

Análisis de configuraciones de barra de SS/EE de Transmisión Zonal

Rev. 0, agosto de 2020

Departamento de Planificación Eléctrica

www.coordinador.cl

CONTROL DEL DOCUMENTO

APROBACIÓN

Versión	Aprobado por
A	
0	

REGISTRO DE CAMBIOS

Fecha	Autor	Versión	Descripción del Cambio

REVISORES

Nombre	Cargo
Juan Carlos Araneda Tapia	Subgerente de Planificación
Roger Mellado Zapata	Jefe Departamento de Planificación Eléctrica

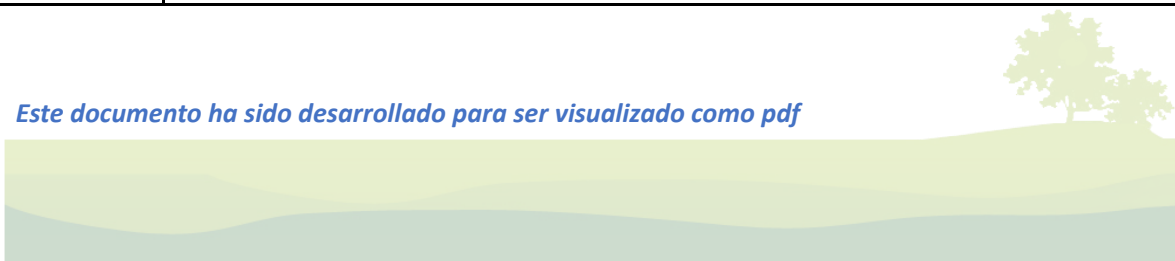
AUTORES

Nombre	Cargo
Pablo Jerez Cancino	Ingeniero del Departamento de Planificación Eléctrica

DISTRIBUCIÓN

Copia	Destinatario

Este documento ha sido desarrollado para ser visualizado como pdf



1. RESUMEN EJECUTIVO

Se han resumido las principales ventajas y desventajas de las configuraciones típicas de barras de subestaciones (SS/EE) en las tendencias europea y americana. Adicionalmente, cada configuración ha sido caracterizada según su nivel de confiabilidad, seguridad y flexibilidad. Complementariamente, se han resumido las diferentes bondades de las tecnologías disponibles de *Air Insulated Switchgear*, *Gas Insulated Switchgear* y *Mixed Technologies Switchgear*.

Respecto a la información obtenida del estado actual de las configuraciones de barra conjunta AT/MT de las SS/EE del Sistema de Transmisión Zonal alimentadas desde el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), se observa que la mayoría de las zonas del SEN, a excepción de la Región Metropolitana, están fuertemente caracterizadas por configuraciones relativamente simples, como lo son las de tap – off, barra simple y barra simple seccionada. Al respecto, la zona Charrúa – Chiloé es la única que presenta configuraciones de mayor confiabilidad tales como la del tipo barra principal más transferencia en barras MT.

La propuesta de configuraciones de barra está separada en tres grandes grupos:

- SS/EE en Santiago, capital de Chile y de la Región Metropolitana de Santiago.
- SS/EE en otras capitales regionales.
- SS/EE en ciudades regionales.
 - Más de 90.000 habitantes.
 - Menos de 90.000 habitantes.

En términos de tecnología, se recomienda siempre evaluar la opción GIS en zonas altamente pobladas en Santiago, otras capitales regionales y ciudades de 90.000 habitantes o más. Esta evaluación debe ser contrastada con la solución AIS en la periferia de la zona de evaluación, comparando los costos no solo del terreno, sino aquellos de equipamiento óptimo y de pérdidas por transmisión. Otros requerimientos específicos pueden ser considerados para dar mayor peso al argumento de la tecnología GIS, tales como la instalación de SS/EE en zonas inundables.

En términos del tipo de configuración para Santiago, se recomienda como propuesta base, mantener el estándar de configuración H en barras AT y configuraciones de barra simple seccionada más transferencia o de doble barra en barras MT. Adicionalmente, para asegurar el aumento de la confiabilidad, seguridad y flexibilidad de SS/EE en la capital, el estándar puede ser mejorado considerando una configuración de interruptor y medio en barras AT, manteniendo barra seccionada más transferencia en las barras MT.

La propuesta para otras capitales regionales apunta a mejorar el estándar mediante barras AT en configuración de barra principal más transferencia con posibilidad de seccionamiento; la propuesta en barras MT considera la misma configuración, proponiendo doble barra en condiciones especiales requeridas de operación.

La propuesta para ciudades regionales de más de 90.000 habitantes apunta a poseer un estándar similar al propuesto para las capitales regionales, basado principalmente en el cumplimiento de los índices de indisponibilidad definidos en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS).

La propuesta para las ciudades regionales de menos de 90.000 habitantes apunta a mejorar el estándar actual y el cumplimiento de los índices de indisponibilidad definidos en la NTSyCS. En este caso, se han considerado configuraciones sencillas tales como la de barra simple con posibilidad de seccionamiento para ambas barras AT/MT, eliminando configuraciones *tap off* de la planificación.

2. INTRODUCCIÓN

El presente documento resume los principales resultados del estudio relativo al análisis de configuraciones de barra de SS/EE del Sistema de Transmisión Zonal, en el marco de las iniciativas propuestas para el año 2020, por el Departamento de Planificación Eléctrica de la Subgerencia de Planificación, en la Gerencia de Planificación y Desarrollo de la Red.

La sección 3 del documento, presenta un marco bibliográfico en lo que respecta a las configuraciones de barras, utilizando como base a la empresa Mejía Villegas S.A., mediante su libro *Subestaciones de Alta y Extra Tensión* [1]. Adicionalmente, se resumen los tipos de tecnologías utilizados en SS/EE, que es presentado en extenso en el documento *Evaluation of different switchgear technologies (AIS, MTS, GIS) for rated voltages of 52 kV and above* [2], del grupo de trabajo B3.20 de CIGRE. Finalmente, la sección presenta un resumen de las configuraciones y tipos de tecnologías utilizadas actualmente en las distintas SS/EE AT/MT a lo largo de Chile.

Como desarrollo medular de la iniciativa, la sección 4 presenta una propuesta de desarrollo para la elección de las configuraciones de barra de SS/EE de transmisión zonal.

El apéndice I, entrega la información levantada con el estado actual de las SS/EE de transmisión zonal en las diferentes zonas del país. (*Esta información se encuentra en el archivo anexo SSEE Zonales.xlsx*).

El apéndice II presenta un análisis cualitativo de las SS/EE que alimentan las distintas capitales regionales a lo largo de Chile, permitiendo una mirada global del estado actual de las SS/EE de transmisión zonal desde la óptica de la confiabilidad, seguridad y flexibilidad de las configuraciones de barra.

3. TIPOS DE BARRAS EN SUBESTACIONES DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN

3.1 CONFIGURACIÓN DE CONEXIONES DE BARRAS

Las distintas configuraciones que se pueden realizar en una subestación son ampliamente discutidas en la literatura, que surgen por la necesidad tanto por el aumento de confiabilidad como el mejoramiento de los niveles de seguridad y flexibilidad en la operación y el mantenimiento de las subestaciones; por lo tanto, toman un factor relevante a la hora de definir el tipo de subestación en la planificación. En particular, la empresa Mejía Villegas S.A., en Subestaciones de Alta y Extra Tensión [1], define dos tendencias o configuraciones típicas:

- Configuración europea o de conexión de barras.
- Configuración americana o de conexión de interruptores.

La confiabilidad de un sistema eléctrico es entendida como la cualidad de un sistema eléctrico determinada conjuntamente por la suficiencia, la seguridad y la calidad de servicio, según el artículo 225, letra r de la Ley General de Servicios Eléctricos. La tabla 3.1, resume este concepto, junto con el de suficiencia, seguridad y calidad de servicio.

Tabla 3.1. Conceptos de confiabilidad, suficiencia, seguridad de servicio y calidad de servicio, según el artículo 225, letra r, s, t y u respectivamente, de la LGSE.

Concepto	Definición
Confiabilidad	<p>Cualidad de un sistema eléctrico determinada conjuntamente por la suficiencia, la seguridad y la calidad de servicio</p> <p><i>Literal s, artículo 225 de la LGSE</i></p>
Suficiencia	<p>Atributo de un sistema eléctrico cuyas instalaciones son adecuadas para abastecer su demanda.</p> <p><i>Literal t, artículo 225 de la LGSE</i></p>
Seguridad de Servicio	<p>Capacidad de respuesta de un sistema eléctrico, o parte de él, para soportar contingencias y minimizar la pérdida de consumos, a través de respaldos y de servicios complementarios.</p> <p><i>Literal u, artículo 225 de la LGSE</i></p>
Calidad de Servicio	<p>Atributo de un sistema eléctrico determinado conjuntamente por la calidad del producto, la calidad de suministro y la calidad de servicio comercial, entregado a sus distintos usuarios y clientes</p>

Adicionalmente a las definiciones anteriores, la flexibilidad de una subestación, de acuerdo con [1], se entiende como la capacidad de adaptación de la subestación ante cambios operativos, contingencias y mantenimientos en el sistema.

A continuación, se presentan las configuraciones típicas europeas y americanas, resumiendo sus principales atributos.

3.1.1 CONFIGURACIÓN EUROPEA TÍPICA

Las figuras 3.1 a 3.8 muestran las distintas disposiciones y arreglos de barras en la configuración europea. Adicionalmente, en la tabla 3.2 se muestran las ventajas y desventajas de las configuraciones típicas europeas. Es importante mencionar que cada configuración puede estar sujeta a variaciones en el equipamiento, dado los requerimientos específicos que se deseen; por ejemplo, la configuración en H, puede adoptar hasta ocho tipos de configuración usando una menor o mayor cantidad de equipamiento.

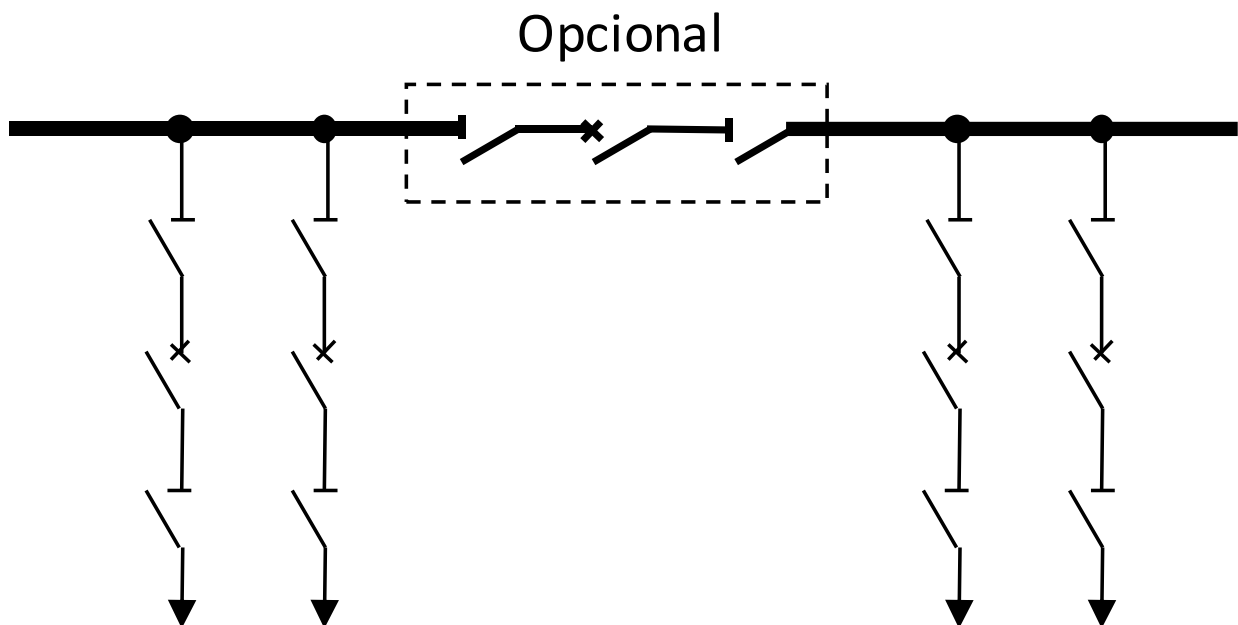


Figura 3.1. Barra simple o barra simple seccionada.

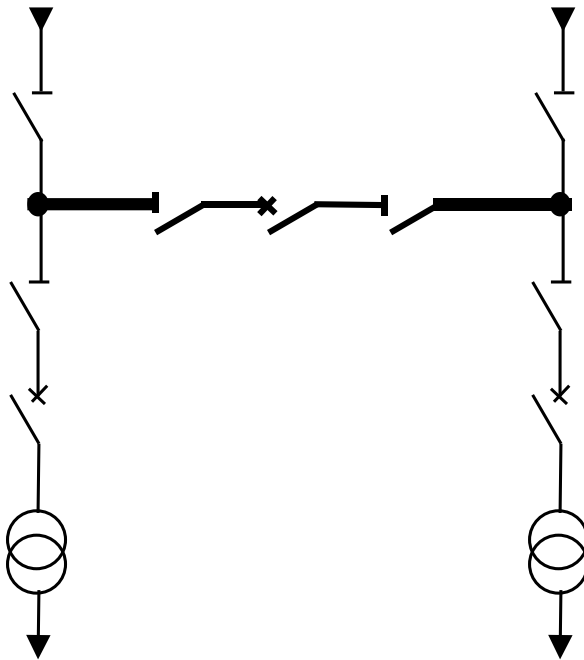


Figura 3.2. Ejemplo de configuración en H.

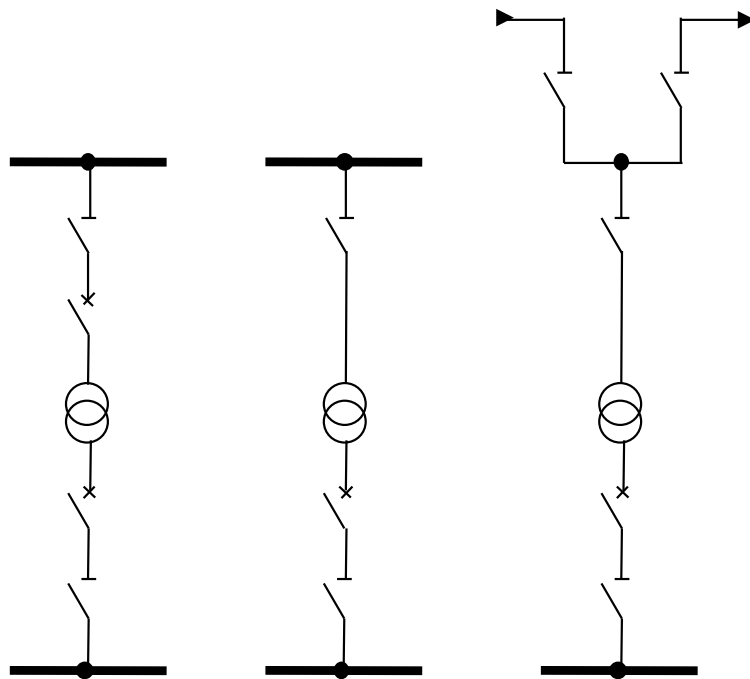


Figura 3.3. Subestaciones en conexión *Tap-Off*.

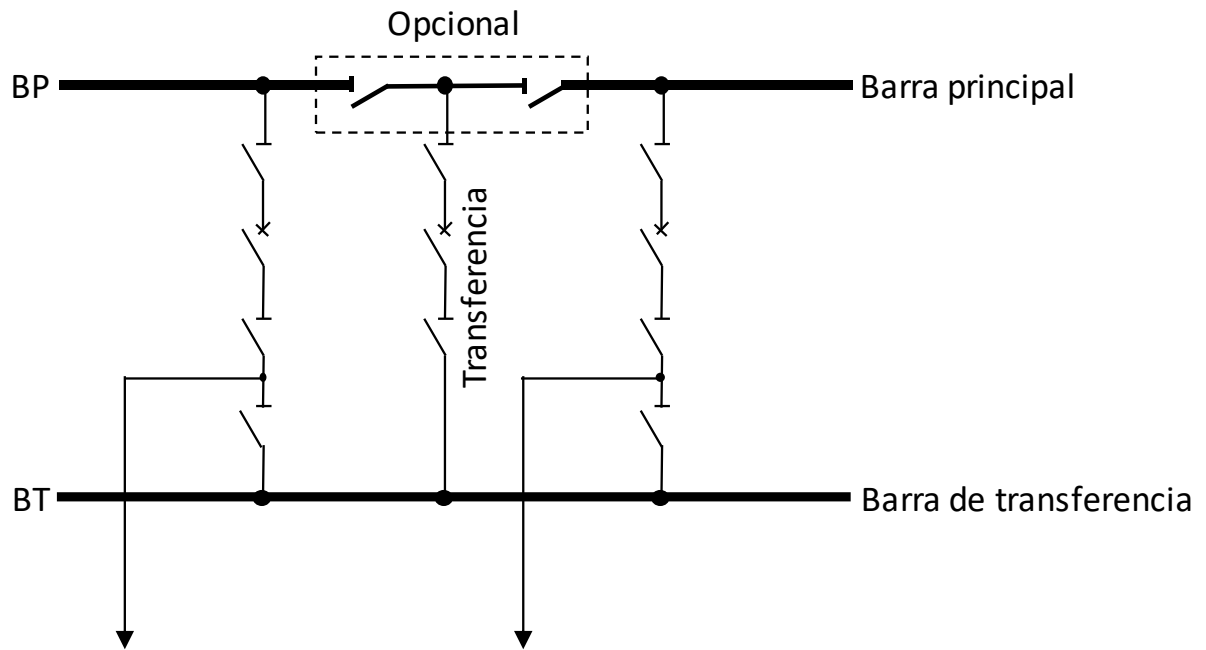


Figura 3.4. Barra principal más transferencia o barra principal seccionada más transferencia.

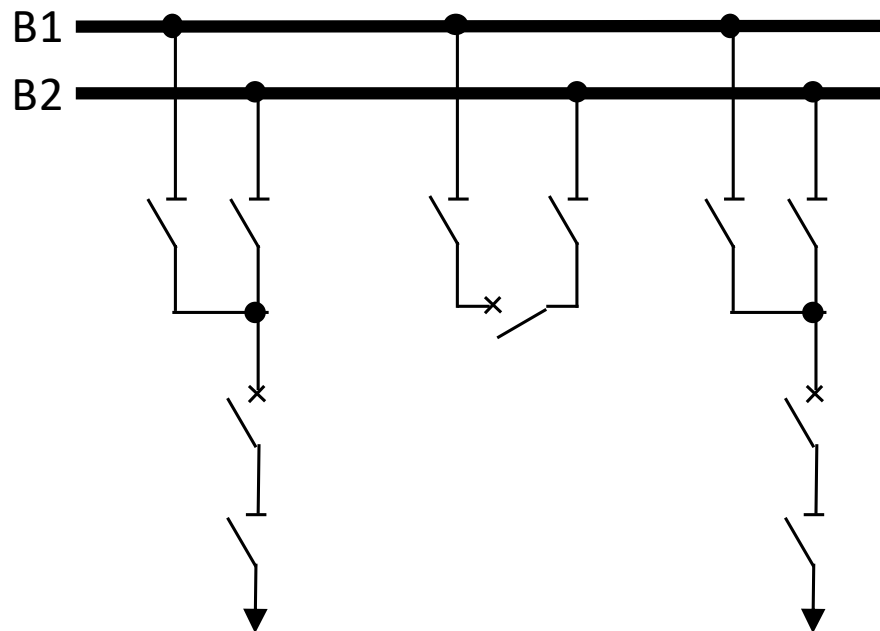


Figura 3.5. Doble barra.

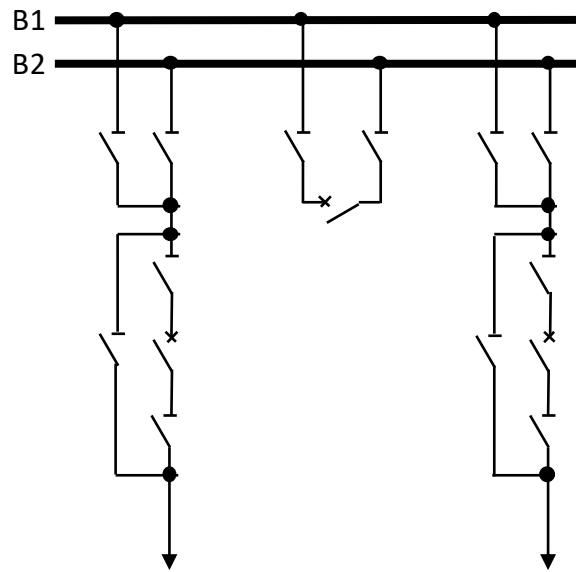


Figura 3.6. Doble barra más seccionador *by-pass* o paso directo.

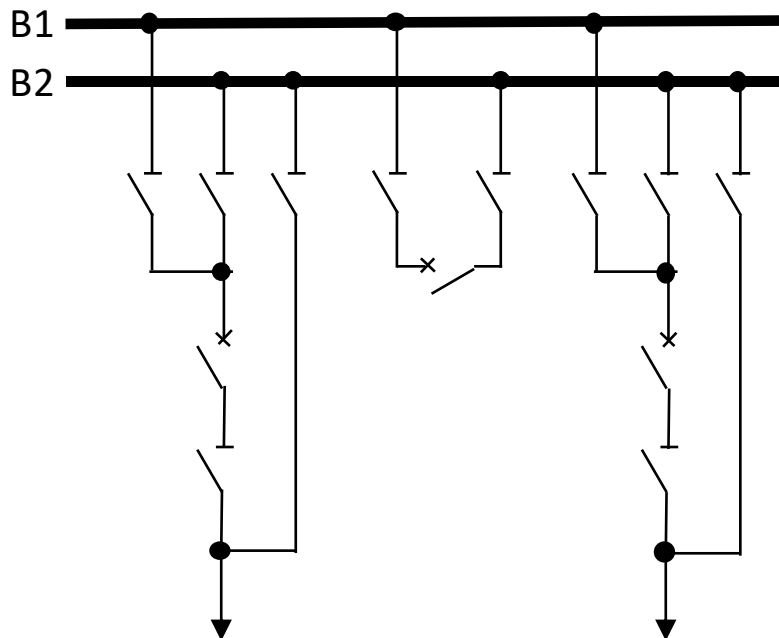


Figura 3.7. Doble barra más seccionador de transferencia.

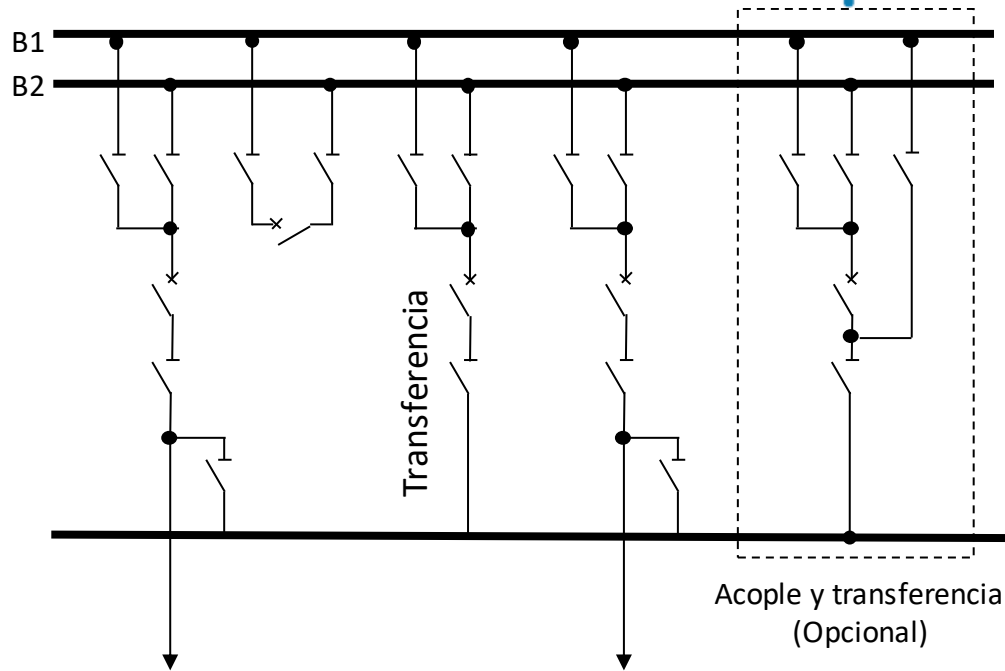


Figura 3.8. Doble barra más barra de transferencia.

Tabla 3.2. Tipos de configuración y sus ventajas y desventajas – configuración europea.

Tipo de configuración	Ventajas	Desventajas	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra simple	<ul style="list-style-type: none"> Económica. Simple en concepto y operación, fácil de proteger. Utiliza poco espacio y posee poca probabilidad de operaciones incorrectas. Fácilmente extensible. 	<ul style="list-style-type: none"> Carece de confiabilidad, seguridad y flexibilidad en el caso de barra simple sin seccionar. En el caso de barra seccionada, no se pueden cambiar los circuitos de una barra a otra en operación normal, necesitando de una correcta planificación. 	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆
Barra simple seccionada	<ul style="list-style-type: none"> Permite el mantenimiento de una sección de barra. Solo se pierde una sección en caso de falla. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere una mayor cantidad de equipamiento; por lo tanto, posee un mayor costo. Seccionamiento puede causar interrupción en circuitos sanos. Flexibilidad limitada en la operación. 	★★☆	★★☆	★★☆
Configuración en H					
Conexión Tap-Off	<ul style="list-style-type: none"> Económica. Simple en concepto y operación, fácil de proteger. 	<ul style="list-style-type: none"> Limitado solamente a cuando existe solo una línea de transmisión y un solo transformador. 	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆
Barra principal más transferencia o barra principal seccionada más transferencia	<ul style="list-style-type: none"> Económica. Permite realizar <i>by-pass</i> para líneas de transmisión. Permite el mantenimiento de un paño con línea transferida. Permite el mantenimiento de una sección de barra en el caso seccionado y mantener en servicio uno de los circuitos de esta sección mediante el interruptor de transferencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Baja seguridad dado que una falla en la barra (o en una sección de barra), deja fuera de servicio la barra (o la sección de barra). 	★★☆	★★☆	★★☆
Doble barra	<ul style="list-style-type: none"> En líneas de doble circuito es posible realizar mantenimiento de uno de sus paños, mientras el otro conduce. Permite realizar <i>by-pass</i> para líneas de transmisión. Permite mantenimiento en una de las barras, sin dejar fuera de servicio la otra barra. La conexión de una línea a una barra u otra se puede hacer en cualquier momento. Permite dos llegadas que siempre deben operar por separado. Permite separar barras para cargas que causan <i>flicker</i> u otros fenómenos o separar barras para cargas críticas. Permite separar sistemas para limitar las corrientes de cortocircuito. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere una mayor cantidad de equipamiento primario. Requiere un sistema de control y protección más robusto, en especial al tipo de protección diferencial de barra a utilizar. 	★★☆	★★☆	★★☆
Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo	<ul style="list-style-type: none"> Se puede utilizar la subestación como doble barra, tal que una sea principal y la otra de transferencia, permitiendo el mantenimiento de un paño con línea transferida. 	<ul style="list-style-type: none"> Con circuitos en ambas barras, no es posible realizar el mantenimiento de un paño en particular, dado que la barra debe estar libre para pasar al modo de transferencia. Esta configuración presenta la mayor cantidad de equipos primarios lo que eleva el valor de inversión y la probabilidad de operaciones incorrectas durante la maniobra de estos. 	★★☆	★★☆	★★☆
Doble barra más seccionador de transferencia					
Doble barra más barra de transferencia	<ul style="list-style-type: none"> Permite tanto acoplamiento de barras como transferencia. El arreglo brinda simultáneamente confiabilidad y flexibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere una mayor cantidad de equipamiento primario. Requiere una superficie mayor que las configuraciones anteriormente descritas. 	★★★	★★☆	★★★

3.1.2 CONFIGURACIÓN AMERICANA TÍPICA

Las figuras 3.9 a 3.11 muestran las distintas disposiciones y arreglos de barras en la configuraciones americanas. Adicionalmente, en la tabla 3.4 se muestran las ventajas y desventajas de este tipo de configuración.

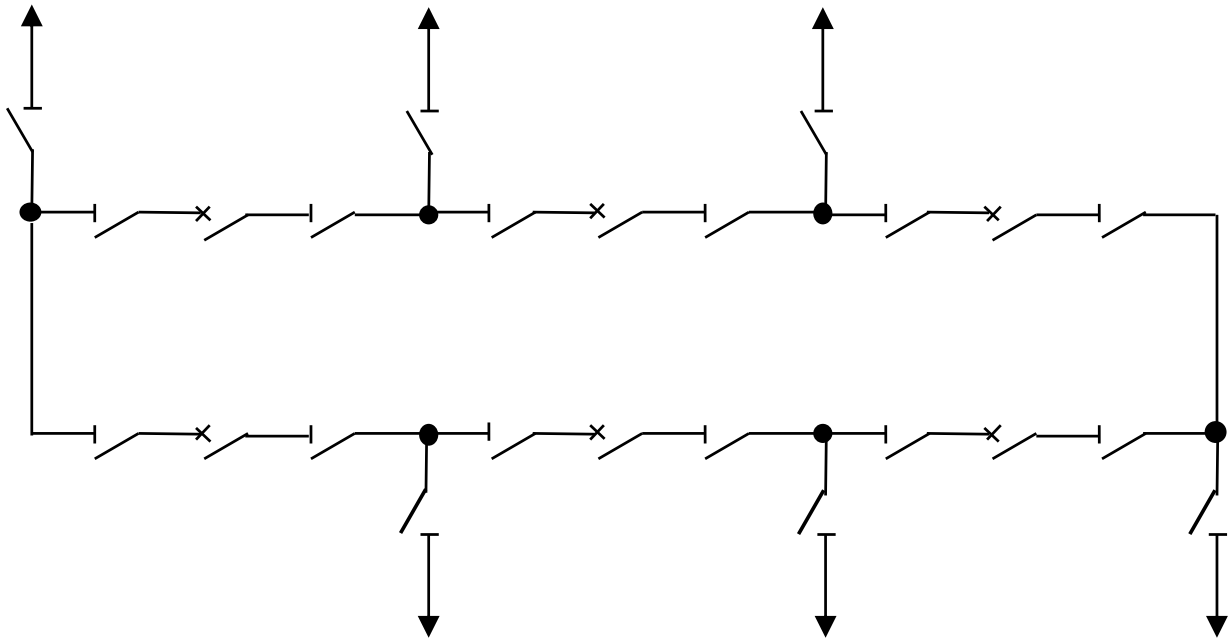


Figura 3.9. Anillo.

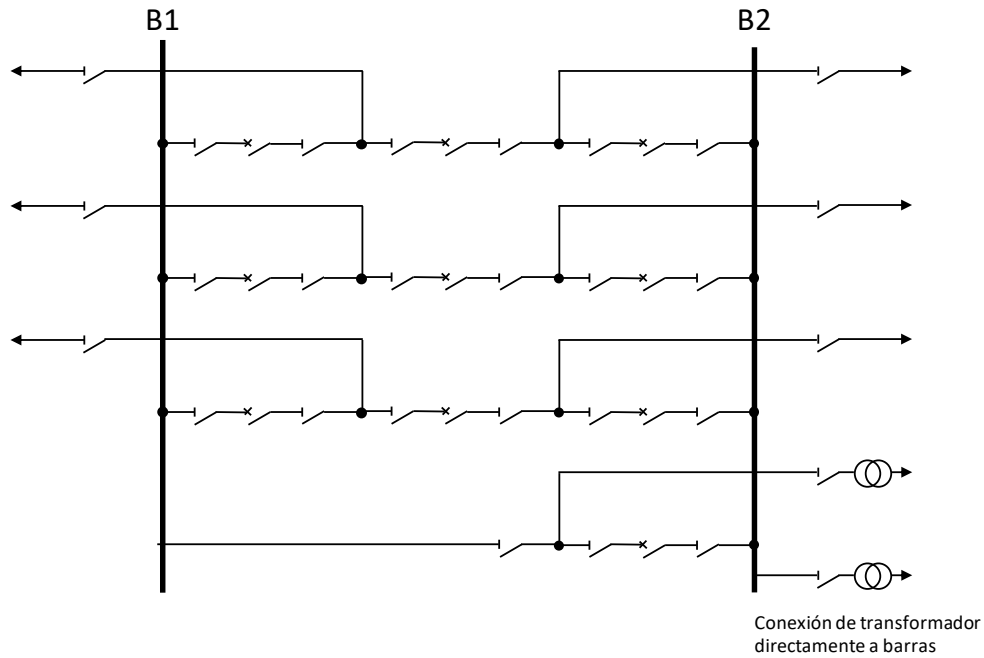
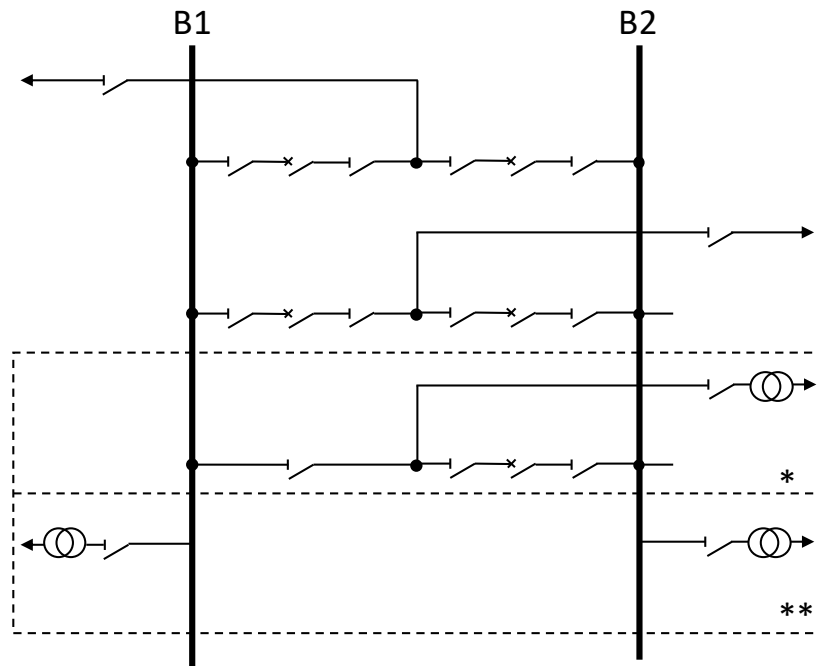


Figura 3.10. Interruptor y medio.



*: Opción que considera barra de transferencia.

** : Opción para conexión de transformadores a las barras.

Figura 3.11. Doble barra con doble interruptor.

Tabla 3.3. Tipos de configuración y sus ventajas y desventajas – configuración americana.

Tipo de configuración	Ventajas	Desventajas	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Anillo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Económica. ▪ Permite continuidad de servicio tanto en mantenimiento de un paño o ante falla. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Su nivel de flexibilidad es bajo, dado que requiere el cierre de todo el equipamiento primario. 	★★★☆☆	★★★☆☆	★☆☆☆☆
Interruptor y medio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite continuidad de servicio tanto en mantenimiento de un paño o barra, y ante falla en circuitos, barras o paños. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Su nivel de flexibilidad es bajo, dado que requiere el cierre de todo el equipamiento primario. 	★★★★★	★★★☆☆	★☆☆☆☆
Doble barra con doble interruptor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posee la mayor seguridad tanto para fallas en barras como en paños. ▪ Permite continuidad de servicio tanto en mantenimiento de un paño o ante falla. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es la configuración más costosa. 	★★★★★	★★★★★	★★★★★

3.2 TECNOLOGÍAS DE SUBESTACIONES

Otro de los factores importantes a considerar en la planificación de una subestación, corresponde al tipo de tecnología a utilizar. En general, existen tres tipos de tecnologías:

- *Air Insulated Switchgear (AIS)*
- *Mixed Technologies Switchgear (MTS)*
- *Gas Insulated Switchgear (GIS)*

El grupo de trabajo B3.20 de CIGRE, presenta en su documento *Evaluation of different switchgear technologies (AIS, MTS, GIS) for rated voltages of 52 kV and above* [2], los factores críticos principales que permiten seleccionar adecuadamente si una subestación debiera ser AIS, MTS o GIS.

En [2] y según lo mostrado en la figura 3.12, las tecnologías son categorizadas en tres grandes grupos, calificadas en términos de solución convencional, compacta o compuesta.

- Soluciones AIS Convencionales (promovida para optimizar el costo de inversión).
- Soluciones GIS Convencionales (promovida por limitaciones de espacio, tanto para interior como exterior).
- Soluciones AIS o GIS compactas o soluciones híbridas (promovida por la necesidad de redundancia y mayor confiabilidad, principalmente para exterior).

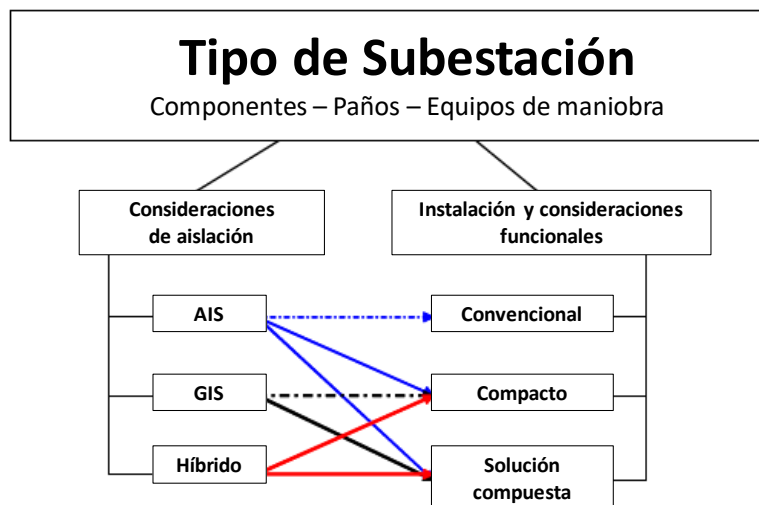


Figura 3.12. Subestaciones con tecnologías unitarias (línea punteada) y conjunta (línea continua).

El resumen de la evaluación realizada en [2], respecto al nivel de aplicación de las distintas características de las subestaciones tipo AIS, MTS y GIS, para niveles de tensión mayor a 52 kV, son presentados en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Resumen de la evaluación de las distintas características AIS, MTS y GIS, parte 1 de 2.

Característica	AIS	MTS	GIS
1. Ubicación			
• Rural – exterior	++	+	--
• Urbano – exterior	0	++	+
• En interior	-	+	++
• Subterráneo	--	+	++
• Contenedor	--	++	++
2. Diseño y fabricación de los equipos			
• Diseño conceptual y su evaluación	++	0	+
• Material (*equipos combinados)	+	+(-)*	+
• Proceso de fabricación y control de calidad.	++	+	-
• Proceso de fabricación y control de calidad tanto de fabricación como comisionamiento en sitio.	-	+	++
3. Ingeniería			
• Complejidad del proyecto	++	+	0
• Planificación del proyecto	0	0	0
• Firmas de contratos y acuerdos	0	+	++
• Diagramas unilineales	0	0	0
• Especificaciones	+	0	+
• Disposición de equipos	-	+	++
• Planos de obras civiles y mallas a tierra	+	-	+
• Sistemas de control y protecciones, sistemas de monitoreo	++	+	0
4. Construcción			
• Preparación en sitio	++	+	-
• Transporte y almacenamiento	-	+	++
• Obras civiles (fundaciones)	+	0	-
• Cuadrilla de trabajo	+	+	-
• Instalación a medida o particulares del proyecto	-	+	0
• Impacto en instalaciones en servicio	+	+	-
• Comisionamiento	+	++	-
5. Impacto en el medio ambiente			
• Estética (requerimientos para disimular la subestación)	-	0	+
• Naturaleza	-	0	++
• Ruido	0	0	+
• Fuga de líquidos	-	0	-
• Campos electromagnéticos y compatibilidad electromagnética	0	0	++
6. Impacto del medio ambiente			
• Condiciones climáticas (*aplicación interior)	0	+(++)*	+(++)*
• Contaminación (*aplicación interior)	0	0(++)*	0(++)*
• Corrosión (** edificio con climatización controlada)	0	0	+**
• Condiciones sísmicas	0	+	++

Símbolos:

- "++" denota que esta tecnología provee una **ventaja indudable**
- "+" denota que esta tecnología provee una **ventaja**
- "0" denota un **estado neutral**
- "-" denota una **desventaja**
- "--" denota una **desventaja indudable**

Tabla 3.5. Resumen de la evaluación de las distintas características AIS, MTS y GIS, parte 1 de 2.

Característica	AIS	MTS	GIS
7. Tiempos desarrollados en sitio			
• Duración de la preparación	0	+	0
• Duración del transporte	-	+	++
• Duración de la instalación	-	++	0
• Duración del comisionamiento	++	+	0
• Duración del tiempo de reparación en caso de falla	++	+	0
• Duración del mantenimiento	++	+	0
8. Operación y servicio			
• Control (*para MTS multifuncional)	+	0(-)*	0
• Condición de monitoreo	-	0	+
• Vida útil esperada	+	+	+
• Desmantelamiento y clausura	0	0	-
• Reemplazo de componentes	++	+	-
• Dependencia en el fabricante	++	+	-
• Dependencia en conocimiento específico	++	+	-
9. Disponibilidad			
• Sostenibilidad	-	+	++
• Tiempo promedio de mantenimiento	+	++	0
• Confiabilidad (*aplicaciones en interior)	0	+	+(++)*
• Tiempo promedio de reparación	+	++	0
• Herramientas y manejo de gases	+	0	0
10. Pruebas			
• Pruebas tipo	+	0	++
• Pruebas rutinarias	+	0	++
• Pruebas en sitio	++	+	0
• Pruebas en equipos	++	+	0
11. Flexibilidad			
• Extensión de subestaciones existentes	++	++	0
• Usado para extender subestaciones existentes	0	++	+
• Reemplazo/renovación de subestaciones existentes (*para voltajes sobre 245 kV)	-	++	+*
• Usado para reemplazar/renovar subestaciones existentes	+	++	-
• Instalaciones temporales o móviles	+	++	-
• Nueva subestación	+	+	+
12. Seguridad del personal			
• Riesgos de lesión con instalaciones en servicio	0	+	++
• Riesgos de lesión con instalaciones en mantenimiento	++	+	0
• Riesgos de lesión en caso de una gran falla	0	+	++
13. Seguridad de las instalaciones			
• Seguridad contra ataques terroristas	0	+	++
• Seguridad contra vandalismo	0	+	++
• Seguridad contra robos de equipamiento	0	+	++
14. Costo durante la vida útil del equipamiento			
• Costos de adquisición e instalación	++	0	-
• Costos de mantenimiento preventivo y correctivo	0*	++*	+*
• Costos de desmantelamiento y clausura	-	0	0

Símbolos:

- "++" denota que esta tecnología provee una **ventaja indudable**
- "+" denota que esta tecnología provee una **ventaja**
- "0" denota un **estado neutral**
- "-" denota una **desventaja**
- "--" denota una **desventaja indudable**

Con respecto a media tensión, entendiéndose como media tensión los sistemas de distribución con voltajes entre 1 kV y 52 kV, se utilizan las tecnologías de AIS y GIS mencionadas anteriormente, junto a la tecnología *Shielded and Solid Insulation System* (SSIS), que corresponde a una tecnología de celdas de media tensión sin SF6, la cual actualmente tiene una capacidad de operación hasta 17,5 kV.

El tipo de tecnología a elegir para una determinada solución no solo debe considerar la caracterización cualitativa según las tablas 3.2 y 3.3, sino también estrategias de abastecimiento de la demanda en los centros de consumo. A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación en la que se optimiza la inversión en términos del tipo de tecnología a utilizar.

3.2.1 EJEMPLO DE SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

A modo de ejemplo en lo que respecta a la elección del diseño de solución AIS o GIS para sistemas de alta o media tensión, se resume un estudio presentado en el artículo *Comparison of GIS and AIS systems for urban supply networks* [3], que puede ser utilizado como caso ejemplo respecto a la elección de la tecnología. En términos generales, se puede considerar la elección del tipo de tecnología en base a las características de las redes de alta o de media tensión.

1. Elección de tecnología considerando las redes de alta tensión

En [3] se establece que la mejor ubicación para la inyección en las redes de distribución depende en gran medida a la tecnología seleccionada para el sistema de alta tensión, dígase AIS o GIS. Los sitios para grandes subestaciones AIS raramente están disponibles y, cuando lo están, su costo es alto, presentándose en la solución GIS una alternativa viable. Adicionalmente, la GIS también es una alternativa económica cuando se expanden o reemplazan subestaciones.

El desafío del espacio se extiende más allá de la subestación dado que las líneas aéreas no son viables hoy en día para áreas dentro de la ciudad, requiriéndose cables de alta tensión.

2. Elección de tecnología considerando las redes de media tensión

Comparar una tecnología AIS o GIS basándose solamente en las diferencias de la red de alta tensión es un ejercicio limitado, ya que la ubicación del transformador de alta tensión influencia en gran manera el diseño de la red de media tensión; por lo tanto, en [3] se establece que el diseño de la subestación debiera considerar como punto de partida la demanda actual y la ubicación geográfica de la subestación. La figura 3.13 muestra un ejemplo de caracterización de demandas en una zona geográfica particular, como punto de partida en el análisis del diseño de una subestación tipo AIS o GIS.

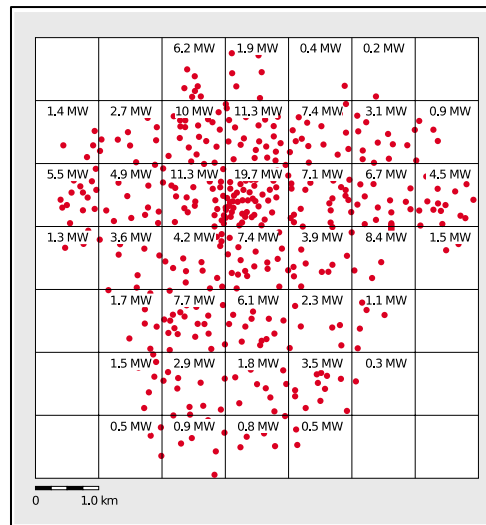
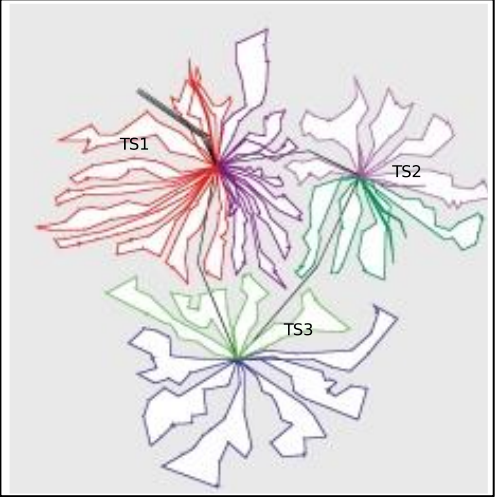
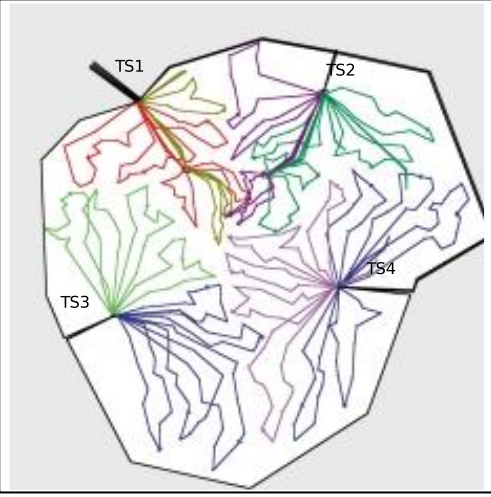


Figura 3.13. Ejemplo de distribución de demanda para efectos de diseñar una subestación AIS o GIS.

En general, cada empresa distribuidora posee sus propias estrategias de planificación, de acuerdo con la configuración de la red, necesidad de sus clientes y la ubicación geográfica. En términos generales, en la planificación existen restricciones técnicas tales como la tensión y los límites de cortocircuito, que definen las capacidades de los equipos. Ahora bien, en términos del diseño, en [3] se establecen guías típicas a seguir, no solo en la subestación AT/MT, sino también a nivel de distribución:

- Usar componentes estándares en líneas, cables y transformadores.
- Usar topologías de lazo abierto en redes de distribución, tal que un alimentador desde la barra MT de una subestación AT/MT, se acerque a los clientes y vuelva a la misma subestación AT/MT. Durante la operación normal, el lazo se mantiene abierto para proveer protección simple. Adicionalmente, cada subestación debe tener un transformador de respaldo.
- A nivel de distribución, utilizar un máximo de clientes por cada lazo abierto, para reducir el nivel de interrupción por fallas en redes de media tensión.
- Definir la carga normal de alimentadores, evitando sobrecargas en caso de falla.

Los resultados presentados en [3], permiten observar que la tecnología GIS acerca las subestaciones a los centros de carga (ver figura 3.14), permitiendo; primero, un óptimo en el número de cargas que alimenta cada subestación y por ende un óptimo en la capacidad de los transformadores; segundo, menor capacidad instalada en transmisión de media tensión, dado que se requiere una menor sección de los cables; y tercero, reducir las pérdidas en transmisión. En contraste, para el ejemplo [3], la solución vía tecnología AIS (figura 3.15), no provee la solución óptima, requiriendo incluso una subestación completa adicional, elevando los costos del proyecto y operacionales.

	
<p>Figura 3.14. Ejemplo de tres subestaciones AT/MT con tecnología GIS, inyectando energía cerca de los centros de carga. El ejemplo considera tres subestaciones de media tensión en lazo abierto, alimentadas por una red de 110 kV.</p>	<p>Figura 3.15. Ejemplo de cuatro subestaciones AT/MT con tecnología AIS, instalados de forma periférica a los centros de carga. El ejemplo considera líneas aéreas en la periferia.</p>

El estudio de [3] permite apreciar que, en la planificación de subestaciones, el tipo de tecnología a utilizar juega un papel fundamental, dado que no solo permite la ubicación óptima de subestaciones, sino que también mejora la confiabilidad del sistema.

3.3 COSTOS DE LAS CONFIGURACIONES DE CONEXIONES DE BARRAS

En esta sección, se realiza una estimación simple de los costos de las configuraciones de barra, a fin de tener una visión global de estos. La estimación de costos se enfoca principalmente en el equipamiento primario requerido por cada una de ellas, para tener una visión general de las configuraciones y bajo ninguna perspectiva entrar en el detalle de estas.

Se considera una S/E modelo que consta de dos paños de líneas de transmisión y dos paños para transformación, omitiendo el equipamiento del lado MT del transformador, dado que en todos los casos se asumirán idénticos. Las figuras 3.16 y 3.17 muestran los distintos tipos de configuración, asumiendo las líneas y transformadores mencionados. A modo de resumen, las figuras 3.18 y 3.19 presentan el equipamiento requerido por la S/E modelo para los tipos de configuración europea y americana por mencionada.

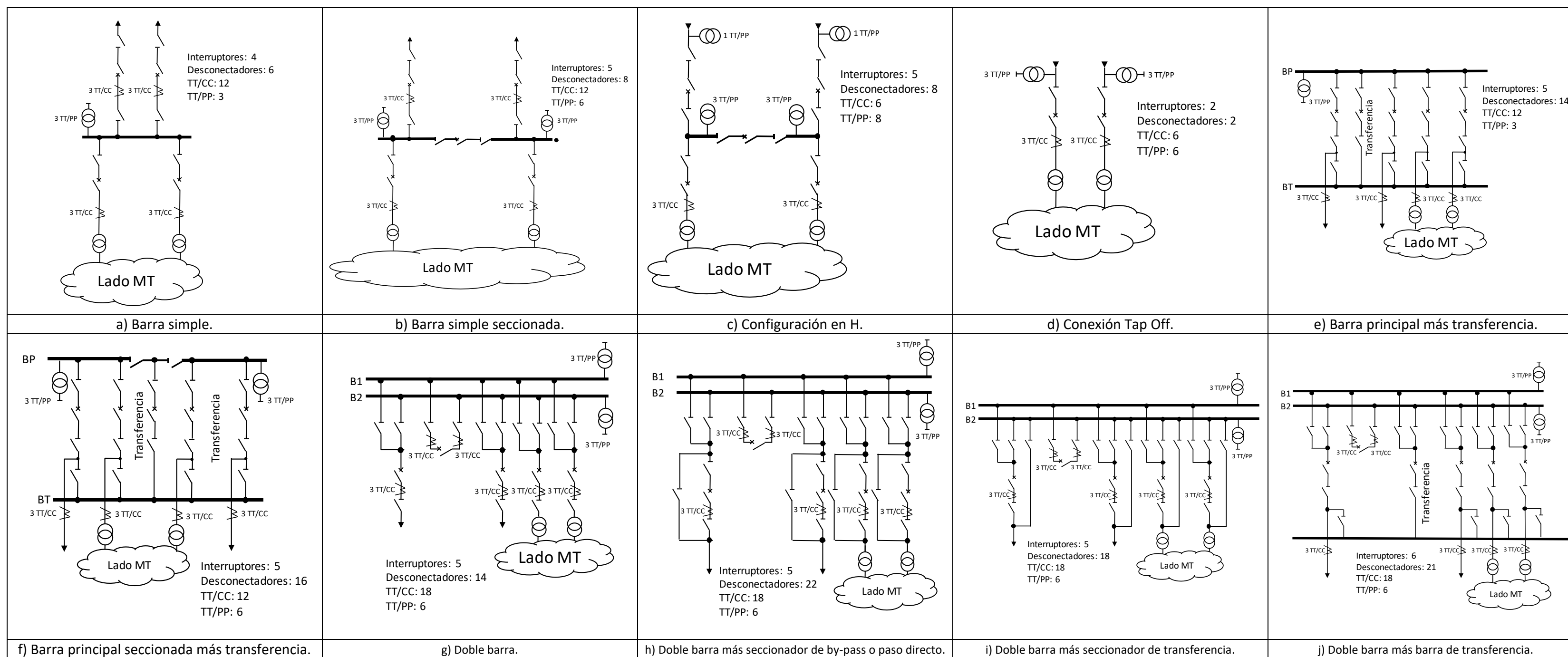


Figura 3.16. Configuraciones de conexiones de barras estándar europeo, asumiendo dos líneas de transmisión y dos transformadores AT/MT. a) Barra simple; b) Barra simple seccionada; c) Configuración en H; d) Conexión Tap Off; e) Barra principal más transferencia; f) Barra principal seccionada más transferencia; g) Doble barra; h) Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo; i) Doble barra más seccionador de transferencia; j) Doble barra más barra de transferencia.

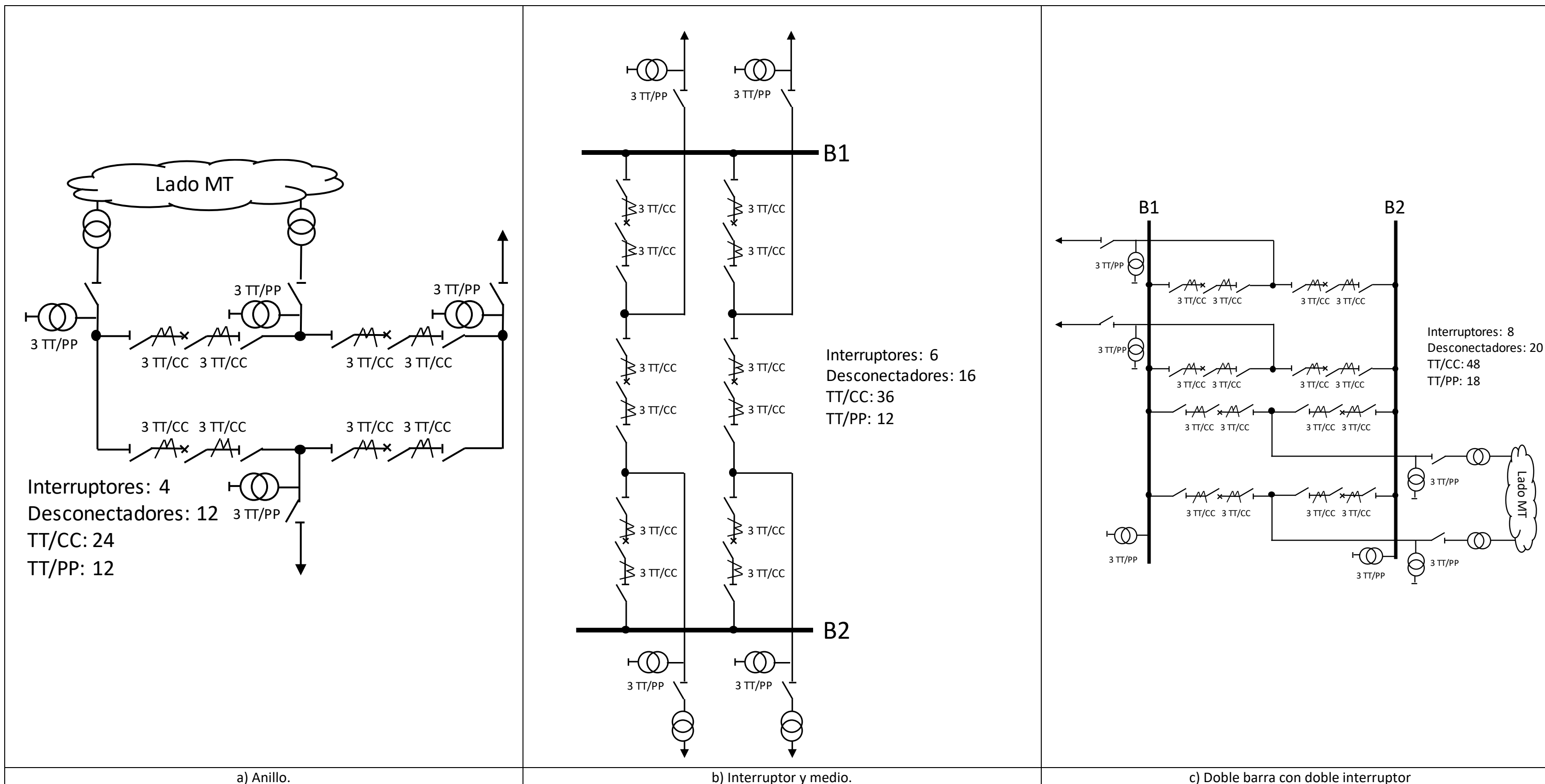


Figura 3.17. Configuraciones de conexiones de barras estándar americano, asumiendo dos líneas de transmisión y dos transformadores AT/MT. a) Anillo; b) Interruptor y medio; c) Doble barra con doble interruptor.

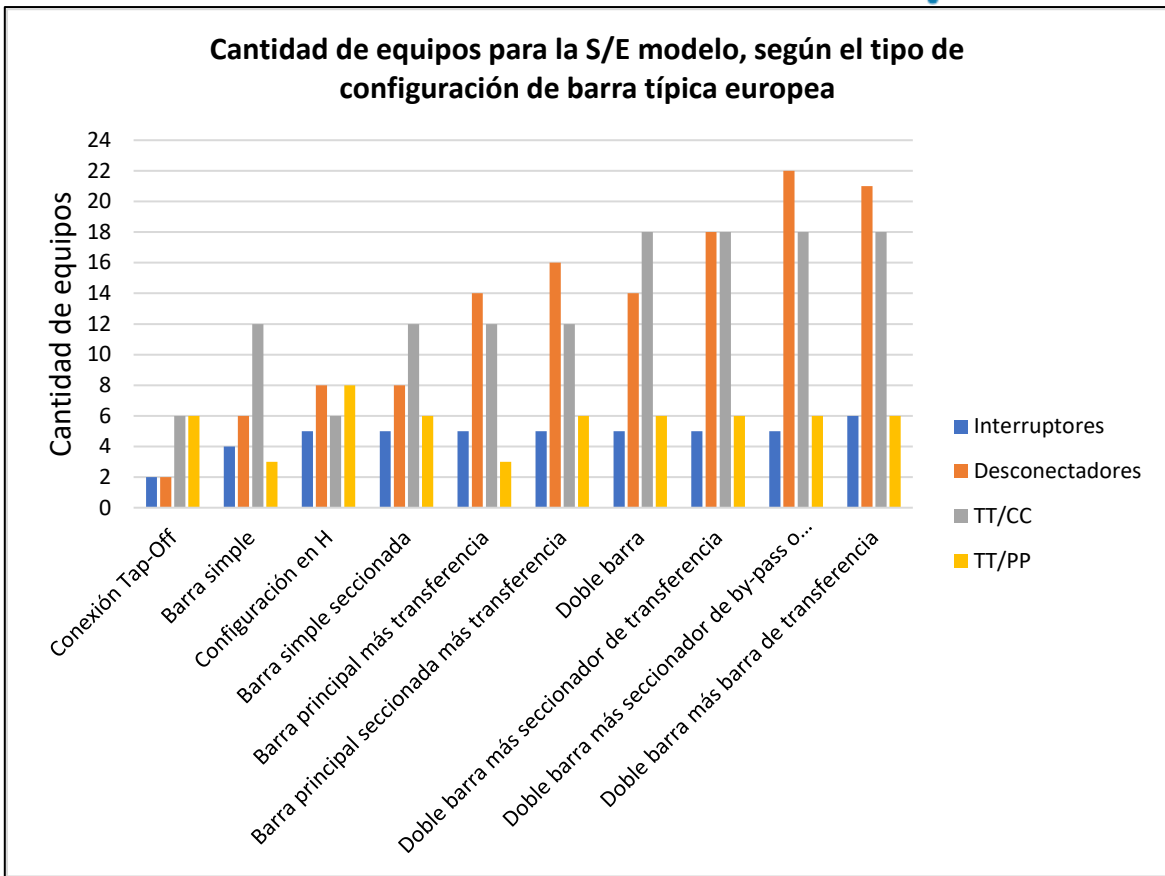


Figura 3.18. Resumen de la cantidad de equipos en la S/E modelo, según el tipo de configuración de barra típica europea.

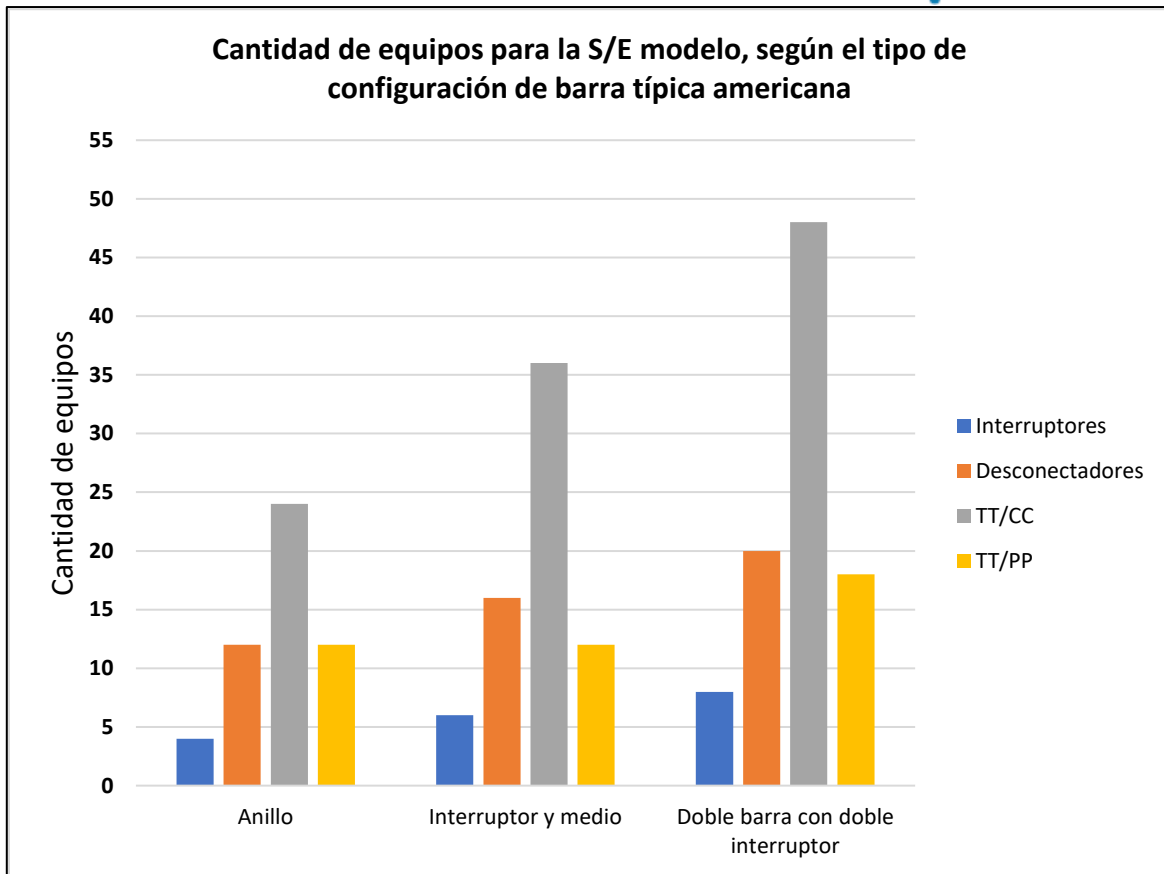


Figura 3.19. Resumen de la cantidad de equipos requeridos en la S/E modelo, según el tipo de configuración de barra típica americana.

La estimación de los costos para obtener una visión general de las posibles configuraciones se realiza utilizando como marco el documento *Transmission Cost Estimation Guide* del operador MISO de Estados Unidos [4]. El análisis comparativo de costos asume un nivel de tensión de 69 kV para el lado de alta de los transformadores y toma en consideración los siguientes costos:

- Costos unitarios de cada equipo.
- Costos unitarios de instalación de cada equipo.
- Costos de fundación.
- Otros costos tales como de cableado, puesta a tierra y soportes de acero.

Los siguientes costos han sido omitidos, asumiendo que representan un costo similar de forma transversal para las distintas configuraciones:

- Costos de los transformadores.
- Costos de soportes de barras y empalmes.
- Sistemas de Control y Protección.
- Costos de gestión del proyecto, ingeniería, estudios, entre otros.

La tabla 3.6 muestra los costos estimados para los distintos tipos de configuraciones, junto con el costo relativo de cada configuración respecto a la configuración de barra simple. La principal desventaja de estimar los costos de forma unitaria es que no considera economías de escala en configuraciones de mayor cantidad de equipamiento a instalar.

Tabla 3.6. Costos estimados de los distintos tipos de configuraciones de barra y el costo relativo respecto a la configuración de barra simple.

Tipo de configuración	Interruptores		Desconectadores		TT/CC		TT/PP		Total MUSD	Costo relativo a barra simple
	Cantidad	Costo [USD]	Cantidad	Costo [USD]	Cantidad	Costo [USD]	Cantidad	Costo [USD]		
Conexión <i>Tap-Off</i>	2	120.432	2	120.432	6	72.488	6	155.938	469	72%
Barra simple	4	240.864	6	189.102	12	144.976	3	77.969	653	100%
Configuración en H	5	301.080	8	252.136	6	72.488	8	207.917	834	128%
Barra simple seccionada	5	301.080	8	252.136	12	144.976	6	155.938	854	131%
Barra principal más transferencia	5	301.080	14	441.238	12	144.976	3	77.969	965	148%
Barra principal seccionada más transferencia	5	301.080	16	504.272	12	144.976	6	155.938	1.106	169%
Doble barra	5	301.080	14	441.238	18	217.464	6	155.938	1.116	171%
Anillo	4	240.864	12	378.204	24	289.952	12	311.876	1.221	187%
Doble barra más seccionador de transferencia	5	301.080	18	567.306	18	217.464	6	155.938	1.242	190%
Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo	5	301.080	22	693.374	18	217.464	6	155.938	1.368	210%
Doble barra más barra de transferencia	6	361.296	21	661.857	18	217.464	6	155.938	1.397	214%
Interruptor y medio	6	361.296	16	504.272	36	434.928	12	311.876	1.612	247%
Doble barra con doble interruptor	8	481.728	20	630.340	48	579.904	18	467.814	2.160	331%

Interruptor	USD 60.216
Desconectador trifásico	USD 31.517
TT/PP, set de 3 unidades	USD 36.244
TT/CC, set de 3 unidades	USD 77.969

Las figuras 3.20 y 3.21 muestra de forma gráfica los costos presentados en la tabla 3.6, respectivamente para las configuraciones de barra europea y americana.

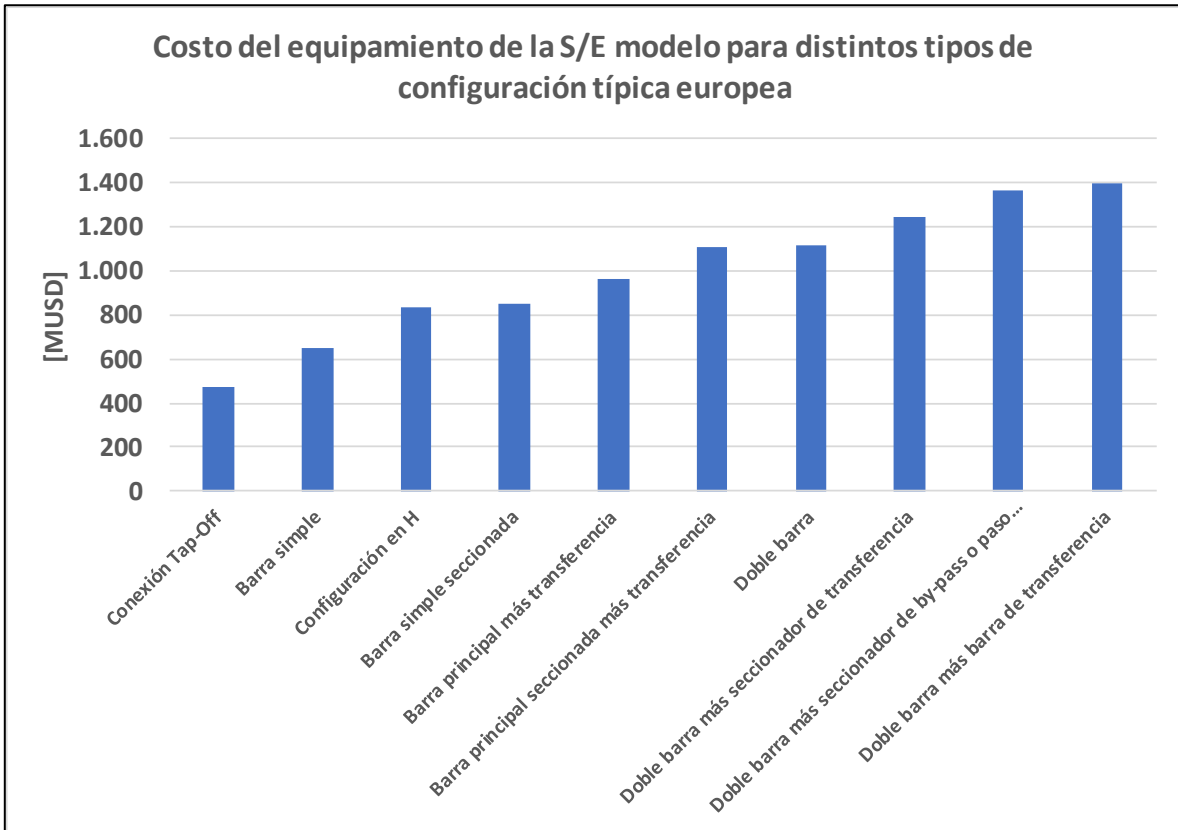


Figura 3.20. Resumen de los costos de equipamiento requeridos en la S/E modelo para 69 kV, según el tipo de configuración de barra típica europea.

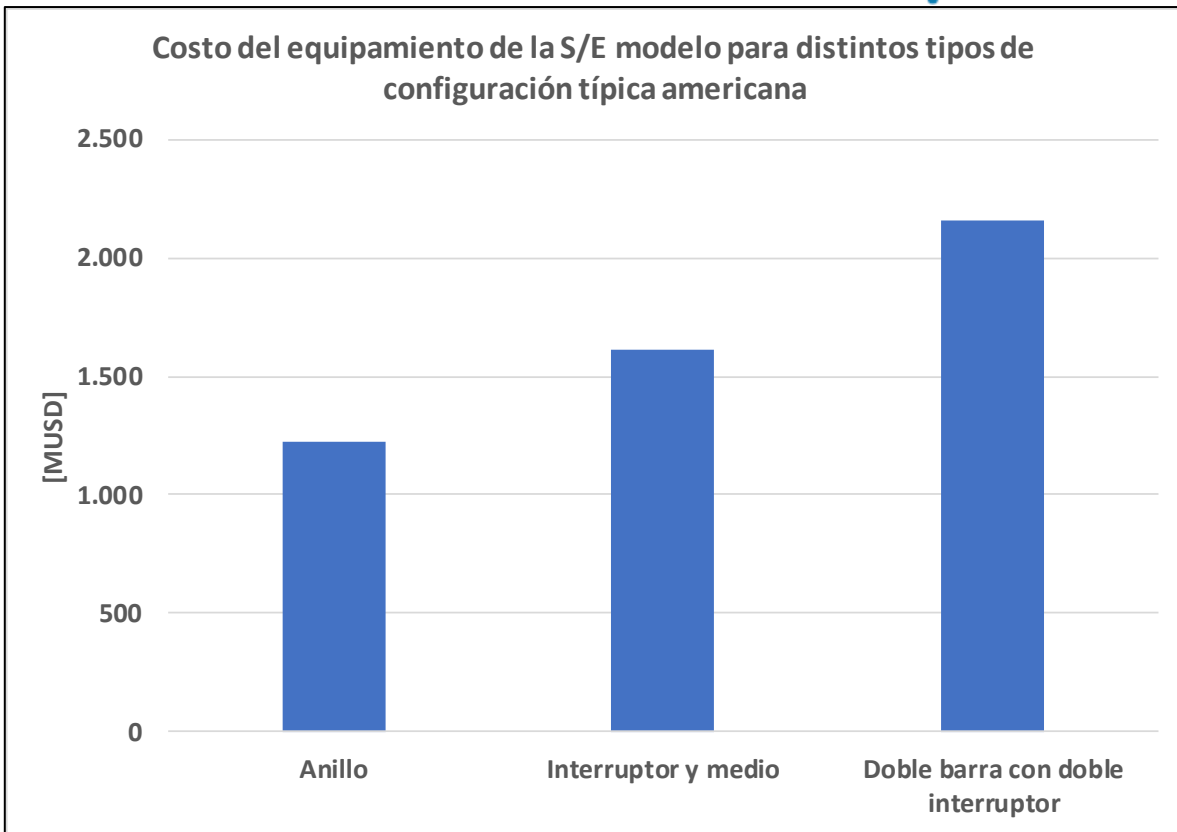


Figura 3.21. Resumen de los costos de equipamiento requeridos en la S/E modelo para 69 kV, según el tipo de configuración de barra típica americana.

3.4 CONFIGURACIÓN DE BARRAS AT/MT EN CHILE

La siguiente sección, muestra el resumen del levantamiento de información respecto al estado actual de los tipos de configuraciones de barra en todas las SS/EE de transmisión zonal del SEN.

La figura 3.22 muestra los tipos de configuraciones de barras AT de distintas empresas, mientras que la figura 3.23 muestra el número de tipos de configuraciones de barras AT que se encuentran en cada zona. De igual manera, la figura 3.24 muestra los tipos de configuraciones de barras MT de distintas empresas, mientras que la figura 3.25 muestra el número de tipos de configuraciones de barras MT que se encuentran en cada zona.

Ahora bien, las figuras 3.26 a 3.30, respectivamente muestran las configuraciones AT/MT típicas por cada zona del SEN.

Finalmente, la tabla 3.7 resume las figuras 3.26 a 3.30, presentando las tres primeras configuraciones AT-MT con mayor presencia en las diferentes áreas del SEN.

Respecto a la información levantada, se puede observar que:

- La mayoría de las zonas del SEN, a excepción de la Región Metropolitana, están fuertemente caracterizadas por configuraciones relativamente simples, como lo son las de tap – off, barra simple y barra simple seccionada. Al respecto, la zona Charrúa – Chiloé es la única que presenta configuraciones de mayor confiabilidad tales como la del tipo barra principal más transferencia en barras MT.
- La zona de la Región Metropolitana es la única zona que presenta configuraciones de barras más complejas respecto a las mencionadas en el párrafo precedente, encontrándose configuraciones tales como la de configuración en H, barra principal seccionada más transferencia y doble barra.

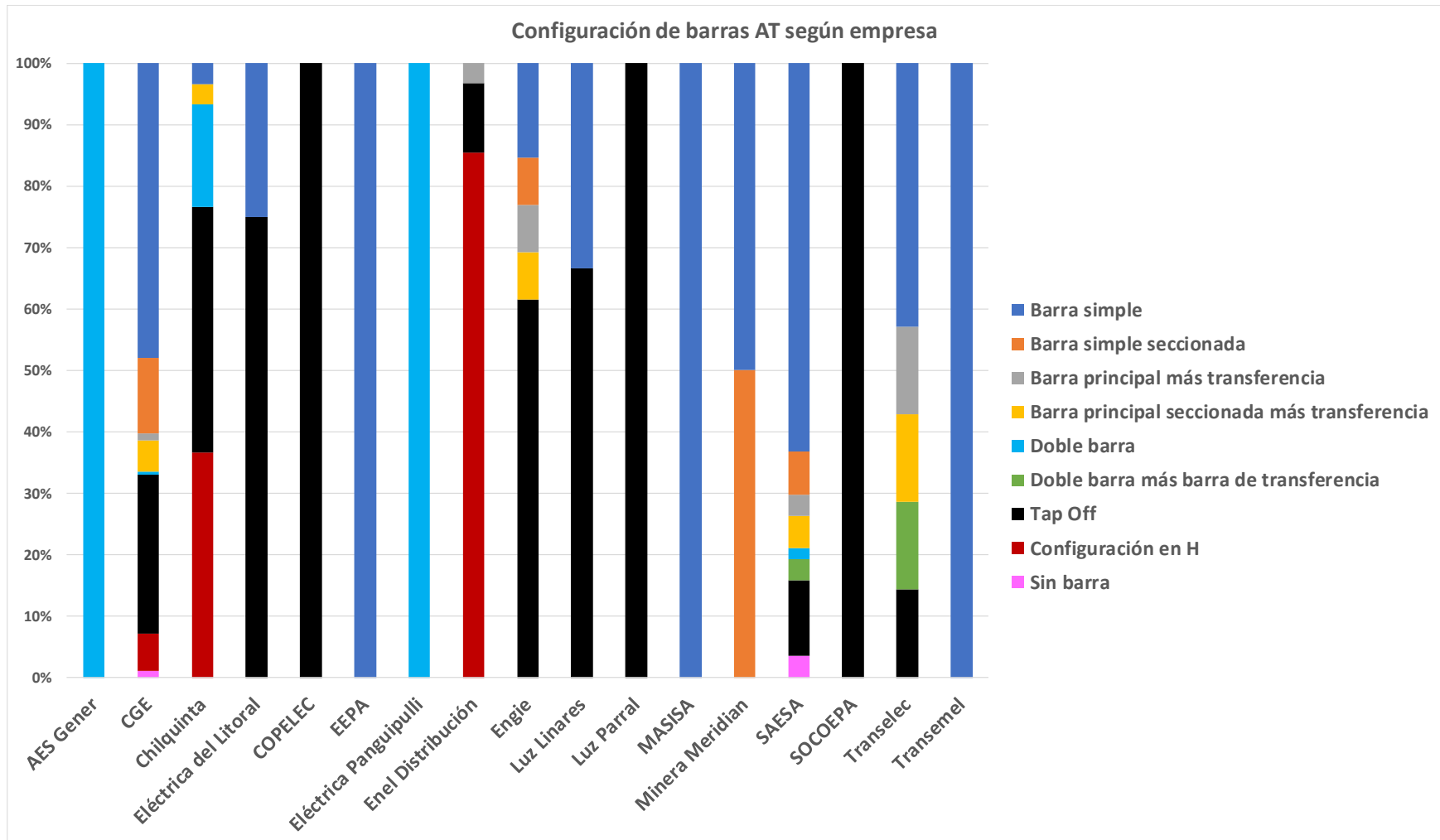


Figura 3.22. Configuración de barras AT según empresas.

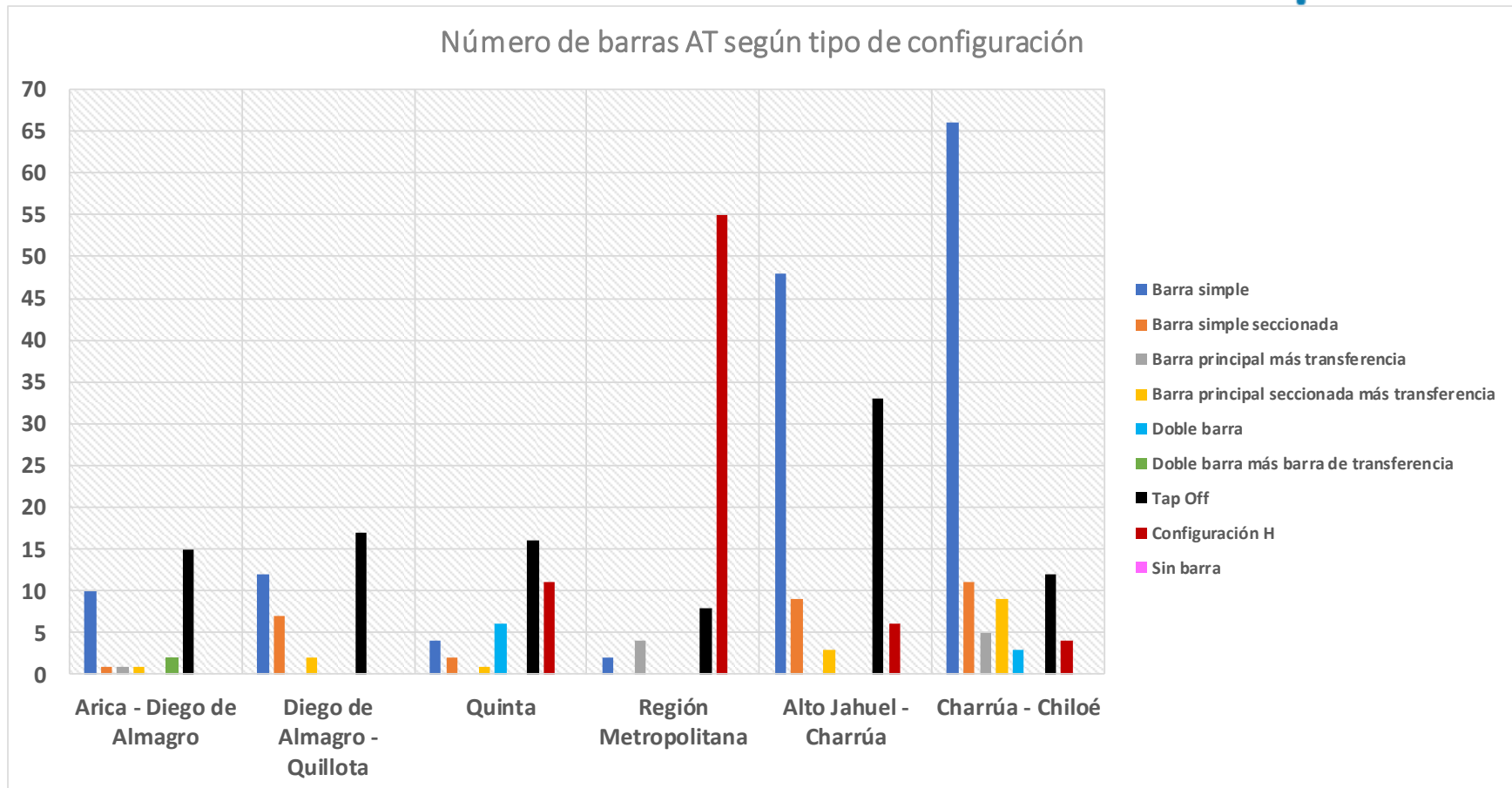


Figura 3.23. Número de barras AT según tipo de configuración.

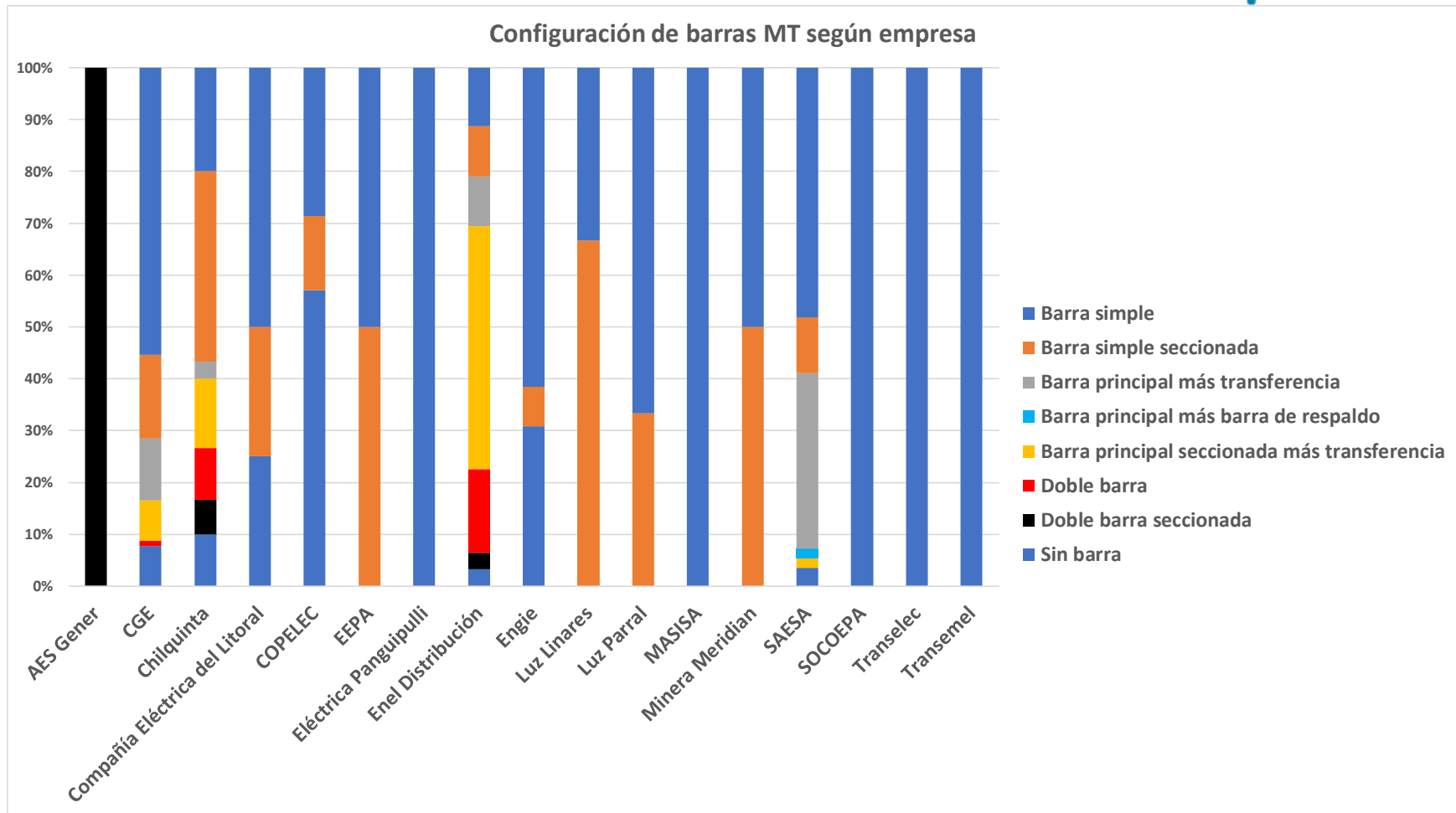


Figura 3.24. Configuración de barras MT según empresa.

Número de barras MT según tipo de configuración

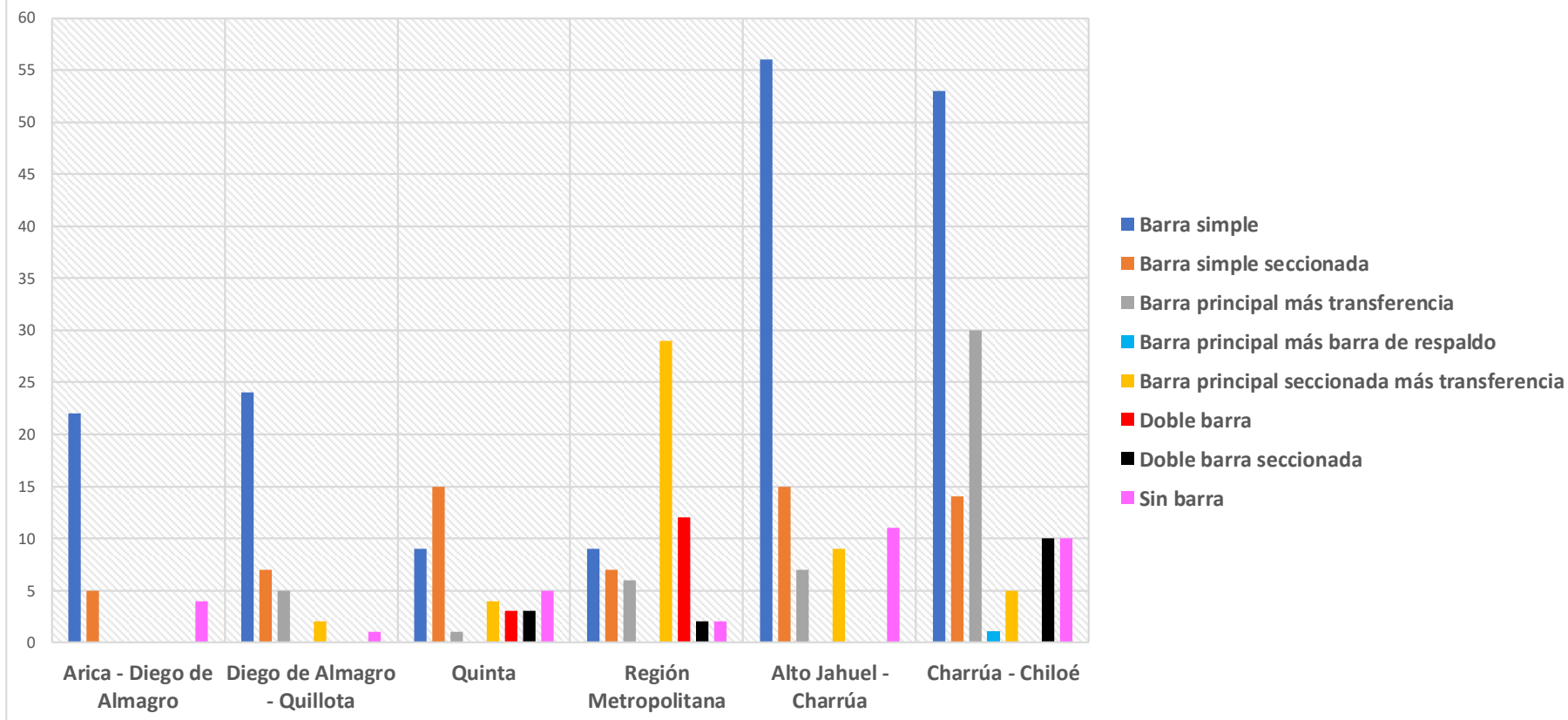


Figura 3.25. Número de barras MT según tipo de configuración.

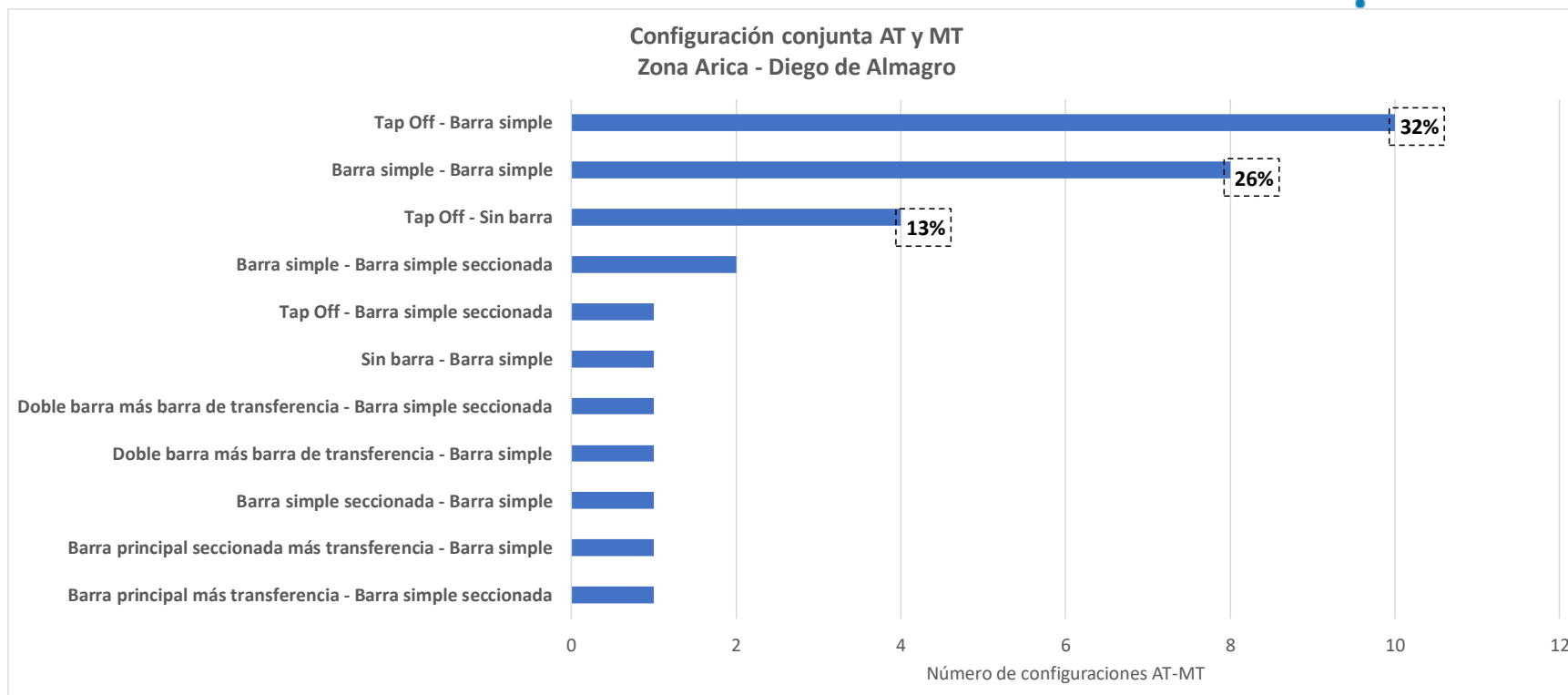


Figura 3.26. Configuración conjunta AT y MT Zona Arica - Diego de Almagro.

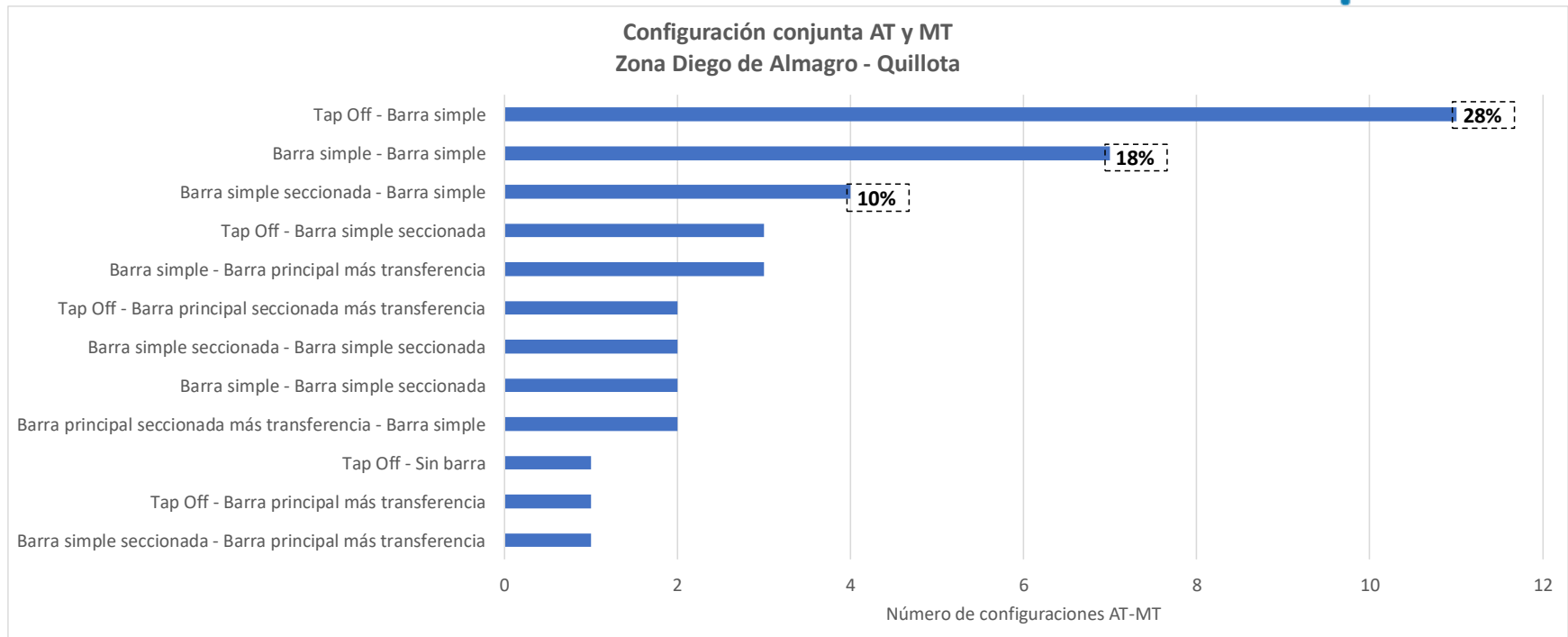


Figura 3.27. Configuración conjunta AT y MT Zona Diego de Almagro - Quillota.

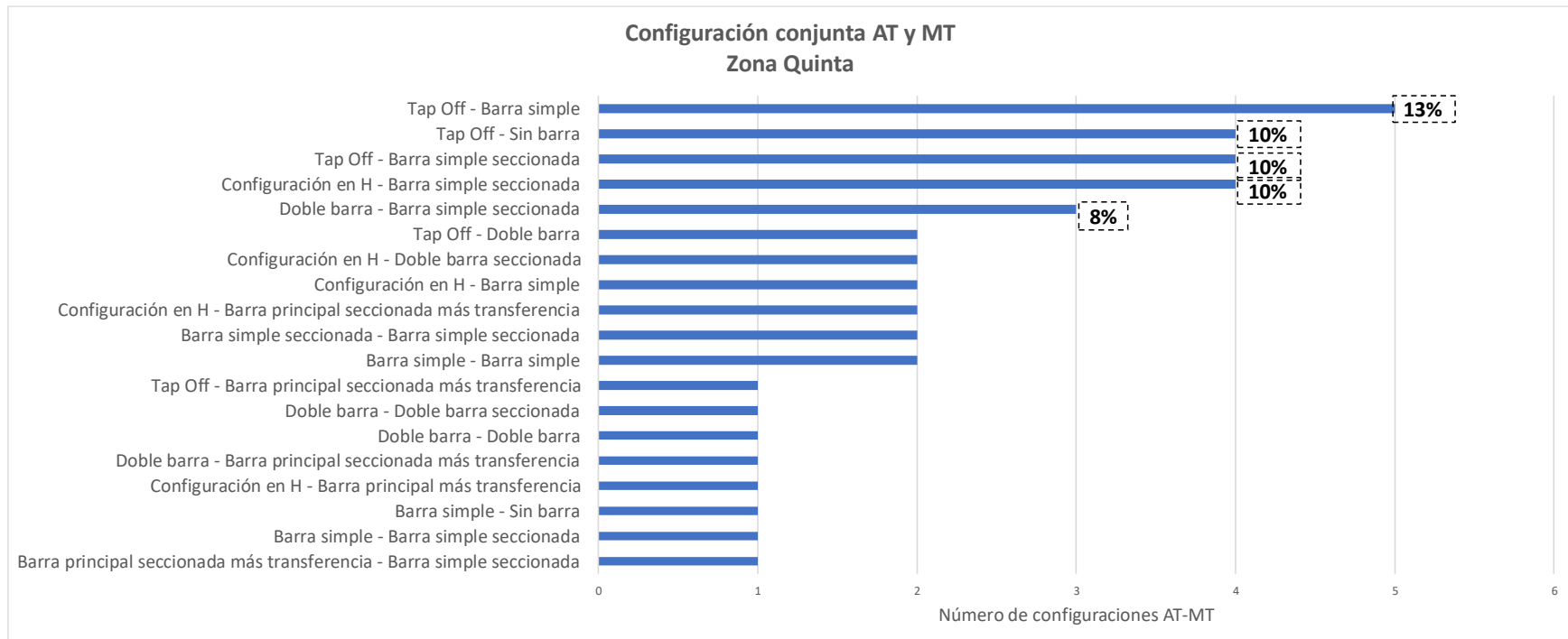


Figura 3.28. Configuración conjunta AT y MT Zona Quinta.

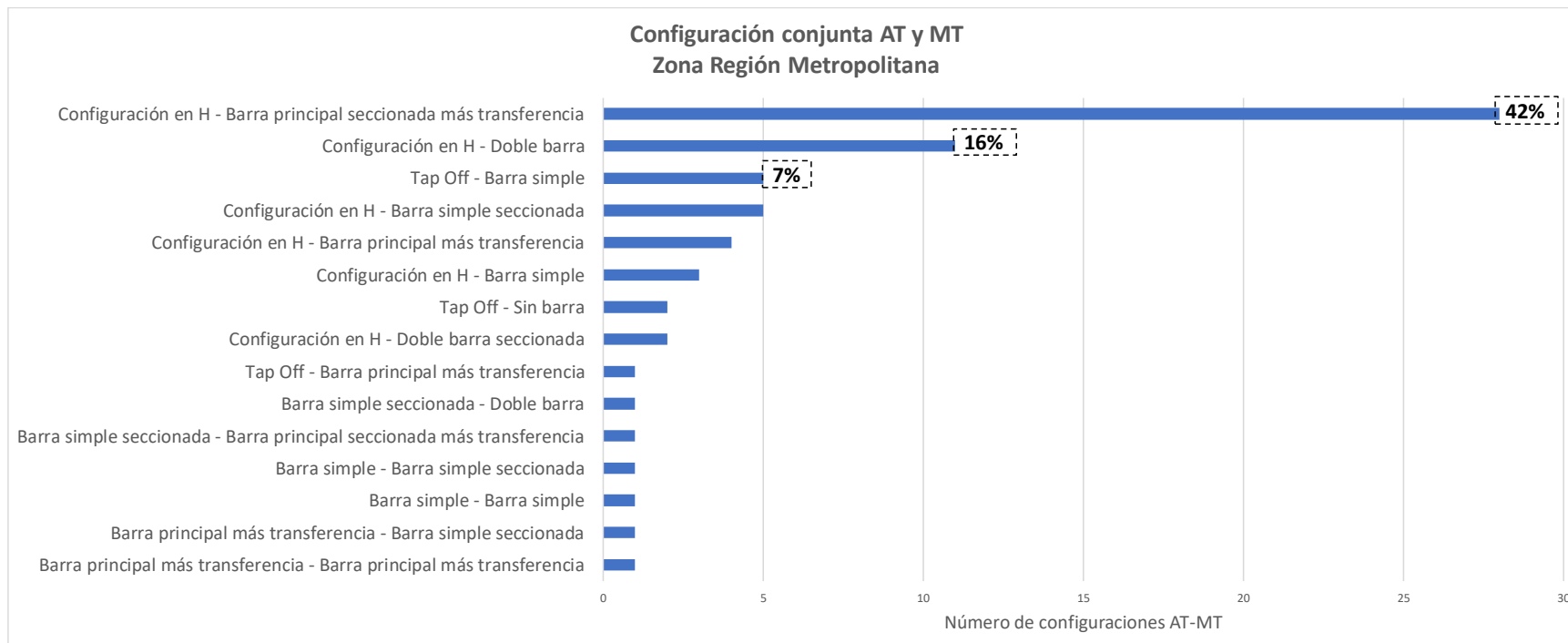


Figura 3.29. Configuración conjunta AT y MT Zona Región Metropolitana.

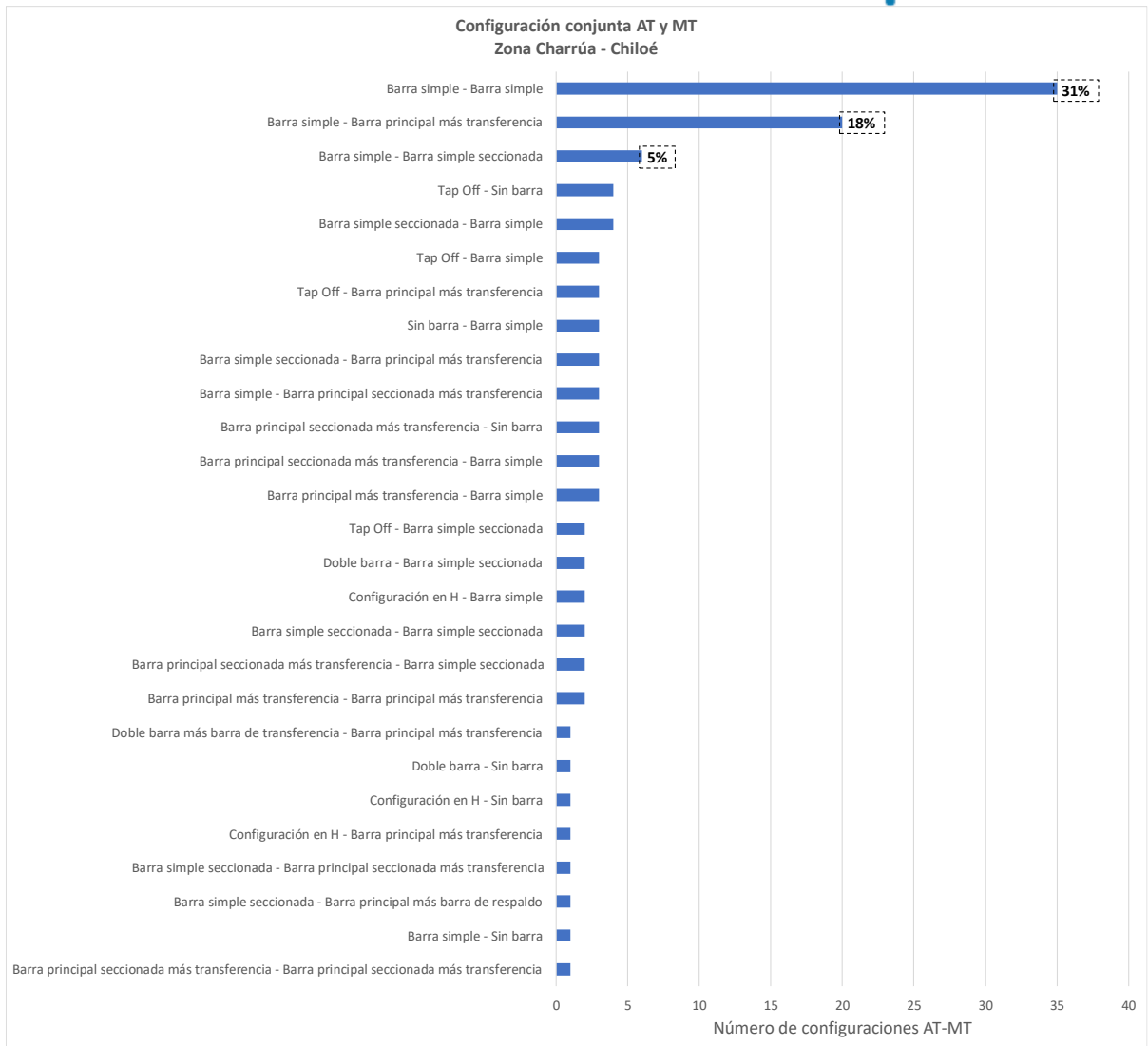


Figura 3.30. Configuración conjunta AT y MT Zona Región Metropolitana.

Tabla 3.7. Configuraciones AT-MT con mayor presencia en las diferentes áreas del SEN.

Zona	Configuración típica AT-MT		
	1°	2°	3°
Arica – Diego de Almagro	AT: Tap Off MT: Barra simple 32%	AT: Barra simple MT: Barra simple 26%	AT: Tap Off MT: Sin barra 13%
Diego de Almagro – Quillota	AT: Tap Off MT: Barra simple 28%	AT: Barra simple MT: Barra simple 18%	AT: Barra simple seccionada MT: Barra simple 10%
Quinta	AT: Tap Off MT: Barra simple 13%	AT: Tap Off MT: Sin barra 10%	AT: Tap Off MT: Barra simple seccionada 10%
Región Metropolitana	AT: Configuración en H MT: Barra principal seccionada más transferencia 42%	AT: Configuración en H MT: Doble barra 16%	AT: Tap Off MT: Barra simple 7%
Alto Jahuel – Charrúa	AT: Barra simple MT: Barra simple 29%	AT: Tap Off MT: Barra simple 22%	AT: Barra simple MT: Barra simple seccionada 9%
Charrúa – Chiloé	AT: Barra simple MT: Barra simple 31%	AT: Barra simple MT: Barra principal más transferencia 18%	AT: Barra simple MT: Barra simple seccionada 5%

4. PROPUESTA DE DESARROLLO DE CONFIGURACIONES DE BARRAS EN SS/EE AT/MT

Como se ha mencionado en las secciones precedentes, la elección del tipo de tecnología y la configuración de barra a utilizar, no solo posee una componente desde el punto de vista económico, sino también tiene como enfoque obtener tanto los atributos propios del tipo de configuración según lo resumido en la sección 3.1, como las ventajas propias de la tecnología utilizada, presentadas en la sección 3.2.

A continuación, se presenta una propuesta de desarrollo que permita contar con una base conceptual en la elección del tipo de configuración de barra tanto en AT como MT en nuevas SS/EE o aquellas existentes que requieran incorporación de nuevos transformadores. En el caso de nuevas SS/EE, el análisis debe tomar especial consideración en el tipo de tecnología a utilizar, valorizando no solo el equipamiento y líneas de transmisión a considerar, sino también las pérdidas eléctricas y los costos de interrupciones de servicio.

4.1 SS/EE EN CAPITALS REGIONALES

El apéndice II presenta un análisis cualitativo de las SS/EE que alimentan las distintas capitales regionales a lo largo de Chile, permitiendo una mirada global del estado actual de las SS/EE de transmisión zonal desde la óptica de la confiabilidad, seguridad y flexibilidad de las configuraciones de barra. Como se aprecia en la tabla 6.5¹ del apéndice II, la capital de la Región Metropolitana posee 5.614.000 habitantes, mientras que en las otras capitales regionales alimentadas por el SEN, el número de habitantes varía desde aproximadamente 143.000 a 380.000, con una media de aproximadamente 223.000 habitantes. Considerando principalmente los índices de indisponibilidad impuestos por la NTSyCS y complementariamente la importancia social, económica y político-administrativa que las capitales regionales poseen, es que altos niveles de confiabilidad, seguridad y flexibilidad, deben ser garantizados.

4.1.1 SS/EE EN SANTIAGO

Según lo analizado en el apéndice II, como es de esperar, Santiago es una de las capitales regionales con los mayores niveles de confiabilidad, seguridad y flexibilidad; adicionalmente, una cantidad importante de SS/EE, permitiendo redundancia en el suministro.

Dada la densidad urbana de la capital, nuevas SS/EE AIS tienen bajos niveles de factibilidad en las zonas altamente pobladas de Santiago, exceptuando aquellas instalaciones que se

¹ Acorde a los resultados del Instituto Nacional de Estadísticas – Chile – Censo 2017.

puedan prever en terrenos dentro de la Región Metropolitana, pero en la periferia de la capital. Un ejemplo de la elección en el tipo de tecnología es la nueva S/E Providencia, posible solamente en tecnología GIS para su instalación en la comuna de Providencia, dando respaldo a las SS/EE Vitacura, Apoquindo y Alonso de Córdova. Otro ejemplo de SS/EE recientes en la capital, es el caso de la S/E Neptuno en tecnología GIS, en la comuna de Lo Prado, para alimentar las demandas de Metro S.A., reflejando la conveniencia de este tipo de tecnología en el centro urbano más importante del país.

En términos del tipo de configuración, dado que Santiago posee y debiera poseer uno de los mayores atributos en confiabilidad, seguridad y flexibilidad, las nuevas SS/EE debieran apuntar a mantener o mejorar este estándar. La propuesta AT/MT se basa en los siguientes argumentos:

- Propuesta que mantiene el estándar mediante la configuración actual:
 - El bajo costo relativo de la configuración H en barras de alta y la confiabilidad que entrega esta configuración. Adicionalmente, más del 50% de las SS/EE en esta zona poseen esta configuración en las barras de alta de las SS/EE de transmisión zonal, lo que se asume como conocimiento acabado respecto a la operación y mantenimiento del equipamiento y los sistemas de control y protección presentes en este tipo de configuración.
 - Las configuraciones de barra simple seccionada más transferencia y la de doble barra, con costos menores respecto a configuraciones más complejas, permiten dar abastecimiento de la demanda con confiabilidad, flexibilidad y seguridad, a través de la importante redundancia de alimentadores que cubren la demanda de Santiago.
- Propuesta para mejorar el estándar:
 - La configuración de interruptor y medio en barras AT permitiendo grados de confiabilidad superiores, pero con costos superiores a los de la configuración en H. Su elección se fundamenta básicamente en proveer mayores grados de robustez a la capital de Chile.
 - La configuración de barra principal más transferencia en barras MT se justifica en el bajo costo y simplicidad de este tipo de configuración; sin embargo, asegura confiabilidad y flexibilidad; asumiendo que la seguridad es entregada en la redundancia de los alimentadores.

La propuesta para la ciudad de Santiago se puede observar de manera gráfica en la figura 4.1.

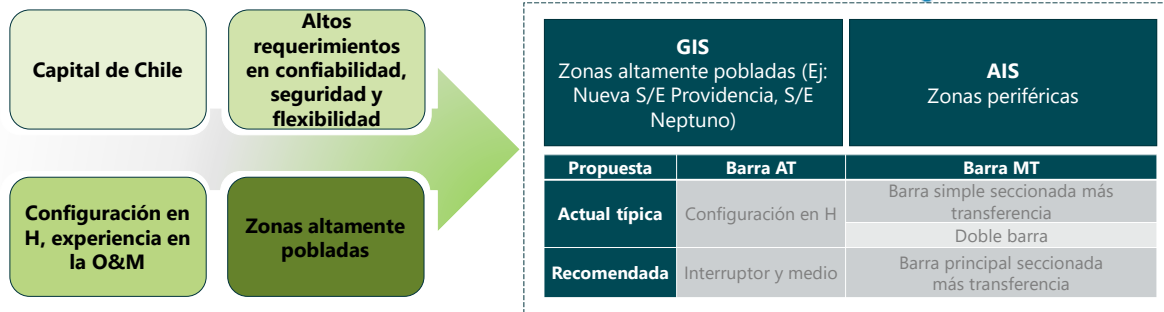


Figura 4.1. Propuesta de configuraciones de barra en SS/EE de Santiago, capital de la Región Metropolitana de Santiago y capital de Chile.

4.1.2 SS/EE EN OTRAS CAPITALES REGIONALES

En la misma línea de la sección anterior, aquellas SS/EE que se planifiquen en las zonas urbanas de las capitales regionales nombradas en la tabla 6.5 del Apéndice II, deben ser propuestas con un enfoque en la tecnología GIS, adaptándose a los requerimientos de espacio, reduciendo los impactos con el entorno y las comunidades vecinas. Ahora bien, al observar las distintas capitales regionales de la tabla 6.5 a través de Chile, en general se aprecian terrenos en la periferia que podrían proveer soluciones del tipo AIS. Sin perjuicio de lo anterior, como se mencionó en la sección 3.2.1, el acercamiento a la demanda mediante la tecnología GIS debe ser justificada frente a la opción AIS en la periferia de la ciudad.

Como argumento al tipo de configuración a considerar en la propuesta, es importante destacar que, según se observa en la tabla 6.20 del Apéndice II, las SS/EE AT/MT de las capitales regionales alimentadas por el SEN poseen en promedio (acorde a la escala mostrada en las tablas 3.2 y 3.3):

- Confiabilidad menor o igual a uno (1), en nueve (9) de las catorce (14) capitales regionales listadas.
- Seguridad menor a uno (1) en trece (13) de las capitales regionales listadas. Cabe destacar que esta seguridad es suplida por la redundancia de SS/EE en las zonas.
- Flexibilidad menor a uno (1) en nueve (9) de las capitales regionales listadas.

Dado lo anterior, la propuesta en el tipo de configuración considera los siguientes enfoques:

- Incrementar los atributos de confiabilidad, seguridad y flexibilidad de forma transversal para todas las capitales regionales, llevándolos a un nivel de por lo menos dos (2) en la escala presentada.
- Tratar las capitales regionales del SEN, exceptuando Santiago, de forma equitativa, dado el número de habitantes y la baja desviación estándar para esta medida.

La propuesta es la siguiente:

- **Barras AT:**
 - Alimentada desde una línea de transmisión; barra principal más transferencia, con posibilidad de ampliación a barra principal seccionada más transferencia.
 - Alimentada desde dos o más líneas de transmisión; barra principal seccionada más transferencia o, doble barra, en el caso que se requieran condiciones especiales de operación.

- **Barras MT:**
 - Alimentada desde un transformador AT/MT; barra principal más transferencia, con posibilidad de ampliación a barra principal seccionada más transferencia.
 - Alimentada desde dos o más transformadores AT/MT; barra principal seccionada más transferencia.

La propuesta para otras capitales regionales alimentadas por el SEN se observa de manera gráfica en la figura 4.2.

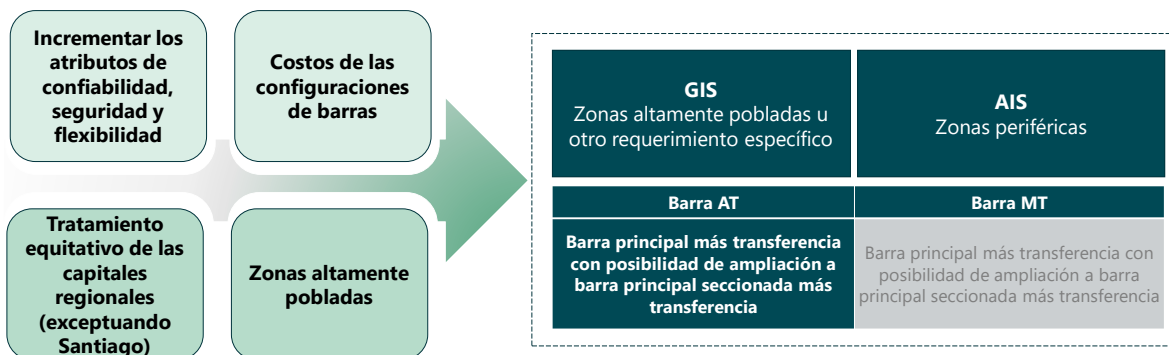


Figura 4.2. Propuesta de configuraciones de barra para otras capitales regionales alimentadas por el SEN.

4.2 SS/EE EN CIUDADES REGIONALES

La propuesta para las ciudades regionales que son alimentadas desde el SEN, es dividida en virtud del número de habitantes que las ciudades poseen; en otras palabras, se considera la variable del número de habitantes como la más relevante en la elección del tipo de configuración de barra. Dado lo anterior, la propuesta considera:

- Ciudades con más de 90.000 habitantes (que corresponde actualmente a las ciudades listadas en la tabla 8.9 del Apéndice III)
- Ciudades con menos de 90.000 habitantes.

4.2.1 SS/EE EN CIUDADES REGIONALES CON MÁS DE 90.000 HABITANTES

La figura 4.3 muestra el número de configuraciones de barra AT por tipo en las ciudades regionales alimentadas con más de 90.000 habitantes, que son alimentadas por el SEN. Se observa que en general las SS/EE de estas ciudades presentan en su barra AT configuraciones relativamente sencillas, tales como la de barra simple con un 35% y barra simple seccionada con un 17%.

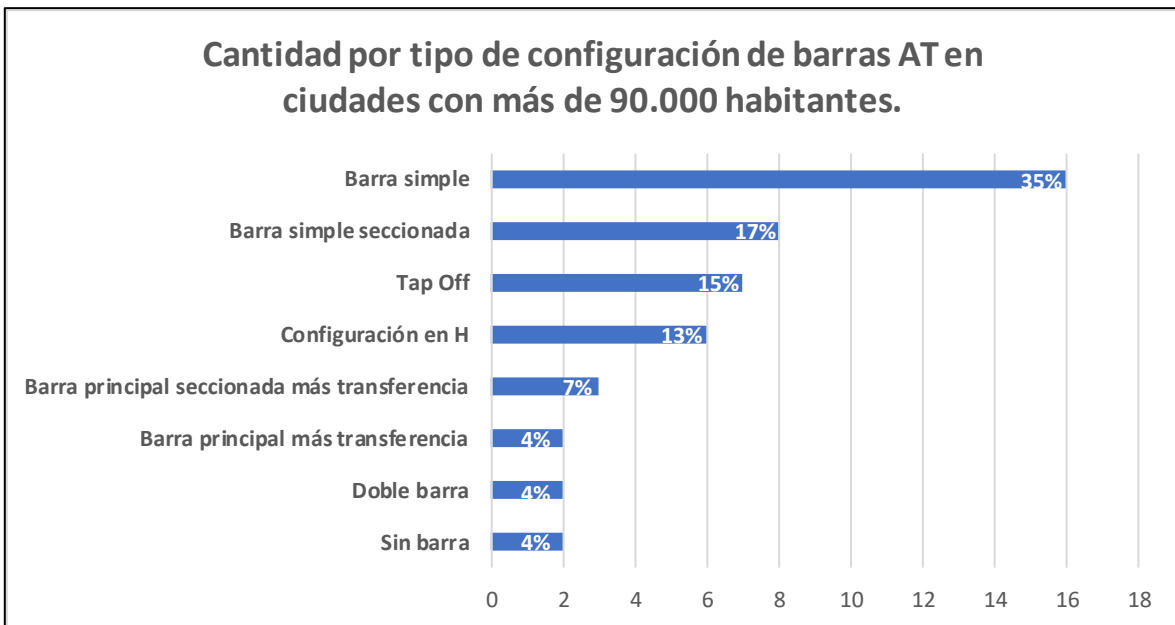


Figura 4.3. Cantidad por tipo de configuración de barras AT en ciudades con más de 90.000 habitantes.

La propuesta considera los siguientes argumentos:

- Dado que existen ciudades con un alto número de habitantes; tales como, Viña del Mar, Coquimbo y Cartagena, el uso de SS/EE con tecnología GIS puede ser una opción, justificable mediante el respectivo análisis en comparación a la tecnología AIS.
- La tecnología AIS es factible en las zonas periféricas de las ciudades.
- Como se observa en la figura 4.3, en general las configuraciones de las ciudades regionales son configuraciones sencillas; por lo tanto, la propuesta apunta a mejorar los atributos de confiabilidad, seguridad y flexibilidad de estas ciudades, basado en el cumplimiento de los índices de indisponibilidad impuestos por la NTSyCS, junto con el impacto social de interrupciones de servicio dado por el número de habitantes de cada ciudad.

La propuesta es la siguiente:

- **Barras AT:**
 - Alimentada desde una línea de transmisión; barra principal más transferencia, con posibilidad de ampliación a barra principal seccionada más transferencia.
 - Alimentada desde dos o más líneas de transmisión; barra principal seccionada más transferencia.

- **Barras MT:**
 - Alimentada desde un transformador AT/MT; barra principal más transferencia, con posibilidad de ampliación a barra principal seccionada más transferencia.
 - Alimentada desde dos o más transformadores AT/MT; barra principal seccionada más transferencia.

La propuesta para ciudades regionales con más de 90.000 habitantes que son alimentadas desde el SEN, se observa de manera gráfica en la figura 4.4.

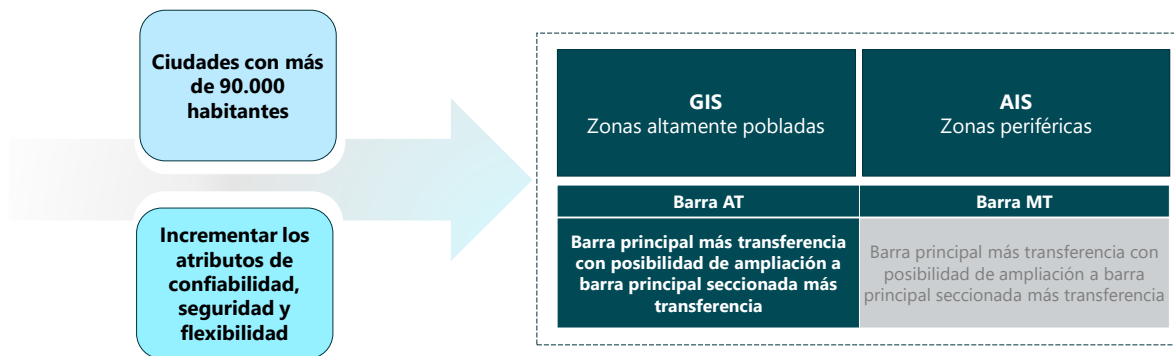


Figura 4.4. Propuesta de configuraciones de barra para ciudades regionales con más de 90.000 habitantes.

4.2.2 SS/EE EN CIUDADES REGIONALES CON MENOS DE 90.000 HABITANTES

La figura 4.5 muestra el número de configuraciones de barra AT por tipo en las ciudades regionales alimentadas con menos de 90.000 habitantes, que son alimentadas por el SEN. Se observa que en general las SS/EE de estas ciudades, al igual que en la sección anterior, presentan en su barra AT configuraciones relativamente sencillas. En este caso, las configuraciones de barra simple y *tap off* representan respectivamente un 45% y un 33% del total de configuraciones de barras AT.

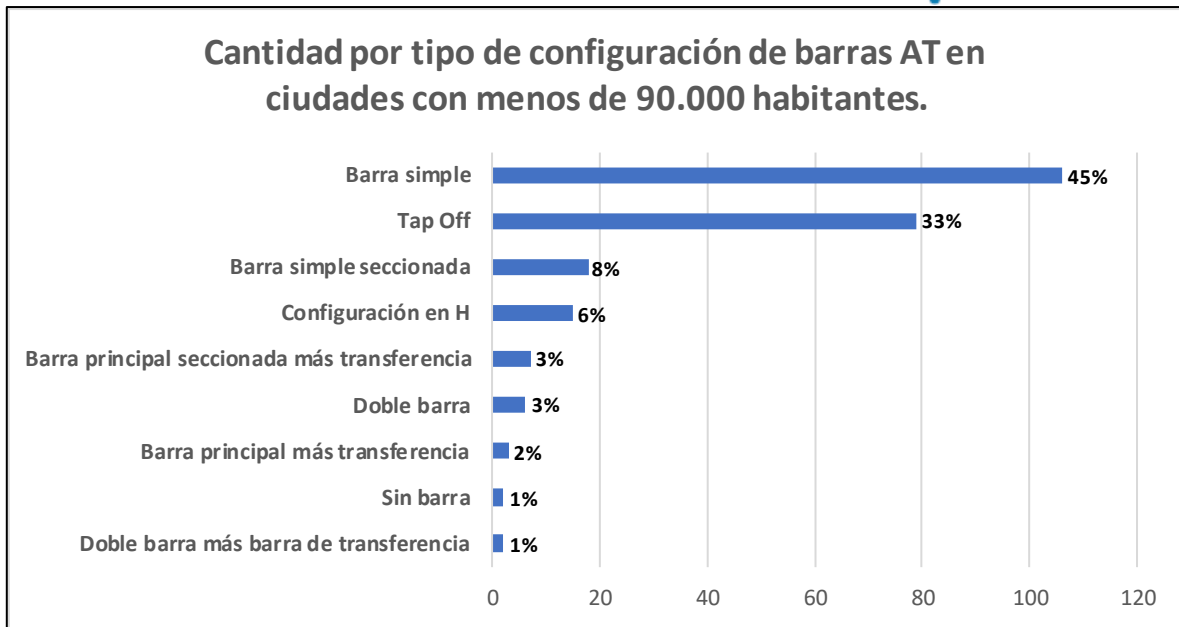


Figura 4.5. Cantidad por tipo de configuración de barras AT en ciudades con menos de 90.000 habitantes.

La propuesta considera los siguientes argumentos:

- La tecnología GIS es justificable solo en casos donde existan requerimientos específicos, tales como los impuestos en zonas inundables.
- La tecnología AIS es factible en las zonas periféricas de las ciudades.
- Como se observa en la figura 4.5, en general las configuraciones de las ciudades regionales son configuraciones sencillas, justificable dado que en general las SS/EE alimentan un número reducido de habitantes. Sin perjuicio de lo anterior, la propuesta apunta a la no utilización de la configuración *tap off*, basándose exclusivamente en la configuración barra simple con posibilidad de ampliación, permitiendo que a medida que crece la demanda en pequeñas localidades, se otorguen grados de confiabilidad mediante el seccionamiento de la barra.

La propuesta es la siguiente:

- **Barras AT:**
 - Alimentada desde una línea de transmisión; barra simple, con posibilidad de ampliación a barra simple seccionada.
 - Alimentada desde dos o más líneas de transmisión; barra simple seccionada.
- **Barras MT:**
 - Alimentada desde un transformador AT/MT; barra simple, con posibilidad de ampliación a barra simple seccionada.

- Alimentada desde dos o más transformadores AT/MT; barra simple seccionada.

La propuesta para ciudades regionales con menos de 90.000 habitantes que son alimentadas desde el SEN se observa de manera gráfica en la figura 4.6.

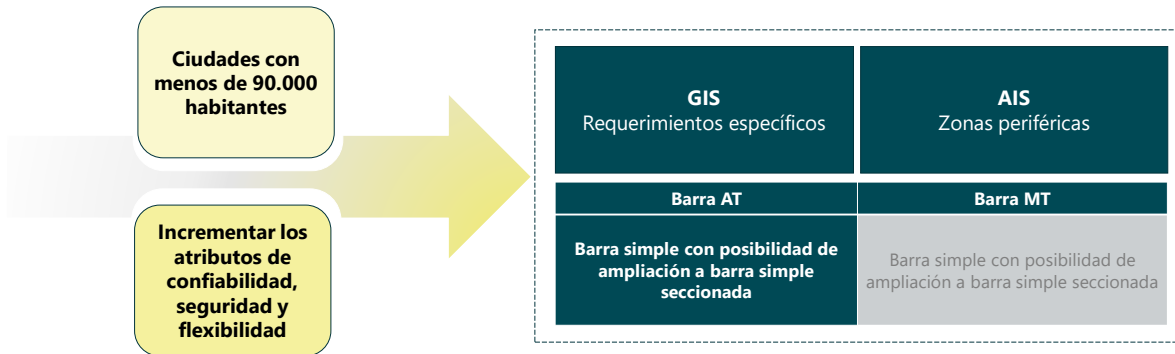


Figura 4.6. Propuesta de configuraciones de barra para ciudades regionales con menos de 90.000 habitantes.

5. REFERENCIAS

- [1] Mejía Villegas S.A., “Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión”. Segunda Edición, 2003, pp. 25 – 37.
- [2] *CIGRE Working Group B3.20*, Brochure No. 390, “*Evaluation of different switchgear technologies (AIS, MTS, GIS) for rated voltages of 52 kV and above*”, Agosto 2009.
- [3] Werner Zimmermann, André Osterholt, Dr. Jürgen Backes, “Comparison of GIS and AIS systems for urban supply networks”, 1999.
- [4] Midcontinent Independent System Operator (MISO), “Transmission Cost Estimation Guide”, 2019.

Esta página ha sido
intencionalmente dejada en
blanco.

7. APÉNDICE II – SS/EE EN CAPITALES REGIONALES

A continuación, se presenta el análisis respecto al estado actual de las SS/EE que alimentan las capitales regionales de las diferentes regiones de Chile, exceptuando la Región de Aysén y la Región de Magallanes y Antártica Chilena que no pertenecen al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), dado que poseen respectivamente los sistemas de Aysén (SEA) y de Magallanes (SEM). Las tablas 7.1 a 7.4, presentan las diferentes SS/EE que alimentan las capitales regionales a lo largo de Chile. Adicionalmente, la Tabla 7.5 muestra el número de habitantes en cada capital regional², totalizando 8.517.950 habitantes, con un promedio de 223.381 habitantes por cada capital regional, con una desviación estándar de 58.668 habitantes (un mínimo de 143.207 habitantes en la capital regional Valdivia de la Región de Los Ríos y un máximo de 380.695 habitantes en la capital regional Antofagasta de la Región de Antofagasta); lo anterior se representa gráficamente mediante la curva de la figura 7.1.

Tabla 7.1. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, I a V región.

Región	SS/EE
I Región de Iquique	Cerro Dragón
	Iquique
	Pacífico
	Palafitos
II Región de Antofagasta	Antofagasta
	Calama
	Centro
	Guardiamarina
	La Portada
	Sur
	Uribe
III Región de Atacama	Copiapó
	Hernán Fuentes
	Plantas
IV Región de Coquimbo	Las Compañías
	San Joaquín
V Región de Valparaíso	Los Placeres
	Playa Ancha
	Valparaíso

² Acorde a los resultados del Instituto Nacional de Estadísticas – Chile – Censo 2017.

Tabla 7.2. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, VI a X región.

Región	SS/EE
VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins	Alameda
	Cachapoal
	Punta de Cortés
	Tuniche
VII Región del Maule	Panguilemo
	Piduco
	Talca
	Tap Off San Miguel
	Tap Off San Rafael
VIII Región del Biobío	Andalien
	Colo Colo
	Ejercito
	El Trébol
IX Región de La Araucanía	Chivilcán
	Las Encinas
	Pumahue
	Temuco
X Región de Los Lagos	Alto Bonito
	Melipulli
	Pargua
	Puerto Montt
	Sangra

Tabla 7.3. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, XIII Región Metropolitana de Santiago.

Región	SS/EE
XIII Región Metropolitana de Santiago	Alonso de Córdova
	Altamirano
	Andes
	Apoquindo
	Bicentenario
	Brasil
	Carrascal
	Chacabuco
	Chicureo
	Club Hípico
	Costanera
	Florida
	La Cisterna
	La Dehesa
	La Pintana
	La Reina
	Las Acacias
	Lo Aguirre
	Lo Boza
	Lo Prado
	Lo Valledor
	Lord Cochrane
	Los Domínicos
	Macul
	Maipú
	Mariscal
	Ochagavía
	Pajaritos
	Panamericana
	Pudahuel
	Puente Alto
	Quilicura
	Recoleta
	San Bernardo
San Cristóbal	
San Joaquín	
San José	
San Pablo	
Santa Elena	
Santa Marta	
Santa Raquel	
Santa Rosa	
Vitacura	

Tabla 7.4. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, XIV a XVI región.

Región	SS/EE
XIV Región de Los Ríos	Nueva Valdivia
	Picarte
	Valdivia
XV Región de Arica	Arica
	Chinchorro
	Pukará
	Quiani
XVI Región de Ñuble	Chillán
	Quilmo
	Quilmo II
	Tap Off Santa Elisa
	Santa Elvira

Tabla 7.5. Número de habitantes de las distintas capitales regionales de Chile.

N°	Región	Capital Regional	Número de habitantes ³
1	XIII - Región Metropolitana	Santiago	5.614.000
2	II - Antofagasta	Antofagasta	380.695
3	V - Valparaíso	Valparaíso	295.113
4	XV - Arica	Arica y Parinacota	229.689
5	VI - Libertador Bernardo O'Higgins	Rancagua	225.563
6	VIII - Biobío	Concepción	223.574
7	IX - La Araucanía	Temuco	221.375
8	X - Los Lagos	Puerto Montt	213.119
9	IV - Coquimbo	La Serena	205.635
10	VII - Maule	Talca	203.873
11	I - Iquique	Iquique	196.562
12	XVI - Ñuble	Chillán	190.383
13	III - Atacama	Copiapó	175.162
14	XIV - Los Ríos	Valdivia	143.207

³ Acorde a los resultados del Instituto Nacional de Estadísticas – Chile – Censo 2017.

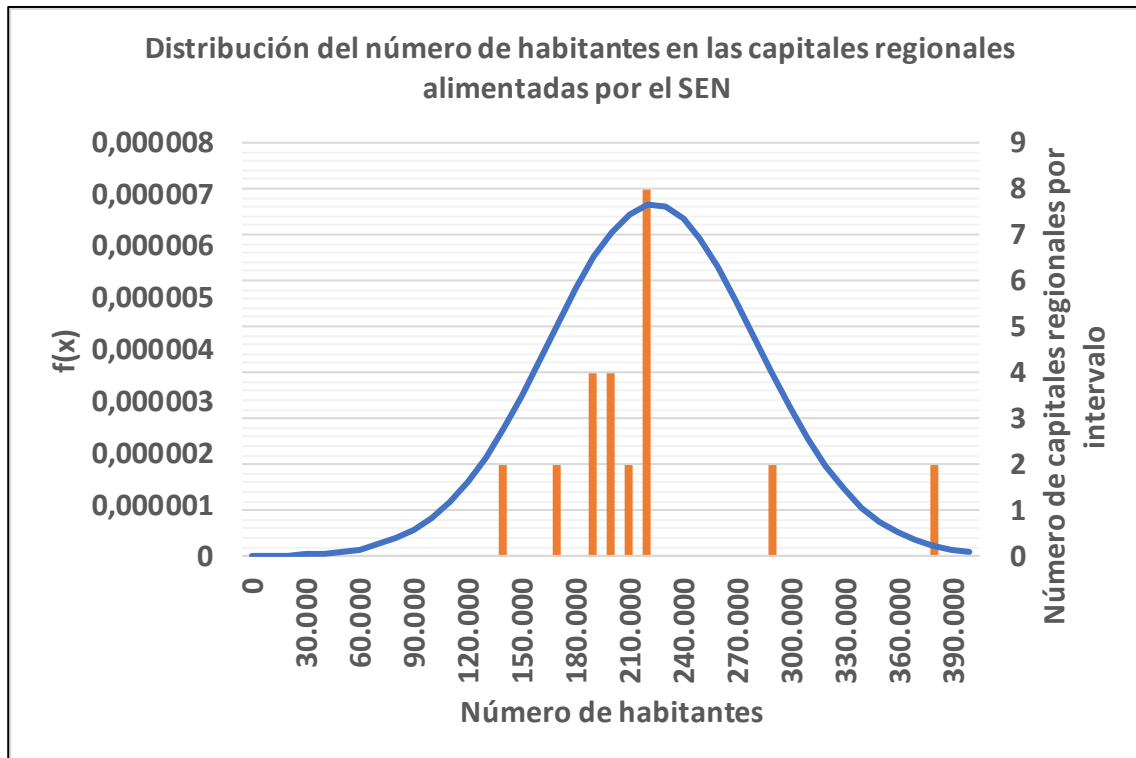


Figura 7.1. Distribución normal del número de habitantes en las capitales regionales y el número de capitales regionales por intervalo.

En las siguientes secciones, se indican las distintas configuraciones AT/MT utilizadas para alimentar las diferentes capitales regionales de Chile y se califica el estado actual de la alimentación de la región, en función del número de SS/EE que la alimenta y el nivel de confiabilidad, seguridad y flexibilidad, en virtud de las características definidas en la tabla 3.2 del estudio. Estos niveles, se califican con una escala de 0 a 3, donde 0 indica una nula capacidad y 3 la máxima capacidad, en la entrega de los niveles de confiabilidad, seguridad y flexibilidad estudiados. Cabe destacar, que la barra AT es la que se califica, dado que ella impone la condición aguas abajo.

7.1 REGIÓN DE TARAPACÁ (I) – IQUIQUE

Cuatro (4) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Iquique, capital de la Región de Tarapacá, distribuidas como se muestra en la figura 7.2, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Iquique es la onceava ciudad con más habitantes, totalizando 196.562 al año 2017.



Figura 7.2. SS/EE que alimentan Iquique, capital de la Región de Tarapacá.

En la figura 7.3, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Iquique. Finalmente, la tabla 7.6 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de la ciudad de Iquique.

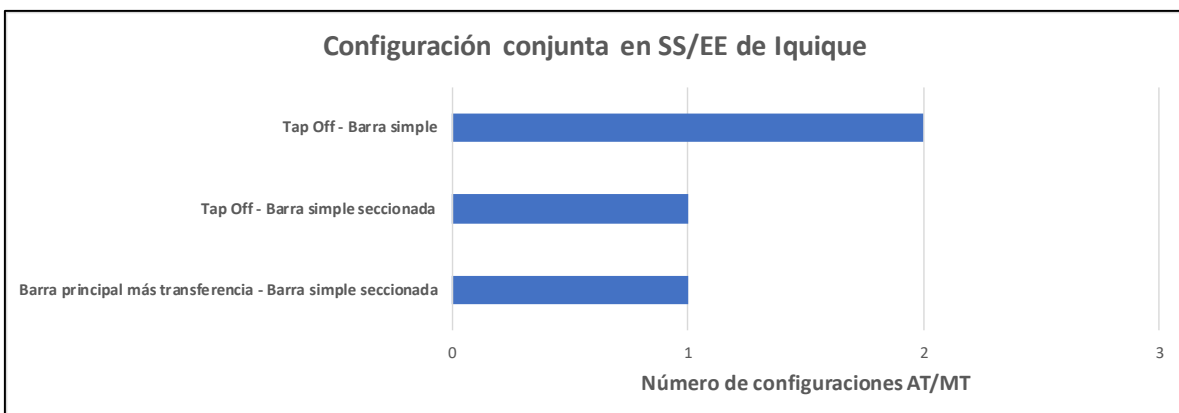


Figura 7.3. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Iquique, de la primera Región de Tarapacá.

Tabla 7.6. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Iquique.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Tap Off – Barra simple	2	0	0	0
Tap Off – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Barra principal más transferencia – Barra simple seccionada	1	2	1	2
	Promedio	0,50	0,25	0,50

7.2 REGIÓN DE ANTOFAGASTA (II) - ANTOFAGASTA

Seis (6) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Antofagasta, capital de la Región de Antofagasta, distribuidas como se muestra en la figura 7.4, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Antofagasta es la segunda ciudad con más habitantes, totalizando 380.695 al año 2017.

En la figura 7.5, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Antofagasta. Finalmente, la tabla 7.7 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

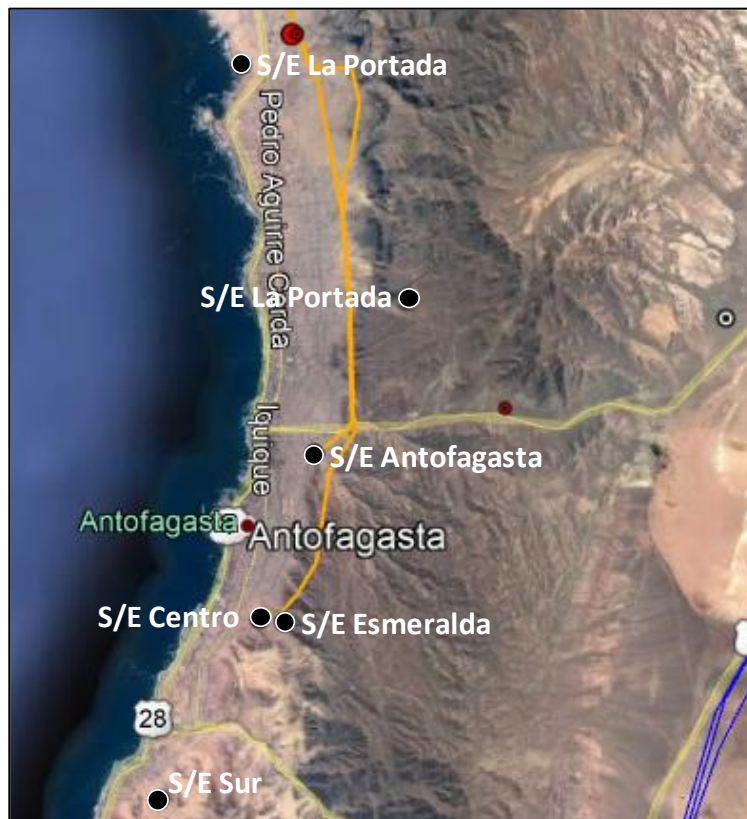


Figura 7.4. SS/EE que alimentan Antofagasta, capital de la Región de Antofagasta.

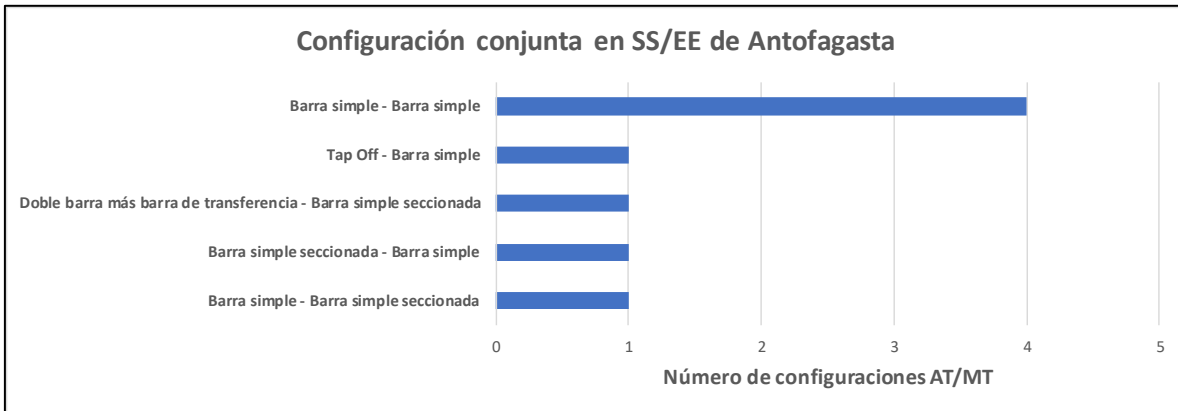


Figura 7.5. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Antofagasta, de la primera Región de Antofagasta.

Tabla 7.7. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Antofagasta.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra simple – Barra simple	4	0	0	0
Tap Off – Barra simple	1	0	0	0
Doble barra más barra de transferencia – Barra simple seccionada	1	3	2	3
Barra simple seccionada – Barra simple	1	0	0	0
Barra simple – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Promedio		0,38	0,25	0,38

7.3 REGIÓN DE ATACAMA (III) - COPIAPÓ

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Copiapó, capital de la Región de Atacama, distribuidas como se muestra en la figura 7.6 , suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Copiapó es la penúltima ciudad con más habitantes, totalizando 175.162 al año 2017.

En la figura 7.7, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Copiapó. Finalmente, la tabla 7.8 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.



Figura 7.6. SS/EE que alimentan Copiapó, capital de la Región de Atacama.

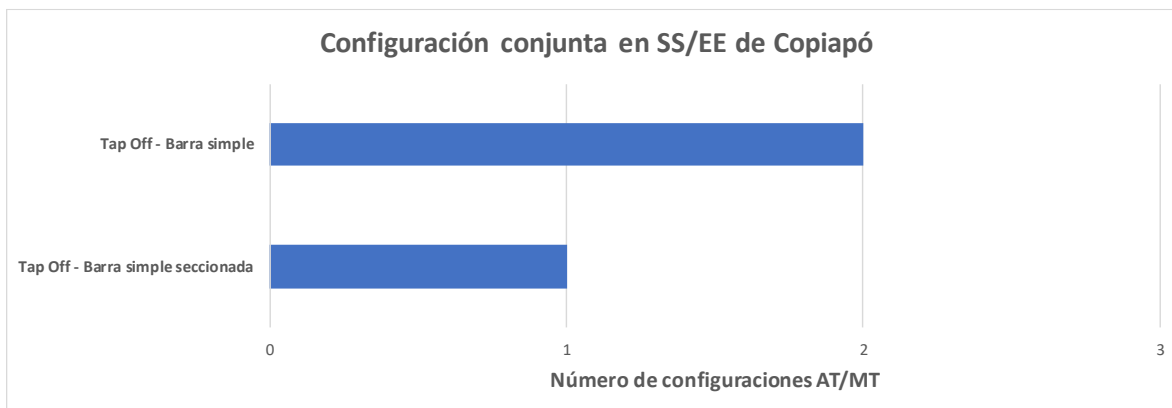


Figura 7.7. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Copiapó, de la tercera Región de Atacama.

Tabla 7.8. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Copiapó.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Tap Off – Barra simple	1	0	0	0
Tap Off – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Promedio		0,00	0,00	0,00

7.4 REGIÓN DE COQUIMBO (IV) – LA SERENA

Dos (2) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de La Serena, capital de la Región de Coquimbo, distribuidas como se muestra en la figura 7.8, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de La Serena es la novena ciudad con más habitantes, totalizando 205.635 al año 2017. En el análisis de la Región de Coquimbo, no se consideraron SS/EE de Coquimbo propiamente tal, tales como la S/E Pan de Azúcar.

En la figura 7.9, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de La Serena. Finalmente, la tabla 7.9 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

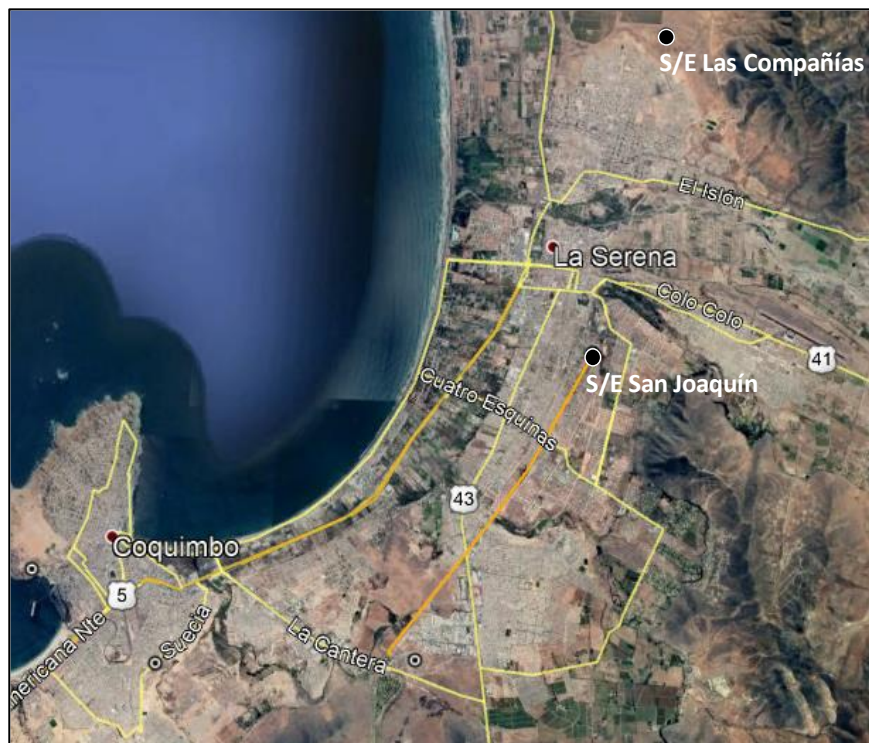


Figura 7.8. SS/EE que alimentan La Serena, capital de la Región de Coquimbo.

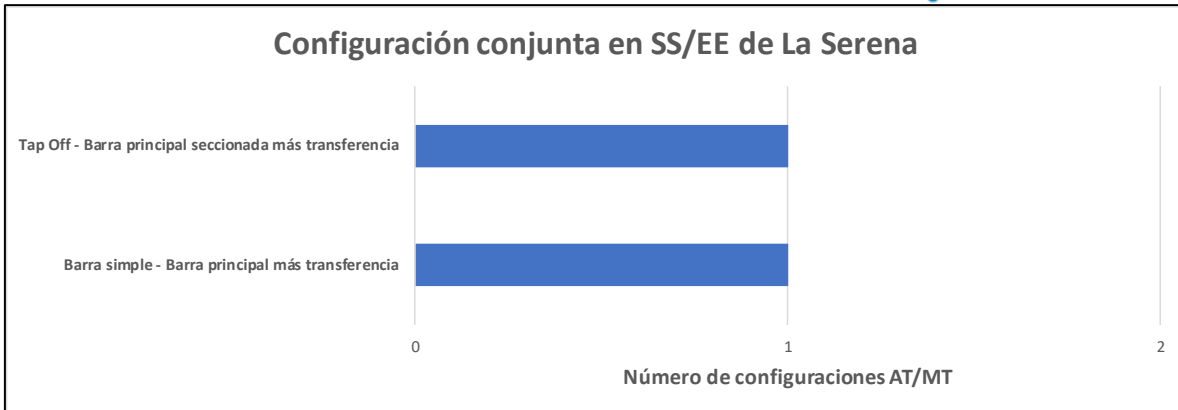


Figura 7.9. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional La Serena, de la cuarta Región de Coquimbo.

Tabla 7.9. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de La Serena.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Tap Off – Barra principal seccionada más transferencia	1	0	0	0
Barra simple – Barra principal más transferencia	1	0	0	0
Promedio		0,00	0,00	0,00

7.5 REGIÓN DE VALPARAÍSO (V) - VALPARAÍSO

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Valparaíso, capital de la Región de Valparaíso, distribuidas como se muestra en la figura 7.10, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Valparaíso es la tercera ciudad con más habitantes, totalizando 295.113 al año 2017. En el análisis de la Región de Valparaíso, no se consideraron SS/EE de Viña del Mar, tales como la S/E Marga Marga.

En la figura 7.11, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Valparaíso. Finalmente, la tabla 7.10 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.



Figura 7.10. SS/EE que alimentan Valparaíso, capital de la Región de Valparaíso.

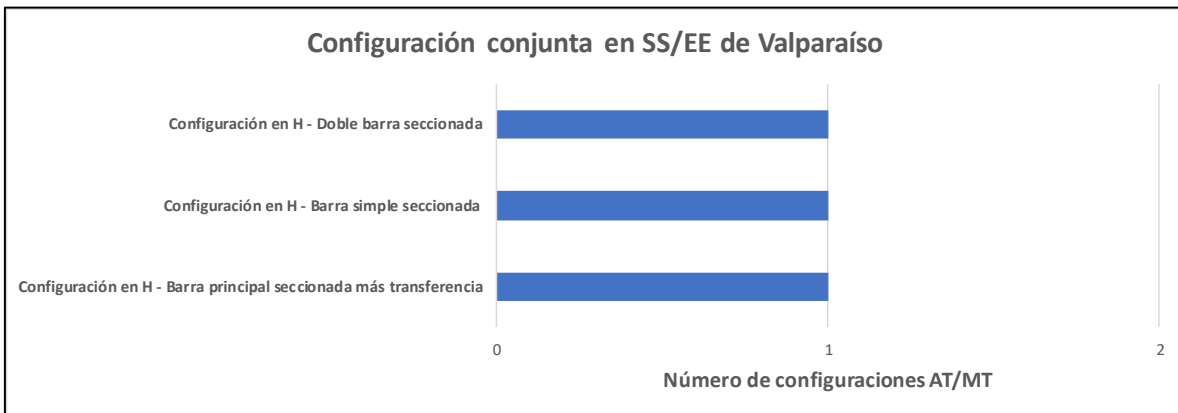


Figura 7.11. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Valparaíso, de la quinta Región de Valparaíso.

Tabla 7.10. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Valparaíso.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Configuración en H – Doble barra seccionada	1	2	1	1
Configuración en H – Barra simple seccionada	1	2	1	1
Configuración en H – Barra principal seccionada más transferencia	1	2	1	1
Promedio		2,00	1,00	1,00

7.6 REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O’HIGGINS (VI) - RANCAGUA

Cuatro (4) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Rancagua, capital de la Región del Libertador Bernardo O’Higgins, distribuidas como se muestra en la figura 7.12, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Rancagua es la quinta ciudad con más habitantes, totalizando 225.563 al año 2017.

En la figura 7.13, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Rancagua. Finalmente, la tabla 7.11 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

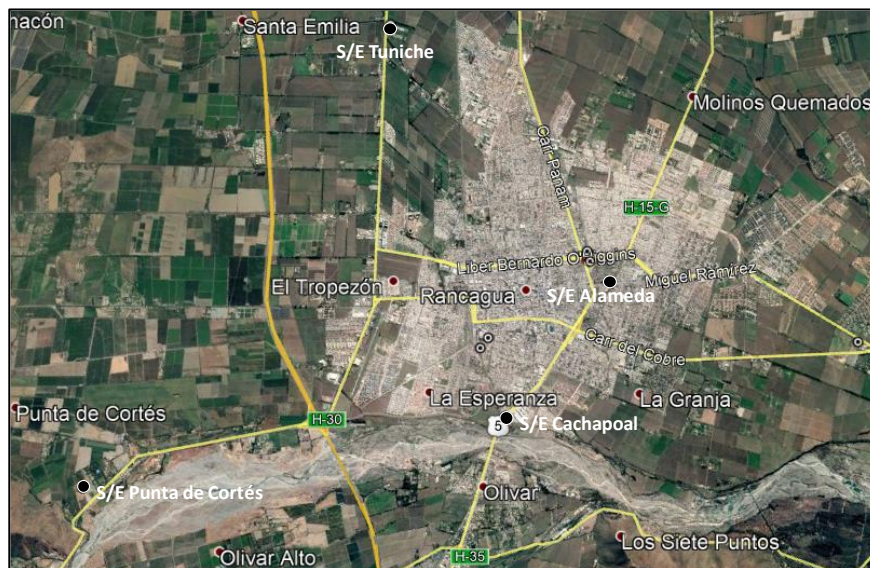


Figura 7.12. SS/EE que alimentan Rancagua, capital de la Región del Libertador Bernardo O’Higgins.

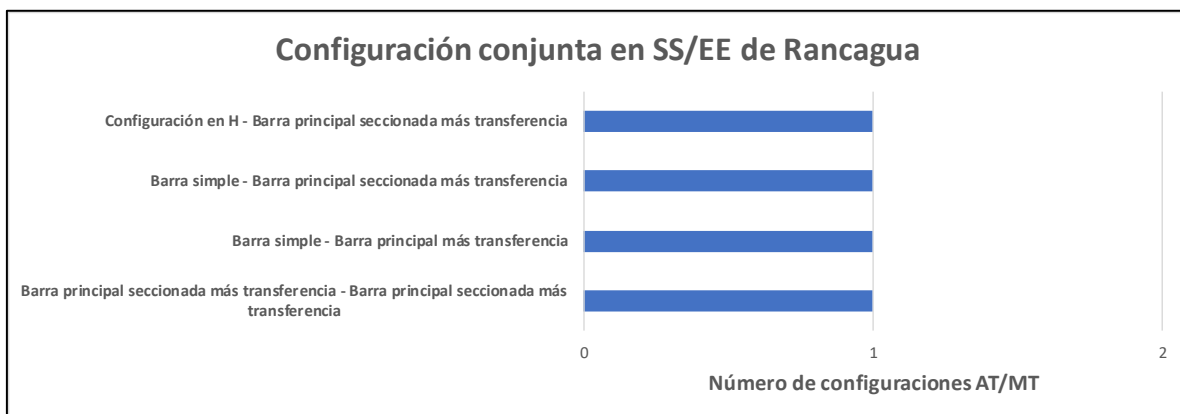


Figura 7.13. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Rancagua, de la sexta Región del Libertador Bernardo O’Higgins.

Tabla 7.11. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Rancagua.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Configuración en H – Barra principal seccionada más transferencia	1	2	1	1
Barra simple – Barra principal seccionada más transferencia	1	0	0	0
Barra simple – Barra principal más transferencia	1	0	0	0
Barra principal seccionada más transferencia – Barra principal seccionada más transferencia	1	2	1	2
Promedio		1,00	0,50	0,75

7.7 REGIÓN DEL MAULE (VII) - TALCA

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Talca, capital de la Región del Maule, distribuidas como se muestra en la figura 7.14, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Talca es la décima ciudad con más habitantes, totalizando 203.873 al año 2017.

En la figura 7.15, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Talca. Finalmente, la tabla 7.12 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

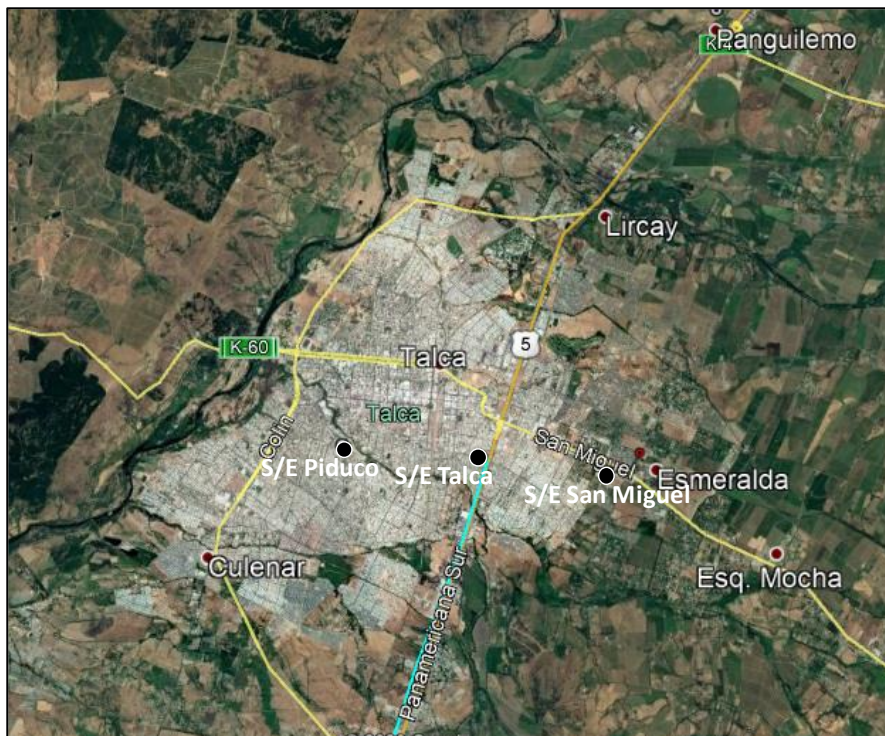


Figura 7.14. SS/EE que alimentan Talca, capital de la Región del Maule.

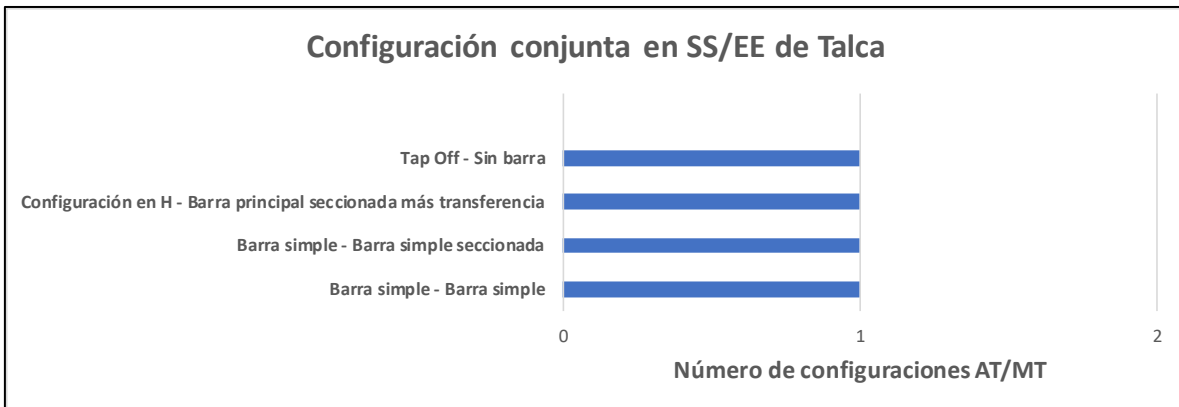


Figura 7.15. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Talca, de la séptima Región del Maule.

Tabla 7.12. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Talca.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Tap Off – Sin Barra	1	0	0	0
Configuración en H – Barra principal seccionada más transferencia	1	2	1	1
Barra simple – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Barra simple – Barra simple	1	0	0	0
Promedio		0,50	0,25	0,25

7.8 REGIÓN DEL BIOBÍO (VIII) - CONCEPCIÓN

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Concepción, capital de la Región del Biobío, distribuidas como se muestra en la figura 7.16, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Concepción es la sexta ciudad con más habitantes, totalizando 223.574 al año 2017.

En la figura 7.17, se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Concepción. Finalmente, la tabla 7.13 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

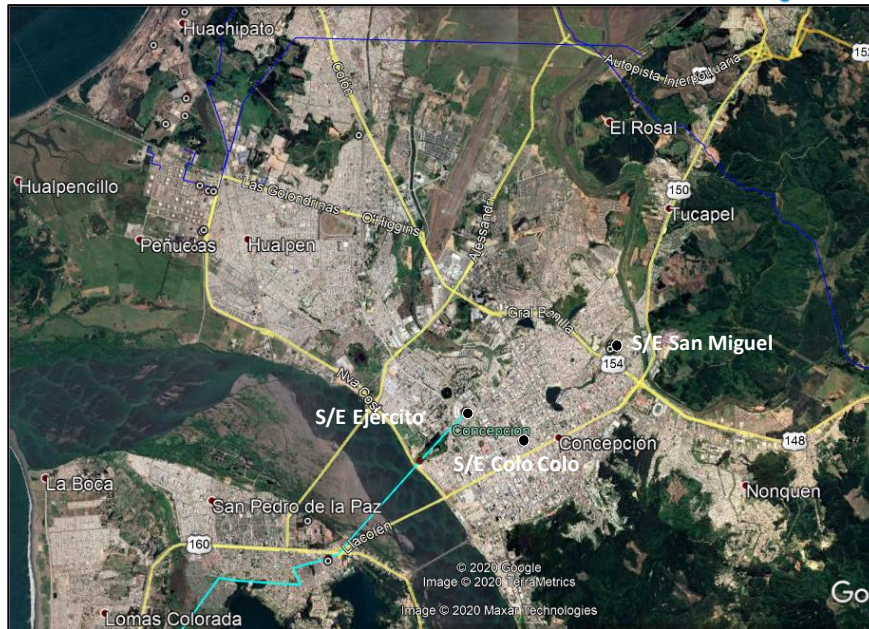


Figura 7.16. SS/EE que alimentan Concepción, capital de la Región del Biobío.

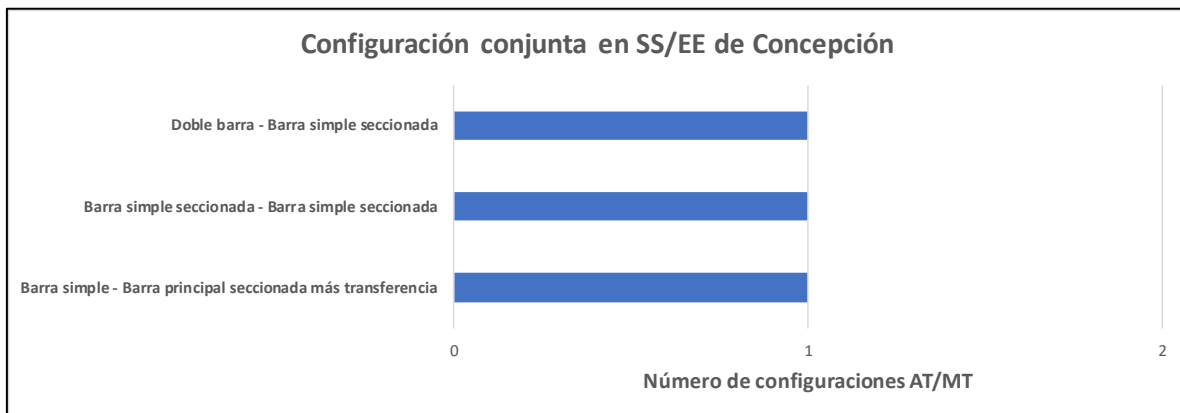


Figura 7.17. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Concepción, de la octava Región del Biobío.

Tabla 7.13. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Concepción.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Doble barra – Barra simple seccionada	1	2	1	2
Barra simple seccionada – Barra simple seccionada	1	2	1	1
Barra simple – Barra principal seccionada más transferencia	1	0	0	0
Promedio		1,33	0,67	1,00

7.9 REGIÓN DE LA ARAUCANÍA (IX) - TEMUCO

Cuatro (4) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Temuco, capital de la Región de La Araucanía, distribuidas como se muestra en la figura 7.18, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Temuco es la séptima ciudad con más habitantes, totalizando 221.375 al año 2017.

En la figura 7.19 se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Temuco. Finalmente, la tabla 7.14 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.



Figura 7.18. SS/EE que alimentan Temuco, capital de la Región de La Araucanía.

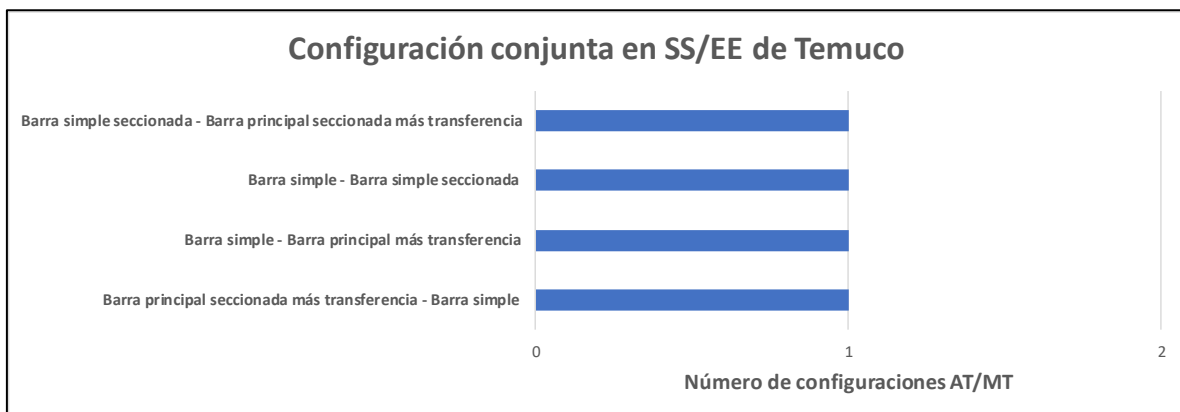


Figura 7.19. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Temuco, de la novena Región de La Araucanía.

Tabla 7.14. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Temuco.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra simple seccionada – Barra principal seccionada más transferencia	1	2	1	1
Barra simple – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Barra simple – Barra principal más transferencia	1	0	0	0
Barra principal seccionada más transferencia – Barra simple	1	2	1	2
Promedio		1,00	0,50	0,75

7.10 REGIÓN DE LOS LAGOS (X) – PUERTO MONTT

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Puerto Montt, capital de la Región de Los Lagos, distribuidas como se muestra en la figura 7.20, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. Se observa que, de las ciudades estudiadas, la ciudad de Puerto Montt es la octava ciudad con más habitantes, totalizando 213.119 al año 2017.

En la figura 7.21 se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Puerto Montt. Finalmente, la tabla 7.15 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

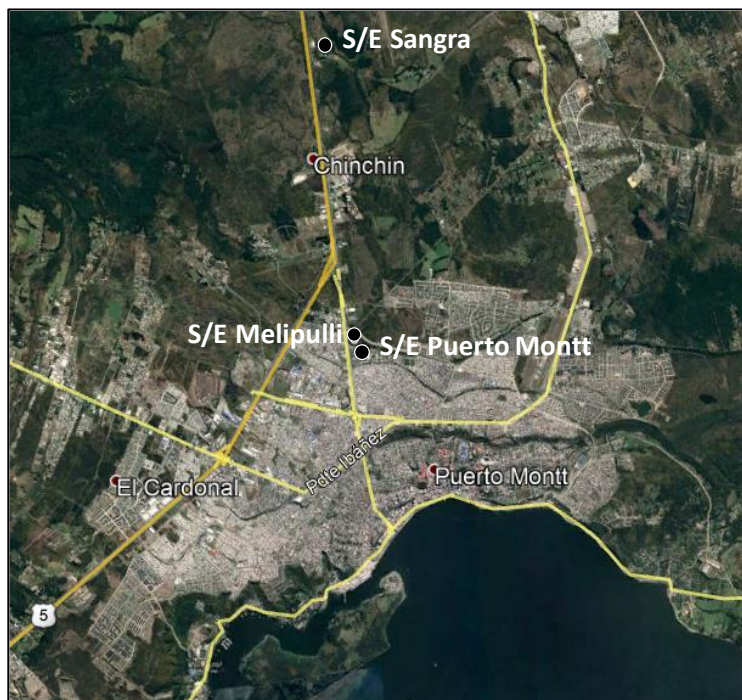


Figura 7.20. SS/EE que alimentan Puerto Montt, capital de la Región de Los Lagos.

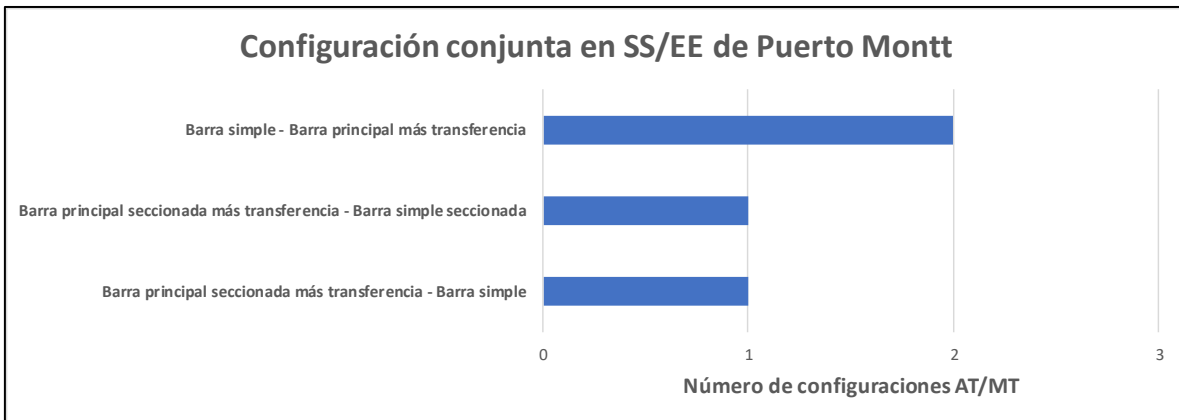


Figura 7.21. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Puerto Montt, de la décima Región de Los Lagos.

Tabla 7.15. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Puerto Montt.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra simple – Barra principal más transferencia	1	0	0	0
Barra principal seccionada más transferencia – Barra simple seccionada	1	2	1	2
Barra principal seccionada más transferencia – Barra simple	1	2	1	2
	Promedio	1,33	0,67	1,33

7.11 REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO (XIII) – SANTIAGO

Cuarenta y tres (43) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Santiago, capital de la Región Metropolitana de Santiago y capital de Chile, distribuidas como se muestra en la figura 7.22, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. La ciudad de Santiago es la ciudad con más habitantes, totalizando 5.614.000 al año 2017.

En la figura 7.23 se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Santiago. Finalmente, la tabla 7.16 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de la capital de Chile.

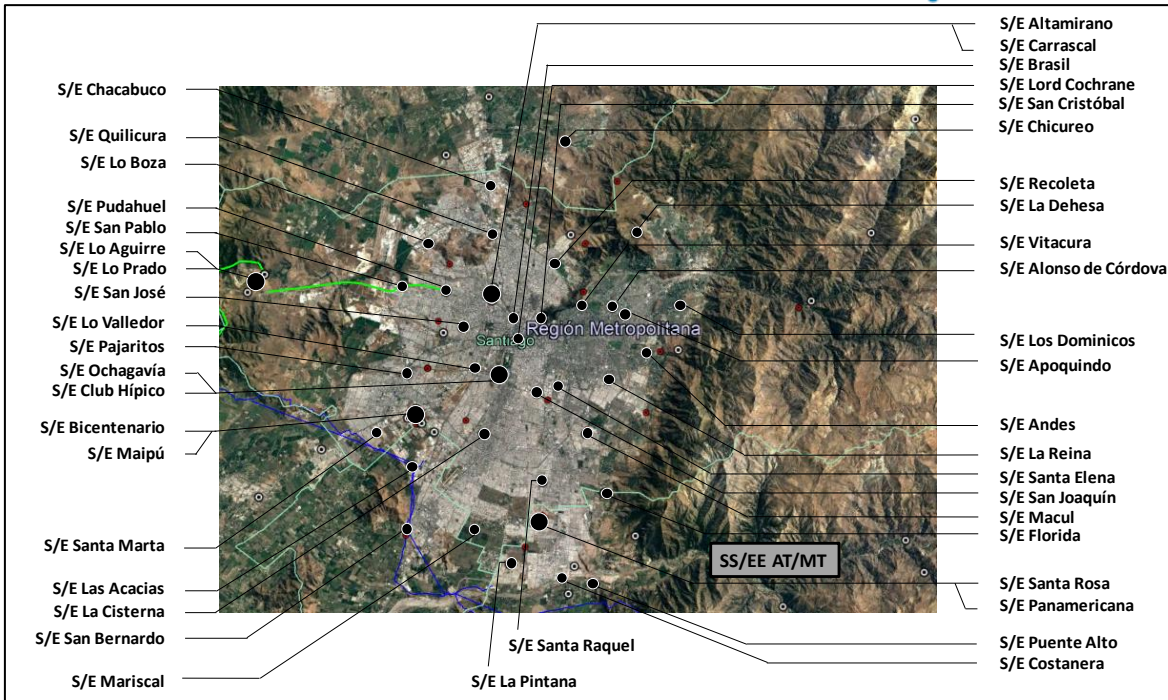


Figura 7.22. SS/EE que alimentan Santiago, capital de la Región Metropolitana de Santiago.

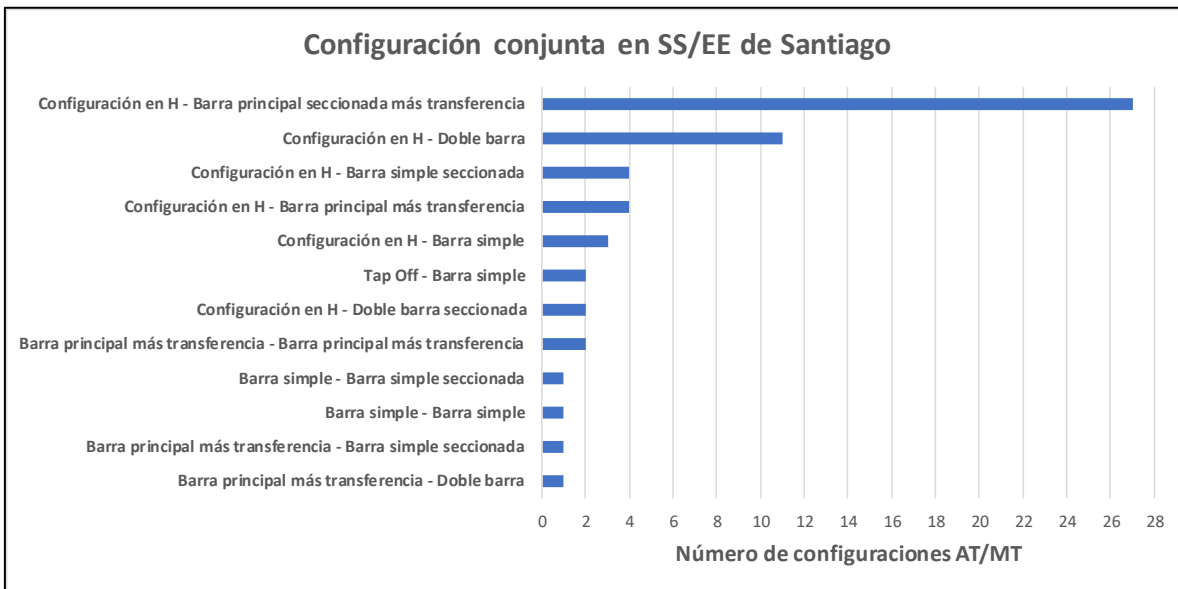


Figura 7.23. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Santiago, de la decimotercera Región Metropolitana de Santiago.

Tabla 7.16. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Santiago.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra principal más transferencia – Doble barra	1	2	1	2
Barra principal más transferencia – Barra simple seccionada	1	2	1	2
Barra simple – Barra simple	1	0	0	0
Barra simple – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Barra principal más transferencia – Barra principal más transferencia	2	2	1	2
Configuración en H – Doble barra seccionada	2	2	1	1
Tap Off – Barra simple	2	0	0	0
Configuración en H – Barra simple	3	2	1	1
Configuración en H – Barra principal más transferencia	4	2	1	1
Configuración en H – Barra simple seccionada	4	2	1	1
Configuración en H – Doble barra	11	2	1	1
Configuración en H – Barra principal seccionada más transferencia	27	2	1	1
Promedio		1,86	0,93	1,00

7.12 REGIÓN DE LOS RÍOS (XIV) – VALDIVIA

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Valdivia, capital de la Región de Los Ríos, distribuidas como se muestra en la figura 7.24, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. La ciudad de Valdivia es la capital regional con menos habitantes, totalizando 143.207 al año 2017.

En la figura 7.25 se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Valdivia. Finalmente, la tabla 7.17 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

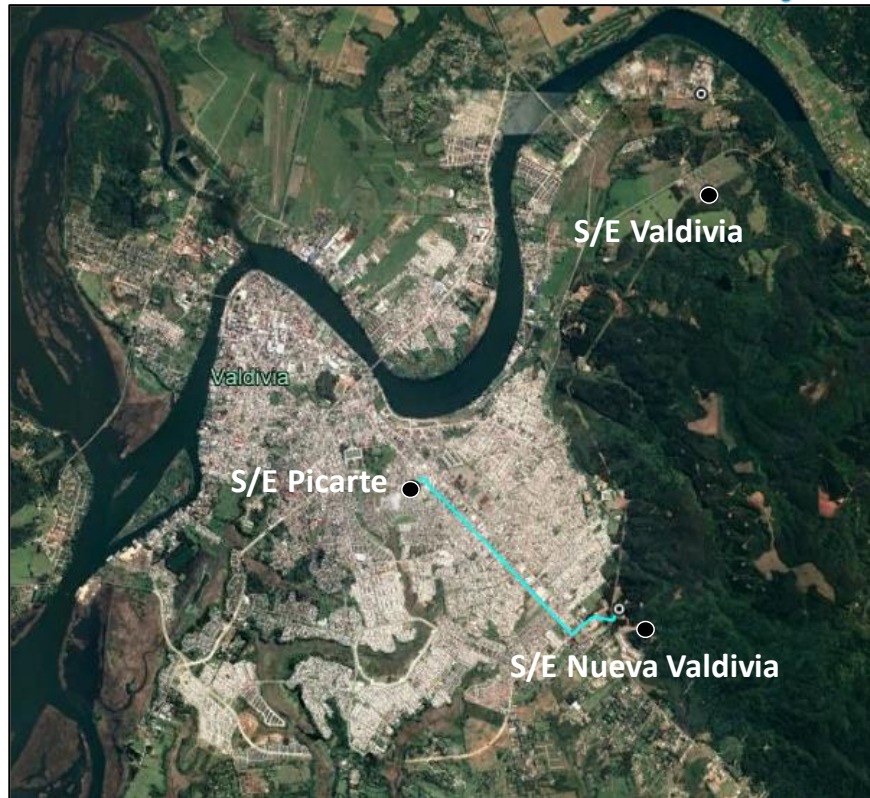


Figura 7.24. SS/EE que alimentan Valdivia, capital de la Región de Los Ríos.

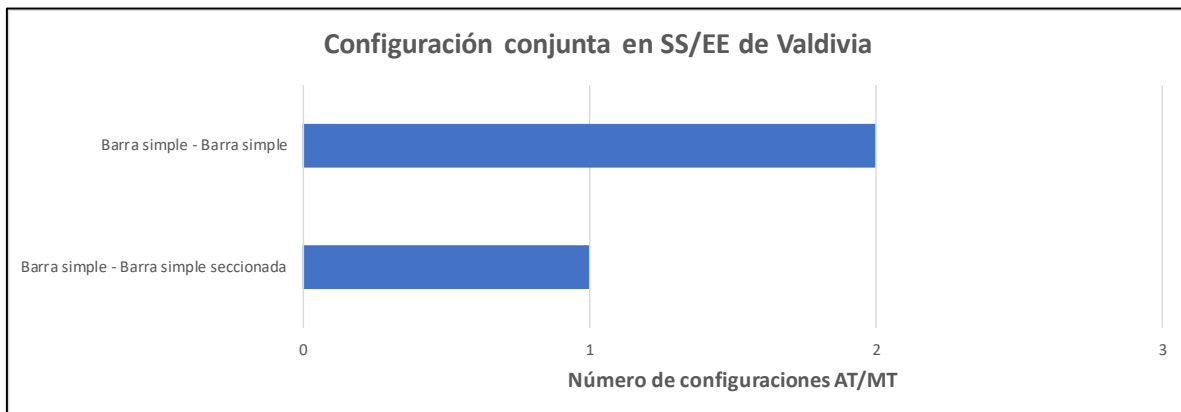


Figura 7.25. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Valdivia, de la decimocuarta Región de Los Ríos.

Tabla 7.17. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Valdivia.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra simple – Barra simple	2	0	0	0
Barra simple – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Promedio		0	0	0

7.13 REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA (XV) – ARICA

Cuatro (4) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Arica, capital de la Región de Arica y Parinacota, distribuidas como se muestra en la figura 7.26, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. La ciudad de Arica es la cuarta ciudad con más habitantes, totalizando 229.689 al año 2017.

En la figura 7.27 se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Arica. Finalmente, la tabla 7.18 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.



Figura 7.26. SS/EE que alimentan Arica, capital de la Región de Arica y Parinacota.

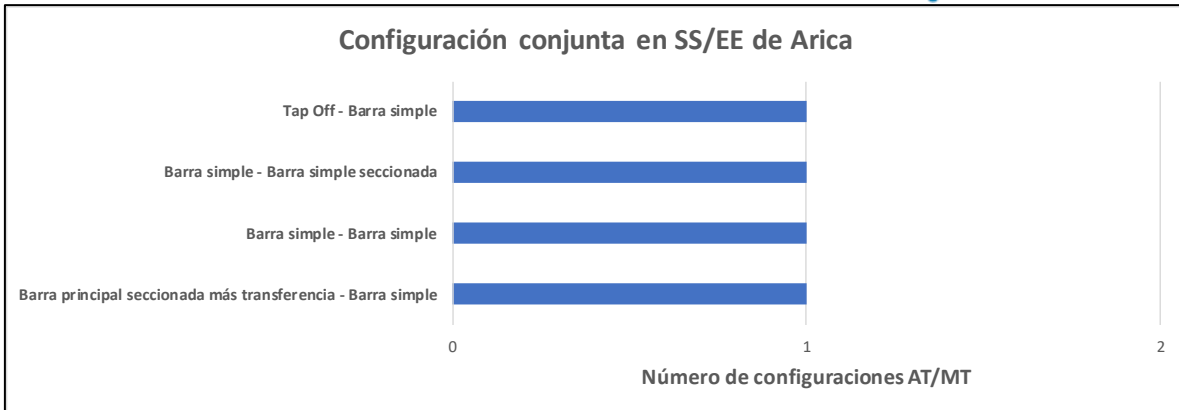


Figura 7.27. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Arica, de la decimoquinta Región de Arica y Parinacota.

Tabla 7.18. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Arica.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Tap Off – Barra simple	1	0	0	0
Barra simple – Barra simple seccionada	1	0	0	0
Barra simple – Barra simple	1	0	0	0
Barra principal seccionada más transferencia – Barra simple	1	2	1	2
Promedio		0,50	0,25	0,50

7.14 REGIÓN DE ÑUBLE (XVI) – CHILLÁN

Tres (3) SS/EE AT/MT alimentan la ciudad de Chillán, capital de la Región del Ñuble, distribuidas como se muestra en la figura 7.28, suministrando tanto a clientes regulados como clientes libres. La ciudad de Chillán es la decimosegunda ciudad con más habitantes, totalizando 190.383 al año 2017.

En la figura 7.29 se muestran las configuraciones presentes en las SS/EE de la ciudad de Chillán. Finalmente, la tabla 7.19 muestra la calificación otorgada a las configuraciones AT/MT de esta ciudad.

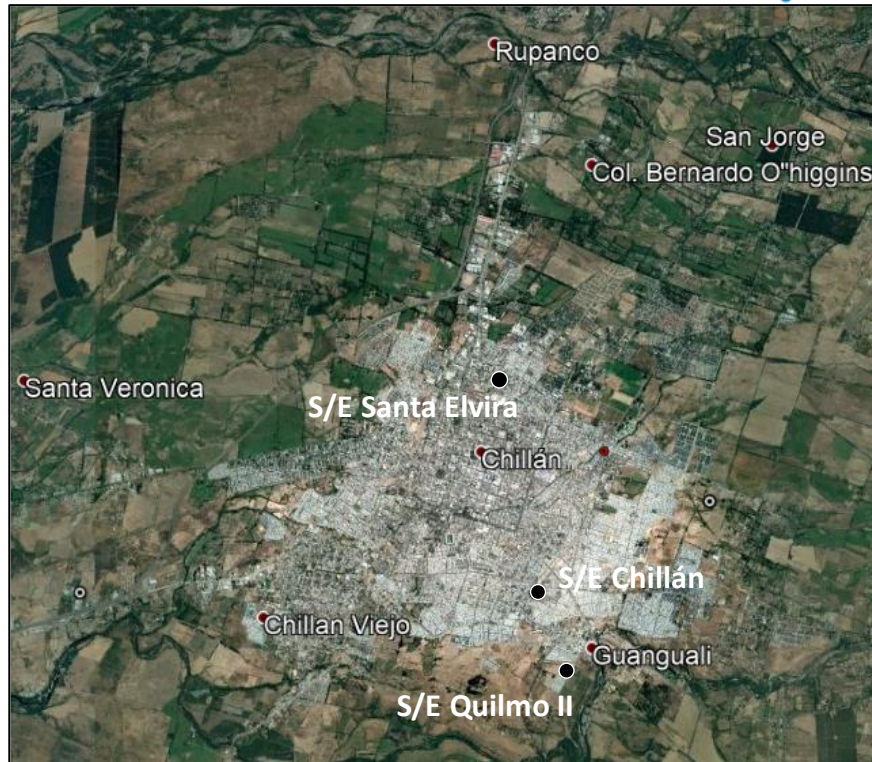


Figura 7.28. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Arica, de la decimoquinta Región de Arica y Parinacota.

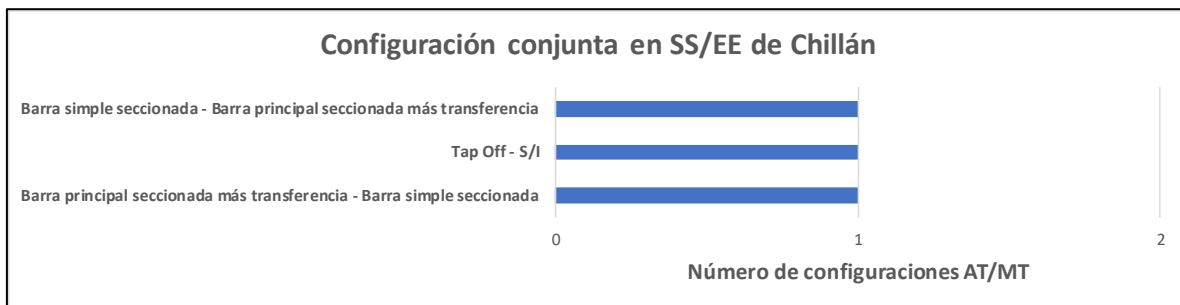


Figura 7.29. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Chillán, de la decimosexta Región de Ñuble.

Tabla 7.19. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Chillán.

Configuración de barra	Número de configuraciones	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Barra simple seccionada – Barra principal seccionada más transferencia	1	2	1	1
Tap Off – Sin Información	1	0	0	0
Barra principal seccionada más transferencia – Barra simple seccionada	1	2	1	2
Promedio		1,33	0,67	1,00

7.15 RESUMEN DEL ANÁLISIS

La tabla 7.20 muestra un resumen del análisis cualitativo realizado en términos de confiabilidad, seguridad y flexibilidad, para todas las SS/EE AT/MT del SEN, ordenadas de mayor a menor confiabilidad.

Tabla 7.20. Resumen de análisis cualitativo de la totalidad de SS/EE de las distintas capitales regionales alimentadas desde el SEN, ordenadas de mayor a menor confiabilidad.

Región de Chile	Promedio		
	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
Valparaíso (V) – Valparaíso	2,00	1,00	1,00
Metropolitana de Santiago (XIII) – Santiago	1,86	0,93	1,00
Ñuble (XVI) – Chillán	1,33	0,67	1,00
Los Lagos (X) – Puerto Montt	1,33	0,67	1,33
Biobío (VIII) – Concepción	1,33	0,67	1,00
Libertador Bernardo O’higgins (VI) – Rancagua	1,00	0,50	0,75
La Araucanía (IX) – Temuco	1,00	0,50	0,75
Maule (VII) – Talca	0,50	0,25	0,25
Arica y Parinacota (XV) – Arica	0,50	0,25	0,50
Región de Tarapacá (I) - Iquique	0,50	0,25	0,50
Antofagasta (II) – Antofagasta	0,38	0,25	0,38
Atacama (III) – Copiapó	0,00	0,00	0,00
Coquimbo (IV) – La Serena	0,00	0,00	0,00
Los Ríos (XIV) – Valdivia	0,00	0,00	0,00

7.16 ANÁLISIS DE ENERGÍA NO SUMINISTRADA

En este apartado, se analiza la energía no suministrada (ENS) en MWh, de las distintas capitales regionales, con el propósito de encontrar alguna relación de este índice con el análisis simplificado de confiabilidad, seguridad y flexibilidad presentado anteriormente. Los índices de ENS han sido obtenidos a partir del informe de Calidad de Suministro de febrero 2020, el cual se encuentra en la página web del Coordinador, en concordancia a lo estipulado en el artículo 7 del Anexo Técnico Informe Calidad de Suministro y Calidad de Producto.

El proceso efectuado es el siguiente:

- Se obtienen los índices de ENS en MWh para todas las SS/EE de cada capital regional, para todas las interrupciones en el horizonte 2014-2020.
- A fin de comparar los distintos valores de ENS en cada capital regional, se define el nivel de ENS en (1), dado por la sumatoria de toda la ENS durante el horizonte 2014-2020, sobre el número de habitantes que la capital de cada región posee según lo indicado en la tabla 7.20; finalmente, multiplicando por 1000, es posible facilitar la visualización de la magnitud.

$$\text{Nivel de ENS} = \frac{\sum \text{ENS}[\text{MWh}]}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes}} \cdot 1000 \quad (1)$$

La tabla 7.21 presenta los niveles de ENS obtenidos para las distintas capitales regionales alimentadas por el SEN, listados en conjunto con los niveles de confiabilidad, seguridad y flexibilidad de la tabla 7.20.

Tabla 7.21. Resumen de niveles de ENS, para las distintas capitales regionales alimentadas desde el SEN.

Región de Chile	ENS [MWh]	Nivel de ENS [kWh/N° de habitantes]	Promedio		
			Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad
XV – Arica	1.057	4,60	0,50	0,25	0,50
VII – Maule	726	3,56	0,50	0,25	0,25
III – Atacama	622	3,55	0,00	0,00	0,00
IV – Coquimbo	622	3,03	0,00	0,00	0,00
II – Antofagasta	973	2,56	0,38	0,25	0,38
XIV – Los Ríos	295	2,06	0,00	0,00	0,00
XVI – Ñuble	348	1,83	1,33	0,67	1,00
IX – La Araucanía	390	1,76	1,00	0,50	0,75
VI – Libertador Bernardo O’Higgins	395	1,75	1,00	0,50	0,75
V – Valparaíso	467	1,58	2,00	1,00	1,00
XIII – Región Metropolitana	8.774	1,56	1,86	0,93	1,00
I – Iquique	304	1,55	0,50	0,25	0,50
X – Los Lagos	312	1,46	1,33	0,67	1,33
VIII – Biobío	114	0,51	1,33	0,67	1,00

Lo anterior, se representa gráficamente mediante la figura 7.30, comparando el nivel de ENS con la confiabilidad de las SS/EE de capitales regionales. En esta figura, las regiones están ordenadas desde mayor a menor nivel de ENS. Al respecto, se puede observar que:

- Las capitales regionales de las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Maule, Los Ríos y Arica, que presentan los menores índices de confiabilidad (menores a 1), presentan los mayores niveles de ENS. La excepción en los datos está dada por Iquique, capital de la región de Iquique, donde se observa una baja confiabilidad y a la vez un bajo nivel de ENS.
- Las SS/EE de Concepción, capital de la región del Biobío, presentan el menor nivel de ENS, con una confiabilidad mayor a 1.
- De los datos se observa que las capitales regionales con mayores índices de confiabilidad, tales como Valparaíso y Santiago, no necesariamente presentan el menor nivel de ENS.
- Las SS/EE de Chillán, capital de la región de Ñuble poseen un nivel de confiabilidad significativamente mayor respecto a Valdivia, capital de la región de Los Ríos; sin embargo, ambas poseen niveles de ENS similares. Al analizar en mayor detalle las interrupciones de servicio en la zona de Chillán, se observan reiteradas

interrupciones del sistema AT de 66 kV debido a caídas de árboles, temporales de lluvia, temporales de viento e incendios.

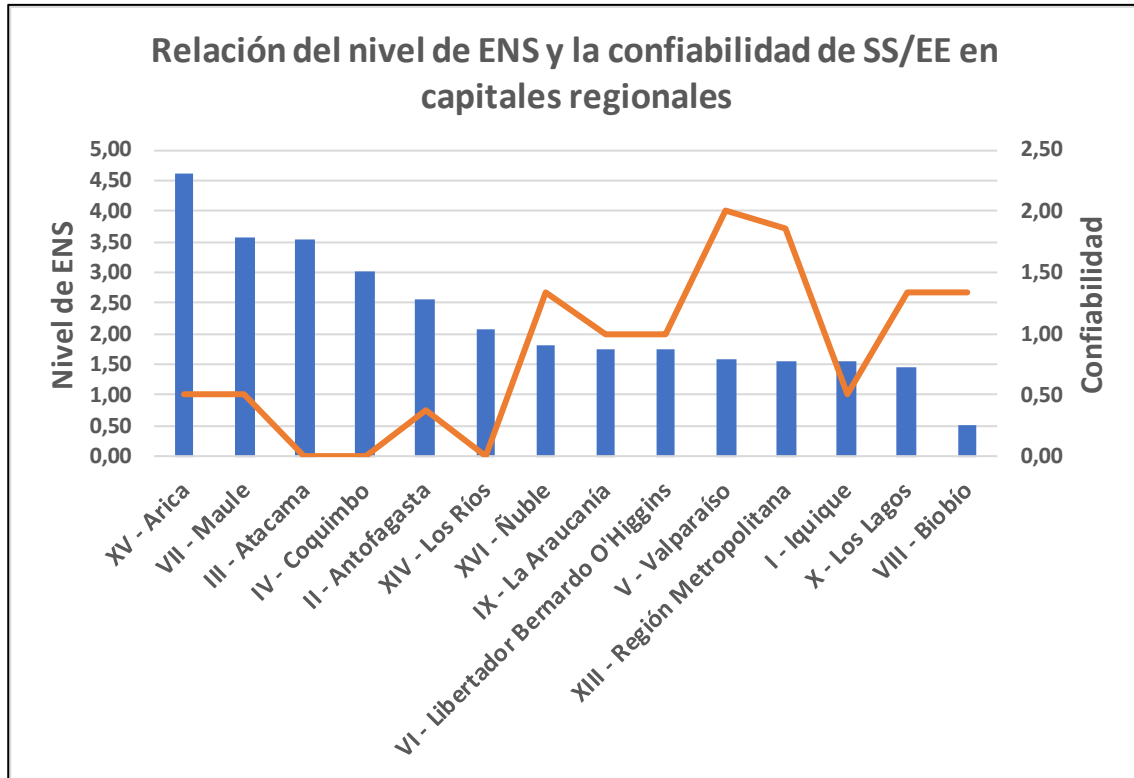


Figura 7.30. Relación del nivel de ENS y la confiabilidad de SS/EE que alimentan capitales regionales.

8. APÉNDICE III – SS/EE EN CIUDADES REGIONALES

A continuación, se presenta el análisis respecto a otras ciudades de Chile que son alimentadas desde el SEN. Las tablas 8.1 a 8.8 presentan las diferentes SS/EE AT/MT que alimentan las ciudades a lo largo de Chile. La tabla 8.9 muestra el número de habitantes de las 18 ciudades más pobladas⁴ que se energizan desde el SEN, exceptuando en este listado las capitales regionales. Para estas 18 ciudades, se totalizan 2.722.364 habitantes, con un promedio de 151.242 habitantes y una desviación estándar de 58.846 habitantes, situación mostrada en la figura 8.1. Las 162 ciudades restantes que se alimentan desde el SEN poseen un total de 3.962.856 habitantes, un promedio de 27.330 habitantes y una desviación estándar por ciudad de 17.753 habitantes, según se aprecia en la figura 8.2.

Tabla 8.1. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, regiones I a III.

Región	Ciudad	SS/EE
I Región de Iquique	Alto Hospicio	Alto Hospicio
	Pozo Almonte	Lagunas
		Pozo Almonte
		Tamarugal
Huara	Tap Off Dolores	
II Región de Antofagasta	Taltal	Armazones
	Mejillones	Atacama
	Calama	Calama
	Taltal	Taltal
	Complejo Industrial La Negra	Tap Off El Negro
		Tap Off La Negra
Tocopilla	Tocopilla	
III Región de Atacama	Alto del Carmen	Alto del Carmen
	Caldera	Caldera
	Chañaral	Chañaral
	Chañaral	El Salado
	Diego de Almagro	Diego de Almagro
	Tierra Amarilla	Cerrillos
		Los Loros
		Tierra Amarilla
	Vallenar	Incahuasi
Vallenar		

⁴ Acorde a los resultados del Instituto Nacional de Estadísticas – Chile – Censo 2017.

Tabla 8.2. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, regiones IV y V.

Región	Ciudad	SS/EE
IV Región de Coquimbo	Andacollo	Andacollo
	Combarbalá	Combarbalá
		El Sauce
	Coquimbo	Guayacán
		Pan de Azúcar
		San Juan
	El Peñón	El Peñón
	Illapel	Illapel
	Los Vilos	Quereo
	Ovalle	Ovalle
	Monte Patria	Monte Patria
	Punitaqui	Punitaqui
	Salamanca	Salamanca
Vicuña	Marquesa	
	Vicuña	
V Región de Valparaíso	Algarrobo	Algarrobo Norte
		Las Piñatas
		San Jerónimo
	Cabildo	Cabildo
	Cartagena	San Sebastián
	Casablanca	Casablanca
		Quintay
	Catemu	Catemu
	Concón	Bosquemar
		Concón
	El Quisco	El Totoral
		Las Balandras
	La Calera	La Calera
	LlayLlay	Las Vegas
	Los Andes	Juncal Portillo
		Río Blanco
		San Rafael
Nogales	El Melón	
	Túnel El Melón	
Panquehue	Panquehue	

Tabla 8.3. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación V región y VI región.

Región	Ciudad	SS/EE
V Región de Valparaíso (Continuación)	Papudo	Quinquimo
	Curauma	Placilla
	Puchuncaví	Marbella
		Quintero
	Quillota	San Pedro
		Mayaca
	Quilpué	Quilpué
	San Antonio	San Antonio
		Leyda
	San Felipe	San Felipe
	San Rafael	Tap Off San Rafael
	Villa Alemana	Peñablanca
Viña del mar	Miraflores	
	Reñaca	
	Marga Marga	
Zapallar	Casas Viejas	
VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins	Chimbarongo	Chimbarongo
		Tap Off Quinta
	Coltauco	Loreto
	Doñihue	Lo Miranda
	Graneros	Graneros
	Las Cabras	El Manzano
		Las Cabras
	Lolol	Ranguilí
	Machalí	Machalí
	Malloa	Malloa
		Pelequén
	Marchigüe	Alcones
		La Esperanza
		Marchigüe
		Portezuelo
	Mostazal	San Fco. De Mostazal
Nancagua	Nancagua	
Palmilla	Lihueimo	
Placilla	Placilla	

Tabla 8.4. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación VI región y VII región.

Región	Ciudad	SS/EE
VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins (Continuación)	Quinta de Tilcoco	Quinta de Tilcoco
	Rengo	Rengo
	Rengo	Rosario
	San Fernando	Colchagua
		La Ronda
	San Vicente	San Vicente de Tagua Tagua
Santa Cruz	Paniahue	
VII Región del Maule	Cauquenes	Cauquenes
	Colbún	Panimávida
	Constitución	Constitución
	Curicó	Curicó
	Curicó	Rauquén
	Hualañé	Hualañé
		Parronal
	Licantén	Licantén
	Linares	Chacahuín
		Linares Norte
	Longaví	Longaví
	Molina	Itahue
		Molina
	Parral	Parral
	Pelluhue	La Vega
	Retiro	Paso Hondo
		Retiro
	Sagrada Familia	Villa Prat
	San Clemente	Maule
		San Clemente
	San Javier	La Palma
		Nirivilo
		San Javier
San Rafael	Los Maquis	
Villa Alegre	Tap Off Villa Alegre	
Yerbas Buenas	Tap Off Yerbas Buenas	

Tabla 8.5. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, regiones VIII y IX.

Región	Ciudad	SS/EE
VIII Región del Biobío	Arauco	Carampangue
	Cabrero	Cabrero
		Charrúa
		Fibranova
	Cañete	Cañete
	Chiguayante	Chiguayante
	Coronel	Arenas Blancas
		Coronel
		Escuadrón
		Puchoco
	Curanilahue	Curanilahue
	Laja	Laja
	Lebu	Lebu
	Los Álamos	Tres Pinos
	Los Ángeles	Duqueco
		El Avellano
		Los Ángeles
		Manso de Velasco
	Lota	Lota
	Mulchén	Picoltué
	Negrete	Negrete
	Penco	Lirquén
		Penco
	San Pedro de la Paz	Loma Colorada
San Pedro		
Santa Bárbara	Tap Off Santa Bárbara	
Talcahuano	Latorre	
	Perales	
	Talcahuano	
	Tumbes	
Tomé	Tomé	
IX Región de La Araucanía	Angol	Angol
		Deuco
	Collipulli	Collipulli
	Curacautín	Curacautín
	Gorbea	Gorbea
	Lautaro	Lautaro
Pillanlelbún		

Tabla 8.6. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación IX región y X región.

Región	Ciudad	SS/EE
IX Región de La Araucanía (Continuación)	Loncoche	Loncoche
	Los Sauces	Los Sauces
	Nueva Imperial	Imperial
	Padre Las Casas	Licanco
		Padre Las Casas
	Pitrufquén	Pitrufquén
	Pucón	Pucón
	Renaico	Nahuelbuta
	Traiguén	Traiguén
	Victoria	Victoria
	Villarrica	Villarrica
X Región de Los Lagos	Ancud	Ancud
	Calbuco	Calbuco
		Colaco
		El Empalme
	Castro	Castro
		Pid-Pid
	Chonchi	Chonchi
	Dalcahue	Dalcahue
	Frutillar	Frutillar
	Los Lagos	Los Lagos
	Osorno	Barro Blanco
		Osorno
		Remehue
		Pichil
	Puerto Varas	Puerto Varas
	Purranque	Purranque
	Puyehue	Tap Off Aihuapi
		Los Negros
		Chirre
	Quellón	Quellón
Río Negro	Río Negro	

Tabla 8.7. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación XIII región y XIV a XV región.

Región	Ciudad	SS/EE
XIII Región Metropolitana de Santiago	Alhué	Alhue
	Buín	Buín
	Colina	Batuco
		Chicureo
	Curacaví	Curacaví
	El Monte	El Monte
		El Paico
	Las Cabras	El Manzano
	Isla de Maipo	Isla de Maipo
	Melipilla	Bajo Melipilla
		Bollenar
		Chocalán
		El Maitén
		Mandinga
	Paine	Fátima
		Hospital
	Peñaflor	Malloco
	Pirque	Pirque
	Tiltil	Caleu
		Polpaico
Rungue		
San Pedro	El Peumo	
	Las Arañas	
	Santa Rosa	
XIV Región de Los Ríos	La Unión	La Unión
		Los Tambores
	Mariquina	Mariquina
	Paillaco	Tap Off Paillaco
		Pichirropulli
	Panguipulli	Panguipulli
Río Bueno	Pilmaiquén	
XV Región de Arica	Camarones	Tap Off Cuya
		Tap Off Vitor
	Chapisca	El Águila

Tabla 8.8. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, XVI región.

Región	Ciudad	SS/EE
XVI Región de Ñuble	Bulnes	Los Tilos Bulnes
		Tap Off Tres Esquinas
	Ninhue	Hualte
	Ñiquén	San Gregorio
	Pinto	Recinto
	Quirihue	Quirihue
	San Carlos	Cocharcas
		San Carlos
Yungay	Tap Off Cholguán	

Tabla 8.9. Número de habitantes de las primeras dieciocho ciudades más pobladas, alimentadas por el SEN, exceptuando capitales regionales de Chile.

N°	Región	Ciudad	Número de habitantes ⁵
1	V - Valparaíso	Viña del mar	326.759
2	IV - Coquimbo	Coquimbo	216.623
3	V - Valparaíso	Cartagena	214.177
4	XIII - Región Metropolitana	Melipilla	185.966
5	II - Antofagasta	Calama	180.283
6	V - Valparaíso	Quilpué	172.049
7	XIII - Región Metropolitana	Colina	146.207
8	V - Valparaíso	Villa Alemana	144.417
9	X - Los Lagos	Osorno	139.550
10	VIII - Biobío	San Pedro de la Paz	139.174
11	VIII - Biobío	Los Ángeles	128.933
12	I - Iquique	Alto Hospicio	124.877
13	IV - Coquimbo	Ovalle	111.272
14	VIII - Biobío	Coronel	109.709
15	VII - Maule	Curicó	102.710
16	XIII - Región Metropolitana	Buin	96.614
17	VIII - Biobío	Talcahuano	92.843
18	XIII - Región Metropolitana	Peñaflores	90.201

⁵ Acorde a los resultados del Instituto Nacional de Estadísticas – Chile – Censo 2017.

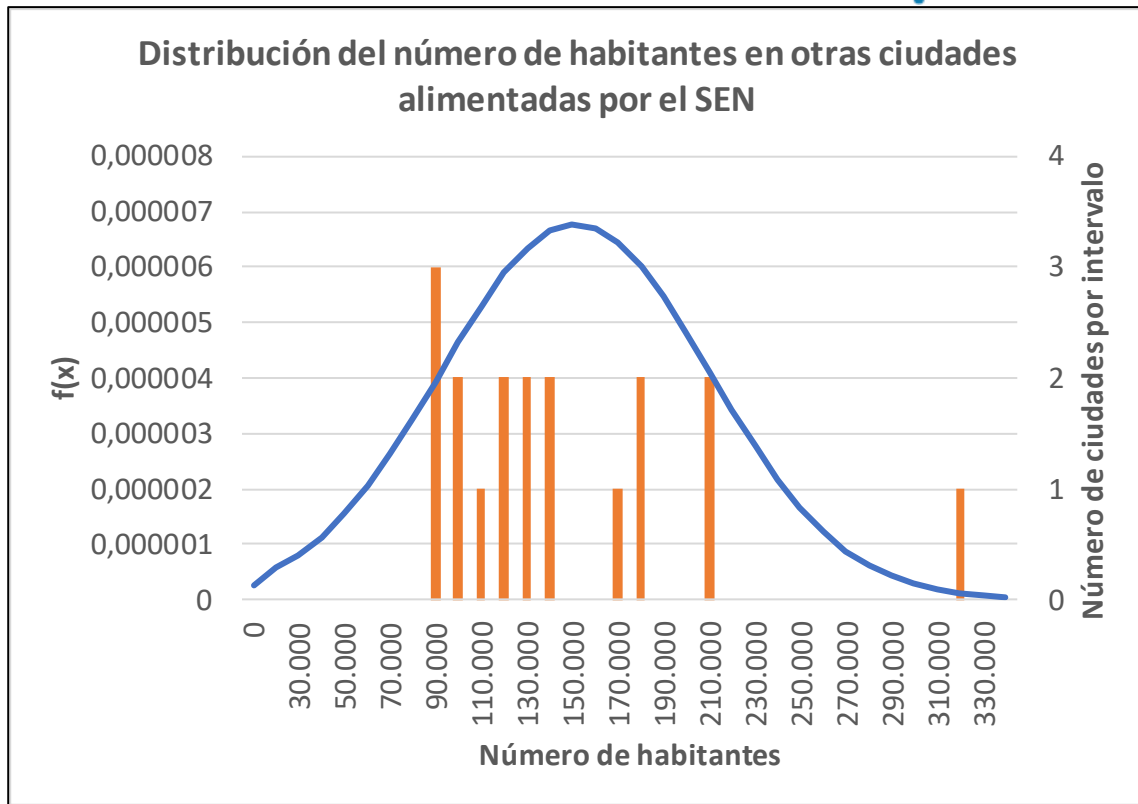


Figura 8.1. Distribución normal del número de habitantes en las primeras veinte ciudades más pobladas que se alimentan del SEN, exceptuando capitales regionales de Chile.

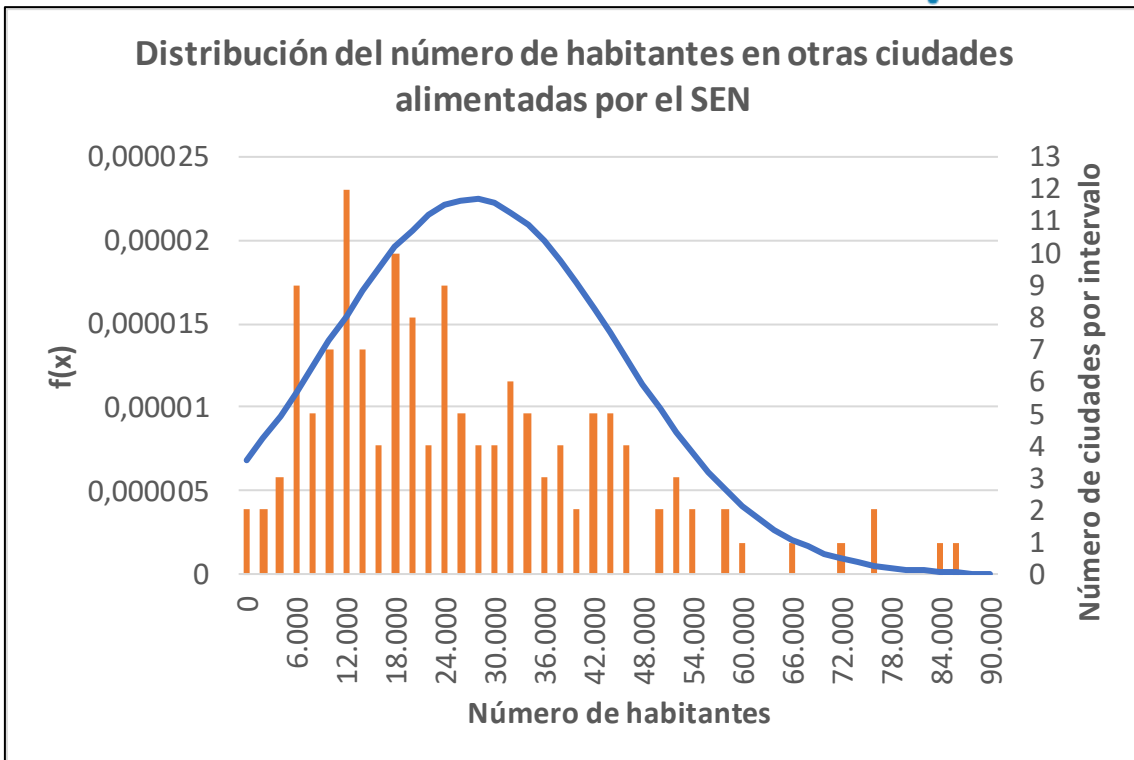


Figura 8.2. Distribución normal del número de habitantes en otras ciudades que se alimentan del SEN.

9. APÉNDICE IV – TABLA DE CONTENIDOS, ÍNDICE DE FIGURAS E ÍNDICE DE TABLAS

TABLA DE CONTENIDOS

1. Resumen Ejecutivo	3
2. Introducción.....	4
3. Tipos de barras en subestaciones de alta y media tensión.....	5
3.1 Configuración de conexiones de barras	5
3.2 Tecnologías de subestaciones	15
3.3 Costos de las configuraciones de conexiones de barras	20
3.4 Configuración de barras AT/MT en Chile.....	27
4. Propuesta de desarrollo de configuraciones de barras en SS/EE AT/MT	39
4.1 SS/EE en Capitales Regionales	39
4.2 SS/EE en Ciudades Regionales	42
5. Referencias	47
6. Apéndice I – SS/EE AT/MT	49
7. Apéndice II – SS/EE en capitales regionales	54
7.1 Región de Tarapacá (I) – Iquique	58
7.2 Región de Antofagasta (II) - Antofagasta.....	60
7.3 Región de Atacama (III) - Copiapó	61
7.4 Región de Coquimbo (IV) – La Serena	63
7.5 Región de Valparaíso (V) - Valparaíso.....	64
7.6 Región del Libertador Bernardo O’Higgins (VI) - Rancagua.....	66
7.7 Región del Maule (VII) - Talca	67
7.8 Región del Biobío (VIII) - Concepción.....	68
7.9 Región de La Araucanía (IX) - Temuco	70
7.10 Región de Los Lagos (X) – Puerto Montt.....	71
7.11 Región Metropolitana de Santiago (XIII) – Santiago.....	72
7.12 Región de Los Ríos (XIV) – Valdivia	74
7.13 Región de Arica y Parinacota (XV) – Arica	76
7.14 Región de Ñuble (XVI) – Chillán	77
7.15 Resumen del análisis.....	79
7.16 Análisis de Energía No Suministrada	79
8. Apéndice III – SS/EE en ciudades regionales	82
9. Apéndice IV – Tabla de Contenidos, Índice de Figuras e Índice de Tablas.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Barra simple o barra simple seccionada.	6
Figura 3.2. Ejemplo de configuración en H.	7
Figura 3.3. Subestaciones en conexión Tap-Off.	7
Figura 3.4. Barra principal más transferencia o barra principal seccionada más transferencia.	8
Figura 3.5. Doble barra.	8
Figura 3.6. Doble barra más seccionador by-pass o paso directo.	9
Figura 3.7. Doble barra más seccionador de transferencia.	9
Figura 3.8. Doble barra más barra de transferencia.	10
Figura 3.9. Anillo.	12
Figura 3.10. Interruptor y medio.	13
Figura 3.11. Doble barra con doble interruptor.	13
Figura 3.12. Subestaciones con tecnologías unitarias (línea punteada) y conjunta (línea continua).	15
Figura 3.13. Ejemplo de distribución de demanda para efectos de diseñar una subestación AIS o GIS.	19
Figura 3.14. Ejemplo de tres subestaciones AT/MT con tecnología GIS, inyectando energía cerca de los centros de carga. El ejemplo considera tres subestaciones de media tensión en lazo abierto, alimentadas por una red de 110 kV.	20
Figura 3.15. Ejemplo de cuatro subestaciones AT/MT con tecnología AIS, instalados de forma periférica a los centros de carga. El ejemplo considera líneas aéreas en la periferia.	20
Figura 3.16. Configuraciones de conexiones de barras estándar europeo, asumiendo dos líneas de transmisión y dos transformadores AT/MT. a) Barra simple; b) Barra simple seccionada; c) Configuración en H; d) Conexión Tap Off; e) Barra principal más transferencia; f) Barra principal seccionada más transferencia; g) Doble barra; h) Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo; i) Doble barra más seccionador de transferencia; j) Doble barra más barra de transferencia.	21
Figura 3.17. Configuraciones de conexiones de barras estándar americano, asumiendo dos líneas de transmisión y dos transformadores AT/MT. a) Anillo; b) Interruptor y medio; c) Doble barra con doble interruptor.	22
Figura 3.18. Resumen de la cantidad de equipos en la S/E modelo, según el tipo de configuración de barra típica europea.	23
Figura 3.19. Resumen de la cantidad de equipos requeridos en la S/E modelo, según el tipo de configuración de barra típica americana.	24
Figura 3.20. Resumen de los costos de equipamiento requeridos en la S/E modelo para 69 kV, según el tipo de configuración de barra típica europea.	26
Figura 3.21. Resumen de los costos de equipamiento requeridos en la S/E modelo para 69 kV, según el tipo de configuración de barra típica americana.	27
Figura 3.22. Configuración de barras AT según empresas.	29
Figura 3.23. Número de barras AT según tipo de configuración.	30
Figura 3.24. Configuración de barras MT según empresa.	31
Figura 3.25. Número de barras MT según tipo de configuración.	32
Figura 3.26. Configuración conjunta AT y MT Zona Arica - Diego de Almagro.	33
Figura 3.27. Configuración conjunta AT y MT Zona Diego de Almagro - Quillota.	34
Figura 3.28. Configuración conjunta AT y MT Zona Quinta.	35
Figura 3.29. Configuración conjunta AT y MT Zona Región Metropolitana.	36
Figura 3.30. Configuración conjunta AT y MT Zona Región Metropolitana.	37
Figura 4.1. Propuesta de configuraciones de barra en SS/EE de Santiago, capital de la Región Metropolitana de Santiago y capital de Chile.	41
Figura 4.2. Propuesta de configuraciones de barra para otras capitales regionales alimentadas por el SEN.	42
Figura 4.3. Cantidad por tipo de configuración de barras AT en ciudades con más de 90.000 habitantes.	43
Figura 4.4. Propuesta de configuraciones de barra para ciudades regionales con más de 90.000 habitantes.	44
Figura 4.5. Cantidad por tipo de configuración de barras AT en ciudades con menos de 90.000 habitantes.	45

Figura 4.6. Propuesta de configuraciones de barra para ciudades regionales con menos de 90.000 habitantes.....	46
Figura 7.1. Distribución normal del número de habitantes en las capitales regionales y el número de capitales regionales por intervalo.	58
Figura 7.2. SS/EE que alimentan Iquique, capital de la Región de Tarapacá.	59
Figura 7.3. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Iquique, de la primera Región de Tarapacá.	59
Figura 7.4. SS/EE que alimentan Antofagasta, capital de la Región de Antofagasta.	60
Figura 7.5. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Antofagasta, de la primera Región de Antofagasta.	61
Figura 7.6. SS/EE que alimentan Copiapó, capital de la Región de Atacama.	62
Figura 7.7. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Copiapó, de la tercera Región de Atacama.....	62
Figura 7.8. SS/EE que alimentan La Serena, capital de la Región de Coquimbo.	63
Figura 7.9. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional La Serena, de la cuarta Región de Coquimbo.	64
Figura 7.10. SS/EE que alimentan Valparaíso, capital de la Región de Valparaíso.	65
Figura 7.11. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Valparaíso, de la quinta Región de Valparaíso.	65
Figura 7.12. SS/EE que alimentan Rancagua, capital de la Región del Libertador Bernardo O’Higgins.	66
Figura 7.13. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Rancagua, de la sexta Región del Libertador Bernardo O’Higgins.	66
Figura 7.14. SS/EE que alimentan Talca, capital de la Región del Maule.	67
Figura 7.15. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Talca, de la séptima Región del Maule.	68
Figura 7.16. SS/EE que alimentan Concepción, capital de la Región del Biobío.	69
Figura 7.17. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Concepción, de la octava Región del Biobío.....	69
Figura 7.18. SS/EE que alimentan Temuco, capital de la Región de La Araucanía.	70
Figura 7.19. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Temuco, de la novena Región de La Araucanía.	70
Figura 7.20. SS/EE que alimentan Puerto Montt, capital de la Región de Los Lagos.	71
Figura 7.21. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Puerto Montt, de la décima Región de Los Lagos.....	72
Figura 7.22. SS/EE que alimentan Santiago, capital de la Región Metropolitana de Santiago.....	73
Figura 7.23. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Santiago, de la decimotercera Región Metropolitana de Santiago.....	73
Figura 7.24. SS/EE que alimentan Valdivia, capital de la Región de Los Ríos.	75
Figura 7.25. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Valdivia, de la decimocuarta Región de Los Ríos.	75
Figura 7.26. SS/EE que alimentan Arica, capital de la Región de Arica y Parinacota.....	76
Figura 7.27. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Arica, de la decimoquinta Región de Arica y Parinacota.	77
Figura 7.28. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Arica, de la decimoquinta Región de Arica y Parinacota.	78
Figura 7.29. Tipos de configuraciones de barras AT/MT en la capital regional Chillán, de la decimosexta Región de Ñuble.	78
Figura 7.30. Relación del nivel de ENS y la confiabilidad de SS/EE que alimentan capitales regionales.	81
Figura 8.1. Distribución normal del número de habitantes en las primeras veinte ciudades más pobladas que se alimentan del SEN, exceptuando capitales regionales de Chile.....	90
Figura 8.2. Distribución normal del número de habitantes en otras ciudades que se alimentan del SEN.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Conceptos de confiabilidad, suficiencia, seguridad de servicio y calidad de servicio, según el artículo 225, letra r, s, t y u respectivamente, de la LGSE.	5
Tabla 3.2. Tipos de configuración y sus ventajas y desventajas – configuración europea.....	11
Tabla 3.3. Tipos de configuración y sus ventajas y desventajas – configuración americana.	14
Tabla 3.4. Resumen de la evaluación de las distintas características AIS, MTS y GIS, parte 1 de 2.	16
Tabla 3.5. Resumen de la evaluación de las distintas características AIS, MTS y GIS, parte 1 de 2.	17
Tabla 3.6. Costos estimados de los distintos tipos de configuraciones de barra y el costo relativo respecto a la configuración de barra simple.	25
Tabla 3.7. Configuraciones AT-MT con mayor presencia en las diferentes áreas del SEN.	38
Tabla 6.1. Levantamiento de información zona Arica – Diego de Almagro.	49
Tabla 6.2. Levantamiento de información zona Diego de Almagro - Quillota.....	49
Tabla 6.3. Levantamiento de información zona Quinta.	50
Tabla 6.4. Levantamiento de información zona Región Metropolitana.	51
Tabla 6.5. Levantamiento de información zona Alto Jahuel - Charrúa.....	52
Tabla 6.6. Levantamiento de información zona Alto Jahuel - Charrúa.....	53
Tabla 7.1. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, I a V región.	54
Tabla 7.2. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, VI a X región.	55
Tabla 7.3. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, XIII Región Metropolitana de Santiago.	56
Tabla 7.4. SS/EE que alimentan las capitales regionales de Chile, XIV a XVI región.....	57
Tabla 7.5. Número de habitantes de las distintas capitales regionales de Chile.....	57
Tabla 7.6. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Iquique.	60
Tabla 7.7. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Antofagasta.	61
Tabla 7.8. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Copiapó.	62
Tabla 7.9. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de La Serena.....	64
Tabla 7.10. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Valparaíso.....	65
Tabla 7.11. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Rancagua.....	67
Tabla 7.12. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Talca.	68
Tabla 7.13. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Concepción.....	69
Tabla 7.14. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Temuco.	71
Tabla 7.15. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Puerto Montt.	72
Tabla 7.16. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Santiago.	74
Tabla 7.17. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Valdivia.....	75
Tabla 7.18. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Arica.	77
Tabla 7.19. Calificación de configuraciones AT/MT en la ciudad de Chillán.	78
Tabla 7.20. Resumen de análisis cualitativo de la totalidad de SS/EE de las distintas capitales regionales alimentadas desde el SEN, ordenadas de mayor a menor confiabilidad.	79
Tabla 7.21. Resumen de niveles de ENS, para las distintas capitales regionales alimentadas desde el SEN. ..	80
Tabla 8.1. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, regiones I a III.	82
Tabla 8.2. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, regiones IV y V.....	83
Tabla 8.3. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación V región y VI región.	84
Tabla 8.4. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación VI región y VII región.	85
Tabla 8.5. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, regiones VIII y IX.	86
Tabla 8.6. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación IX región y X región.....	87
Tabla 8.7. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, continuación XIII región y XIV a XV región.	88
Tabla 8.8. SS/EE que alimentan distintas ciudades de Chile, XVI región.	89
Tabla 8.9. Número de habitantes de las primeras dieciocho ciudades más pobladas, alimentadas por el SEN, exceptuando capitales regionales de Chile.	89