf} : Consumo permanente de corriente continua informado, medido en $[W]$.

V_{bat} : Tensión nominal del banco de baterías, medido en $[V]$.

Icc_i : Corriente consumida por elemento i del tablero de C.C., medida en $[A]$.

6.2.2.3 Consumos permanentes futuros de corriente continua, $CP_{CC_fut}^{inf}$

El consumo permanente futuro de corriente continua referente a la ampliación de la subestación se calcula como la diferencia entre el consumo permanente estimado para el escenario actual y el consumo permanente estimado para el escenario futuro. Finalmente, esta diferencia se suma al consumo permanente informado.

$$CP_{CC_fut}^{inf} = CP_{CC}^{inf} + \left(CP_{CC_fut}^{est} - CP_{CC_act}^{est}\right) \qquad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

$CP_{CC_fut}^{inf}$: Consumo permanente de corriente continua futuro, medido en $[W]$.

CP_{CC}^{inf} : Consumo permanente de corriente continua informado, medido en $[W]$.

$CP_{CC_fut}^{est}$: Consumo permanente futuro estimado, medido en $[W]$.

$CP_{CC_act}^{est}$: Consumo permanente actual estimado, medido en $[W]$.

6.2.2.4 Consumos momentáneos futuros de corriente continua

El consumo momentáneo futuro de corriente continua referente a la ampliación de la subestación se calcula de la misma forma que el consumo permanente futuro expuesto en la 6.2.2.3, pero considerando consumos momentáneos.

$$CM_{CC_fut}^{inf} = CM_{CC}^{inf} + \left(CM_{CC_fut}^{est} - CM_{CC_act}^{est}\right)$$ *Ecuación 32*

Donde:

$CM_{CC_fut}^{inf}$: Consumo momentáneo de corriente continua futuro, medido en $[W]$.

CM_{CC}^{inf} : Consumo momentáneo de corriente continua informado, medido en $[W]$.

$CM_{CC_fut}^{est}$: Consumo momentáneo futuro estimado, medido en $[W]$.

$CP_{CC_act}^{est}$: Consumo momentáneo actual estimado, medido en $[W]$.

6.2.3 Consumos informados en CA

6.2.3.1 Consumos permanentes de corriente alterna, CP_{CA}^{inf}

Los consumos permanentes informados corresponden a la suma de los consumos permanentes de los inversores más la suma de los consumos del tablero de corriente alterna. El detalle de los consumos se presenta a continuación.

$$CP_{CA}^{inf} = \sum_{i=1}^{N} C_{CA,i} + \sum_{h=1}^{H} CP_{inv,h}$$ *Ecuación 33*

Donde:

CP_{CA}^{inf} : Consumo permanente de corriente alterna, medido en $[W]$.

$C_{CA,i}$: Consumo del elemento i del tablero C.A., medido en $[W]$.

CP_{inv} : Consumo permanente de inversor h, medido en $[W]$.

Nótese que el consumo permanente de los inversores corresponde a la carga que este tolera debido a los consumos permanentes de corriente continua. Su formulación matemática se presenta a continuación:

$$CP_{inv} = \sum_{j=1}^{J} \frac{V_{bat,j}}{Vmín_bat_{c,j}} CP_{CC,j}^{inf} \qquad \textit{Ecuación 34}$$

Donde:

CP_{inv} : Consumo permanente de inversor, medido en $[W]$.

$V_{bat,j}$: Tensión nominal del banco de baterías j, medido en $[V]$.

$Vmín_bat_{c,j}$: Tensión mínima del banco de baterías j, medido en $[V]$.

CP_{CC}^{inf} : Consumo permanente de corriente continua informado, medido en $[A]$.

6.2.3.2 Consumos momentáneos de corriente alterna, CM_{CA}^{inf}

El consumo momentáneo en corriente alterna se calcula como la suma de los consumos del tablero de corriente alterna más los consumos momentáneos de los inversores.

$$CM_{CA}^{inf} = \sum_{i=1}^{N} C_{CA,i} + \sum_{h=1}^{H} CM_{inv,h} \qquad \textit{Ecuación 35}$$

Donde:

CM_{CA}^{inf} : Consumo momentáneo de corriente alterna, medido en $[W]$.

$C_{CA,i}$: Consumo del elemento i del tablero C.A., medido en $[W]$.

CM_{inv} : Consumo momentáneo de inversores, medido en $[W]$.

Nótese que el consumo momentáneo de los inversores corresponde a la carga que éste tolera debido a los consumos momentáneos de corriente continua. La expresión de cálculo corresponde a la *Ecuación 36*.

$$CM_{inv} = \sum_{j=1}^{J} \frac{V_{bat,j}}{Vmín_bat_{c,j}} CM_{CC,j}^{inf} \qquad \textit{Ecuación 36}$$

Donde:

CM_{inv} : Consumo momentáneo de inversor, medido en $[W]$.

$V_{bat,j}$: Tensión nominal del banco de baterías j, medido en $[V]$.

$Vmín_bat_{c,j}$: Tensión mínima del banco de baterías j, medido en $[V]$.

CM_{CC}^{inf} : Consumo momentáneo de corriente continua informado, medido en $[A]$.

6.2.3.3 Consumos esenciales informados de corriente alterna, CE_{CA}^{inf}

Los consumos esenciales corresponden al consumo permanente de corriente alterna más el consumo momentáneo asociado a inversores sin considerar los consumos por iluminación y de enchufes en el cálculo.

$$CE_{CA}^{inf} = \sum_{h=1}^{H} CM_{inv,h} + \sum_{i=1}^{N} C_{CA,i} - CIe_{CA}$$ *Ecuación 37*

Donde:

CE_{CA}^{inf} : Consumo esencial de corriente alterna, medido en $[W]$.

CM_{inv} : Consumo momentáneo de inversores, medido en $[W]$.

$C_{CA,i}$: Consumo del elemento i del tablero C.A. sin contar iluminación ni enchufes, medido en $[W]$.

CIe_{CA} : Consumo de iluminación y enchufes, medido en $[W]$.

6.2.3.4 Consumos permanentes futuros de corriente alterna

El consumo permanente futuro de corriente alterna se calcula como la diferencia entre el consumo permanente estimado para el escenario actual y el consumo permanente estimado para el escenario futuro más el consumo permanente de inversores futuro, lo que es finalmente sumado al consumo total del tablero de corriente alterna informado.

$$CP_{CA_fut}^{inf} = \sum_{i=1}^{N} C_{CA,i} + \sum_{h=1}^{H} CP_{inv_fut,h} + \left(CP_{CA_fut}^{est} - CP_{CA_act}^{est}\right)$$ *Ecuación 38*

Donde:

$CP_{CA_fut}^{inf}$: Consumo permanente de corriente alterna futuro, medido en $[W]$.

$C_{CA,i}$: Consumo del elemento i del tablero C.A., medido en $[W]$.

CP_{inv_fut} : Consumo permanente de inversor h, medido en $[W]$.

$CP_{CA_fut}^{est}$: Consumo permanente futuro estimado de corriente alterna, medido en $[W]$.

$CP_{CA_act}^{est}$: Consumo permanente actual estimado de corriente alterna, medido en $[W]$.

El cálculo para determinar el consumo permanente de los inversores en una condición a futuro se presenta en la *Ecuación 39*.

$$CP_{inv} = \sum_{j=1}^{J} \frac{V_{bat,j}}{Vmín_bat_{c,j}} CP_{CC_fut,j}^{inf} \qquad \textit{Ecuación 39}$$

Donde:

CP_{inv} : Consumo permanente de inversor, medido en $[W]$.

$V_{bat,j}$: Tensión nominal del banco de baterías j, medido en $[V]$.

$Vmín_bat_{c,j}$: Tensión mínima del banco de baterías j, medido en $[V]$.

$CP_{CC_fut}^{inf}$: Consumo permanente de corriente continua futuro, medido en $[A]$.

6.2.3.5 Consumos momentáneos futuros de corriente alterna

El consumo momentáneo futuro se calcula de la misma manera que el consumo permanente futuro de corriente alterna, con la salvedad que el consumo futuro de inversores considera los consumos momentáneos futuros de corriente continua.

$$CM_{CA_fut}^{inf} = \sum_{i=1}^{N} C_{CA,i} + \sum_{h=1}^{H} CM_{inv_fut,h} + \left(CP_{CA_fut}^{est} - CP_{CA_act}^{est}\right) \qquad \textit{Ecuación 40}$$

Donde:

$CM_{CA_fut}^{inf}$: Consumo momentáneo de corriente alterna futuro, medido en $[W]$.

$C_{CA,i}$: Consumo del elemento i del tablero C.A., medido en $[W]$.

CM_{inv_fut}: Consumo momentáneo futuro de inversor h, medido en $[W]$.

$CP_{CA_fut}^{est}$: Consumo permanente futuro estimado de corriente alterna, medido en $[W]$.

$CP_{CA_act}^{est}$: Consumo permanente actual estimado de corriente alterna, medido en $[W]$.

El cálculo para determinar el consumo momentáneo de los inversores en una condición a futuro se presenta en la *Ecuación 41*.

$$CM_{inv_fut} = \sum_{j=1}^{J} \frac{V_{bat,j}}{Vmín_bat_{c,j}} CM_{CC_fut,j}^{inf} \qquad \textit{Ecuación 41}$$

Donde:

CM_{inv_fut} : Consumo momentáneo futuro de inversor, medido en $[A]$.

$V_{bat,j}$: Tensión nominal del banco de baterías j, medido en $[V]$.

$Vmín_bat_{c,j}$: Tensión mínima del banco de baterías j, medido en $[V]$.

$CM_{CC_fut}^{inf}$: Consumo momentáneo de corriente continua futuro, medido en $[W]$.

7 REFERENCIAS

[1] IEEE , «Guide for the Desing of Low - Voltage Auxiliary for Electric Power Subestation,» 2017.

[2] CNE, Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, 2018.

[3] Mejias Villegas S.A, "Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión", Segunda ed., 1989.

[4] Á. L. Miranda Barreras, "Enciclopedia de la climatización, Aire acondicionado", Barcelona: Ceac, 1994.

[5] SEC, «NCH Elec. 4/2003 Instalaciones de Consumo en Baja Tensión,» 2003.

[6] Coordinador Eléctrico Nacional, Propuesta de Expansión de la Transmisión, 2019.

[7] «Dirección Meteorológica de Chile,» 2019. [En línea]. Available: http://www.meteochile.cl.

[8] IEEE 485, Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications", New York: IEEE Power & Energy Society, 2011.

[9] Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A.G., "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCH", Santiago, 2007.