

# CRITERIOS DE DISEÑO DEL ALIMENTADOR Y CONDICIONES TÉCNICAS PARA PMGD



PEQUEÑOS MEDIOS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

# Índice

ÍNDICE.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. EQUIPOS.....	5
2.1. CONDICIONES GENERALES.....	5
2.2. PROTECCIONES .....	5
2.2.1.-Interruptor de acoplamiento e instalación de conexión.....	5
2.2.2.-Dispositivos de sincronización.....	5
2.2.3.-Instalación de control y medida.....	6
2.2.4.-Características del Cableado, Caja y Conexiones.....	8
2.2.5.-Características del Medidor.....	8
2.2.6.-Reconectores “aguas arriba” de la protección de acoplamiento.....	11
2.2.7.-Protección cabecera alimentador.....	11
2.3. COMPORTAMIENTO EN ESTADO DE FALLA .....	11
2.4. PUESTA EN SERVICIO .....	12
2.4.1.-Coordinaciones Previas.....	12
2.4.2.-Requisitos que debe proporcionar el PMGD previo a la conexión:.....	13
2.4.3.-Conexión en Terreno.....	14
2.5. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO.....	15
3. LÍNEAS .....	16
3.1. ASPECTOS NORMATIVOS:.....	16
3.2. DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES: .....	17
3.3. GENERALIDADES RED COMPACTA.....	17
3.4. ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA.....	18
3.4.1. Conductor .....	18
3.4.2. Separadores o Espaciadores.....	19
3.4.3. Impedancias.....	20
3.4.4. Cable portante de acero o cable mensajero .....	21
3.4.5. Distancias de seguridad.....	27
3.4.6. Puesta a tierra:.....	30
3.4.7. Tierra de protección .....	30
3.4.8. Tirantes .....	30
3.4.9. Conexión eléctrica.....	30
3.4.10. Aislación y sellado del conductor protegido.....	31
3.5. INDICACIONES BÁSICAS DE INSTALACIÓN RED COMPACTA.....	32
3.6. MÉTODO CONSTRUCTIVO .....	33
3.7. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO:.....	34
3.8. ESTRUCTURAS Y MONTAJES.....	34

4.	EMPALME .....	35
4.1.	ELEMENTOS DE UN EMPALME Y ORDEN DE INSTALACIÓN. ....	35
4.2.	LOS EQUIPOS EN EL EMPALME: .....	36
4.3.	ESTUDIOS Y PARAMETRIZACIONES. ....	37
4.4.	CAJA PARA MEDIDOR. ....	38
4.5.	TELEMEDIDA. ....	39
4.6.	WISEBOX.....	39
4.7.	MEDIDOR. ....	41
5.	ANEXOS .....	42
5.1.	ANEXO I: FORMULARIO 7. INFORME DE CRITERIOS DE CONEXIÓN .....	42
5.2.	ANEXO II: FORMULARIO 8. ACEPTACIÓN ICC .....	44
5.3.	ANEXO III: FORMULARIO 9. PROTOCOLO DE PUESTA EN SERVICIO .....	45
5.4.	ANEXO IIII: TABLA RESUMEN CARACTERÍSTICAS RECONECTADORES.....	47
5.5.	ANEXO IV: FOTO TIPO CONEXIONADO (BORNERO DE ECM Y PLACA DE 7 POLOS). ....	48
5.6.	ANEXO V: DETALLE DE PUNTO DE CONEXIÓN. ....	49
5.7.	ANEXO VI: INFORMACIÓN REQUERIDA DE PROTECCIONES EN CASO DE FALLA. ....	50

# 1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de unificar criterios para la conexión de un PMGD al sistema de distribución del Grupo SAESA o a subalimentadores de otras empresas eléctricas que se energizan de nuestras instalaciones, se desarrolla el siguiente documento indicando las Condiciones Técnicas para Conexión de PMGD y los Estándares de Diseño para Líneas de Media Tensión.

## 1.1 Glosario de Términos

1. CDEC : Centro de despacho económico de carga
2. ICC : Informe criterios de conexión
3. PMGD : Pequeño medio de generación distribuida (0.1 – 9 MW)
4. ECM : Equipo compacto de medida
5. NTCO : Norma técnica de conexión y operación de los PMGD
6. Protección RI : Protección de red e instalación
7. SD : Sistema de distribución (Frontel o Saesa)
8. NTSyCS : Norma técnica de seguridad y calidad de servicio
9. TTPP : Juego de transformadores de potencial
10. TTCC : Juego de transformadores de corriente
11. DP : Dirección de peajes del CDEC
12. SCADA : Supervisión, Control y Adquisición de Datos
13. Telemedida : Sistema de interrogación remota

## 2. EQUIPOS

### 2.1. Condiciones Generales.

Según lo que indica la NTCO vigente, bajo la cual se regulan los PMGD en su artículo 4-1 establece que un PMGD conectado a las instalaciones de una empresa Distribuidora adquiere la calidad de usuario del SD y serán aplicables los derechos y obligaciones establecidas en la normativa vigente.

### 2.2. Protecciones

Las exigencias de protecciones establecidas en la NTCO vigente deben cumplirse en el Punto de Conexión del PMGD al SD según el artículo 4-2 y 4-19, donde todo PMGD deberá contar con una protección RI, la cual actúa sobre el interruptor de acoplamiento o Reconectador. Las protecciones propias de la central, “aguas abajo” de la protección de RI, que puedan dar orden de apertura al reconectador deberán ser implementadas respetando las normas vigentes.

#### 2.2.1.-Interruptor de acoplamiento e instalación de conexión.

**-Artículo 4-7:** “La instalación de conexión del PMGD se constituirá de los siguientes elementos mínimos, ordenados desde el SD hasta las unidades generadoras:

- Desconectador
- Equipamiento de medida
- Protección RI
- Interruptor de Acoplamiento.”

Destacar que en todo momento el propietario del PMGD deberá mantener el buen estado de las instalaciones eléctricas de conexión de éste con el SD.

#### 2.2.2.-Dispositivos de sincronización

**-Artículo 4-12:** “En el caso de un PMGD sincrónicos directamente conectados a la red de medida del SD, el dispositivo de sincronización requerido para cumplir con las condiciones de sincronización deberá ser automático y contener un equipamiento de medida, consistente en un doble medidor de frecuencia, un doble medidor de tensión y un medidor de tensión de secuencia cero.”

### 2.2.3.-Instalacion de control y medida.

**-Artículo 4-13:** “Los medidores destinados a facturación y los aparatos de control correspondiente, deberán quedar ubicados cercanos al punto de conexión según lo acordado entre la empresa distribuidora y el propietario del PMGD...”

**-Artículo 4-15:** “Los medidores de energía y los Equipos Compactos de Medida podrán cumplir con una clase de precisión igual al 0.5% siempre que la potencia del PMGD sea menor o igual a 1 MW...”

**-Artículo 4-17:** “El canal de comunicación hacia la DP del CDEC respectivo podrá ser implementado de dos maneras;

- De acuerdo a lo indicado en el Anexo técnico “Sistema de Medida para Transferencia Económicas” de la NTSyCS, es decir, a través de un canal de comunicación exclusivo directo al CDEC...
- El canal de comunicación hacia la DP del CDEC, el PMGD podrá implementar un canal GPRS o superior con la Empresa Distribuidora, y convenir con esta la incorporación de sus instalaciones al sistema SCADA de la Empresa Distribuidora...

En ambos casos la Distribuidora puede interrogar los equipos de medida.”

**-Artículo 4--20:** “Las funciones de protecciones eléctricas mínimas (Protección RI) que un PMGD debe implementar en el Interruptor de Acoplamiento son:

- a) Subtensión (Nema 27)
- b) Sobretensión (Nema 59)
- c) Subfrecuencia (Nema 81U)
- d) Sobrefrecuencia (Nema 81O)
- e) Anti isla eléctrica.

Adicionalmente, la instalación de conexión deberá contar con las siguientes funciones de protecciones.

- a) Sobrecorriente de Fase (Nema 50/51).
- b) Sobrecorriente Residual (Nema 50N/51N).
- c) Sobretensión de Secuencia Cero (Nema 59N).”

Dichas protecciones deberán dar orden de apertura al reconectador frontera que se encuentra ubicado físicamente en el punto de conexión (fuera de la central).

**-Artículo 4-13:** “Los medidores destinados a facturación, y los aparatos de control correspondiente, deberán quedar ubicados cercanos al Punto de conexión según lo acordado entre la empresa Distribuidora y el propietario del PMGD.

Para el caso de autoprodutores, se deberán realizar mediciones independientes tanto de las inyecciones como de los consumos del autoprodutor.”

**-Artículo 4-14:** “Los propietarios de un PMGD deberán contar con un sistema de medidas de acuerdo a lo que indica el Título “Sistema de Medida de Transferencia Económicas” de la NTSyCS vigente, a menos que se especifique lo contrario.

Adicionalmente, el sistema de medida deberá disponer de equipos de respaldo mediante baterías o un sistema de almacenamiento de energía equivalente, para operar a lo menos 2 horas luego de una interrupción de suministro.”

Características del Equipo compacto de medida (ECM) normalizados en el Grupo SAESA.

- ECM de 3 elementos.
- ECM dimensionado adecuadamente para la potencia nominal del PMGD.
- ECM de clase de precisión 0.3 ANSI o superior.
- ECM con respuesta plana de frecuencia entre 10 y 3500Hz
- Transformadores de Medidas considerados son de las siguientes clases de aislación: CLASE 15 KV; CLASE 25 KV; CLASE 35 KV de acuerdo a las características de la red a la que se instala el PMGD.
- Potencia Térmica Nominal (Potencia máxima permanente sin que el calentamiento exceda los valores especificados), en TTPP de 1000VA
- Factor térmico (Factor de la corriente secundaria que puede aumentar sin que el calentamiento exceda los valores especificados), en TTCC de 1,5.
- Burden de acuerdo a los establecidos en ANSI y/o IEC para la clase definida.
- Certificado Bajo Norma IEC y/o ANSI de Laboratorio Autorizado y con referencias a algunas de las normas que se detallan:
  - Norma C.57.13 del American National Standard Institute. (ANSI)
  - Norma N° 44, N°185 y N° 186 Internacional Electrotechnical Commission (IEC).
  - Norma National Electrical Manufacturer Association (NEMA)
  - Norma American Society for Testing and Materials (ASTM)



- Norma Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)
- Norma National Electrical Codes (NEC)
- Norma Underwriters Laboratories (UL)

#### 2.2.4.-Características del Cableado, Caja y Conexiones

- La Caja de Medición debe tener el grado adecuado de protección para la intemperie, y de acuerdo a la normativa vigente.
- La Caja de Medición debe ser dimensionada de tal forma que permita alojar sin problemas el medidor de facturación elegido, una placa de siete polos y los elementos de telemedida, por lo general se utilizan gabinetes metálicos herméticos
- La conexión del equipo compacto de medida debe ser acorde al tap que se ha definido, según la potencia nominal del PMGD, y considerando un neutro común para el transformador de potencial y de corriente.
- El cableado desde el equipo compacto de medida debe ser de dimensiones tales que permitan el correcto paso de las corrientes que deben circular para efectuar la óptima medición. Las conexiones en el equipo compacto de medida deben estar conectadas en el TAP de corriente correspondiente, según el diseño del equipo compacto y del TAP de potencial de forma correcta y segura, para soportar la medida de la generación nominal del PMGD. Este cableado debe estar debidamente señalizado en el equipo compacto y en la caja donde se instalará el medidor, considerando los códigos de colores según normativa vigente.
- La placa de conexiones en la caja donde se instalará el medidor de facturación debe ser diseñada y contener los elementos necesarios para que en caso de falla del medidor, éste se pueda reemplazar sin necesidad de desenergizar el ECM. Esto es, integrando una placa que permita abrir los potenciales en la caja de medida directamente y considerando que las conexiones de corriente deben quedar cortocircuitadas en el equipo compacto al momento de retirar el medidor, para evitar una falla mayor en el ECM.

#### 2.2.5.-Características del Medidor

- Debe ser un medidor del tipo electrónico.
- Debe estar instalado en el arranque de la línea del PMGD, aguas abajo del Reconector del cliente (fuera de la central), considerado como fuente principal al SIC representado en la SE Primaria del alimentador.



- Debe ser de clase 0.2% para energía activa y 2% para energía reactiva, según normativa vigente.
- Debe ser instalado en una caja en la misma estructura que el ECM.
- Debe ser compatible para ser interrogado vía remota, a través de un módem u otro dispositivo de conexión para acceso remoto y disponer de las interfaces de conexión seriales, tipo RS-232 con conector DB-9 estándar y/o RJ-45.

Ante la condición de no disponer de señal para conexión por red celular, el PMGD debe contemplar la instalación de telemedida bajo otro sistema de comunicaciones, de forma de asegurar a la distribuidora la disponibilidad de la lectura las 24 horas del día, 7 días a la semana, con acceso vía una dirección IP fija o DNS, para poder conectar a través de Internet al medidor.

- Debe estar ajustado con el huso horario correspondiente, y tener programado el DST vigente 30 días antes de la conexión del PMGD.
- El PMGD es responsable de mantener actualizada la hora y DST del medidor.
- Las marcas y modelos de medidores compatibles con el Sistema de Telemedida de facturación del Grupo SAESA son:

Tabla 1.- Listado de Medidores Clase 0.2% compatibles con el Sistema de Telemedida del Grupo SAESA

<b>Medidor de Facturación</b>	
<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
ACTARIS	SL7000
Landis&Gyr	ZMD401
PML	ION8600
Scientific Columbus	Jem10
	Jem Star

- El Perfil de Carga del medidor debe ser programado en intervalos de 15 minutos, con una capacidad de registro de información mínima de 60 días y tener las variables indicadas en el siguiente cuadro:

Tabla 2.- Perfil de Carga Estandarizado Grupo SAESA.

PROPUESTA PdeC	VAR. FACTURACIÓN											
	WhD	WhR	VARhD	VARhR								
	VAR. INGENIERÍA BÁSICAS											
	V1	V2	V3	I1	I2	I3	I <sub>p</sub>	IN				
	VAR. INGENIERÍA EXTENDIDAS											
	V1	V2	V3	I1	I2	I3	I <sub>p</sub>	IN	FP1	FP2	FP3	FP

Nº	Nombre canal	Nombre canal medidores
1	Energía activa retirada	kWh del int
2	Energía reactiva retirada	kVARh del int
3	Energía activa inyectada	kWh rec int
4	Energía reactiva inyectada	kVARh rec int
5	Tensión fase-fase (a-b) promedio	VII ab mean
6	Tensión fase-fase (b-c) promedio	VII bc mean
7	Tensión fase-fase (c-a) promedio	VII ca mean
8	Corriente línea a promedio	I a mean
9	Corriente línea b promedio	I b mean
10	Corriente línea c promedio	I c mean
11	Tensión fase-fase promedio (a-b / b-c / c-a), promedio	VII avg mean
12	Corriente línea a-b-c promedio, promedio	I avg mean

- El medidor debe tener la capacidad de registrar en los 4 cuadrantes las variables definidas en el Perfil de Carga.
- Las certificaciones anuales del Punto de Medida; ECM y Medidor, deben ser gestionadas por el PMGD y coordinadas con la Distribuidora, entregándose a la Distribuidora los resultados obtenidos mediante los respectivos Certificados emitidos por un Organismo o Laboratorio de Certificación Autorizado (OLCA).

- El mantenimiento semestral del Punto de Medida; ECM y Medidor, debe ser gestionado por el PMGD y coordinado con la Distribuidora, entregándose a la Distribuidora los resultados obtenidos mediante los respectivos Certificados emitidos.

**Para la instalación se debe considerar:**

- ❖ Verificar voltaje nominal de Energización del Medidor.
- ❖ Definir adecuadamente TAP de los transformadores de medida.
- ❖ Deben indicar con anticipación a la puesta en servicio los medios de comunicación entre los operarios y la distribuidora (correo electrónico de la central, número de teléfono oficial y de emergencia y nombre del operador)
- ❖ Realizar pruebas de campo que comprueben el correcto cableado y parametrización del medidor por un organismo certificado.

### 2.2.6.-Reconectores “aguas arriba” de la protección de acoplamiento.

El estudio de protecciones indicará si los reconectores en la red deben ser reemplazados o re-ajustados, para cumplir con los criterios de protección de la distribuidora

### 2.2.7.-Protección cabecera alimentador

El estudio de protecciones debe incluir la evaluación de habilitar la reconexión automática de todos los equipos que antes de la conexión del PMGD hayan tenido esta característica activa, para ello se deberá analizar lo siguiente:

- Agregar TT/PP y reemplazar el control del interruptor del alimentador, por otro que pueda detectar presencia de tensión, a fin de que cuando deba reconectar lo haga en una condición en que el PMGD esté desconectado de la red. Esta es una condición que debe ser analizada por todas las áreas de interés.

## 2.3. Comportamiento en Estado de Falla

**-Artículo 4-33:** “Todos los parámetros de tensiones y frecuencias establecidas en las disposiciones que siguen, deben ser cumplidos en el punto de conexión, salvo que se especifique lo contrario.”

**-Artículo 4-34:** “El PMGD deberá separarse automáticamente de la red de media tensión del SD, durante fallas en el circuito al cual está conectado.”

**- Artículo 4-36:** “Si cualquiera de las tensiones entre fases medidas alcanza uno de los rangos indicados en la siguiente tabla, el PMGD deberá separarse de la red de media tensión del SD, en el tiempo de despeje señalado...”:

Tabla 3.- Tiempo de despeje según rango de tensión.

Rango de Tensión [% de Vn]	Tiempo de despeje [segundos]
$V < 50$	0,16
$50 \leq V \leq 90$	2,00
$110 < V < 120$	1,00
$V \geq 120$	0,16

- **Artículo 4-37:** “Cuando la frecuencia nominal del SD está en los rangos indicados en la siguiente tabla, el PMGD deberá separarse de la red de media tensión del SD, en los tiempos de despeje señalados que se indican...”.

Tabla 4.- Tiempo de despeje según rango de frecuencia.

Rango de Frecuencia [fn en Hz]	Tiempo de despeje [segundos]
$> 51.5$	0,1
51.5 a 51.0	90
51.0 a 49.0	Permanente
49.0 a 48.0	90
$< 48.0$	0,1

En caso de presentarse una operación en isla de manera involuntaria debido a una falla en el SD, la Instalación de conexión del PMGD deberá detectar la situación y desconectarse de la red de MT del SD en un tiempo máximo de 2 segundos.

## 2.4. Puesta en servicio

### 2.4.1.-Coordinaciones Previas

1. Contar con los estudios de protecciones, estático y cortocircuito, en donde se agregue el cálculo de la corriente residual.
2. Realizar obras de conexión con zonal que corresponda (igual que conexión de GGCC).
3. Enrolar los SSAA del PMGD con la zonal correspondiente.
4. Solicitud de Brigada zonal y Procedimientos de trabajo (para el día de la conexión)
5. Enviar plano final o la última versión para su envío a la zonal respectiva, para actualizar la Base Geográfica. También se solicita en el formulario de Servicios Auxiliares.
6. Informar al CCT y coordinar firma convenio Operación

7. Solicitar al PMGD Protocolos, ajustes correspondientes y envío para su revisión al área de Proyectos MT/BT.
8. Informar al Área de Comercialización la entrada en operación de un PMGD para incluirlo en las compras del mes por empresa y coordinar entrega medida.
9. Informar al Área de Scada para coordinar la instalación de la Telemedida. Para esto es importante solicitar Marca de medidores que permitan incorporarse al Prime Read (ION 8600 B – ION 7650)
10. Realizar un convenio con los PMGDs en la que se indique que estos no pueden modificar y/o variar sus protecciones.

Con la información anterior se realizará la coordinación y solicitud de Brigada zonal, además de los procedimientos de trabajo (para el día de la conexión).

#### **2.4.2.-Requisitos que debe proporcionar el PMGD previo a la conexión:**

1. Protocolos de Pruebas de Protecciones del Generador (sin tensión) con Maleta de pruebas. Estas pruebas se deben realizar con grupo generador.
2. Ajuste de protecciones de baja tensión (Central).
3. Enviar los ajustes de protecciones del Reconectador (ajuste final), Este se encuentra en el estudio de protecciones realizado para cada central y se revisa el día de la puesta en servicio.
4. Certificación del correcto funcionamiento del Reconectador.
5. Se debe contar con el Contrato de Servicios Auxiliares. Para lo anterior, es necesario contactar al Jefe Comercial de la Zonal según corresponda, ellos enviarán los formularios y solicitudes necesarias. Los servicios auxiliares no se conectan antes de la puesta en servicio
6. Convenio Operación firmado, para llenar los datos y posterior revisión con el CCT, quedando una copia para cada una de las partes.
7. TE 1 de las instalaciones interiores, empalmes y líneas de media tensión.
8. Certificado de medida de los medidores y ECM en fábrica y después de instalados.
9. Presentar un archivo con los ajustes de la protección frontera (protección en el punto de conexión) para su revisión y chequeo, de tal forma de corroborar y evitar cambios de parámetros.
10. Presentar protocolo de pruebas de los Reconectores.

### 2.4.3.-Conexión en Terreno

En terreno se deben verificar las siguientes instalaciones, inspeccionando visualmente:

1. Correcta instalación del reconectador con su respectiva toma a tierra.
2. Correcta instalación del equipo de medida, con la toma a tierra del equipo y la caja.
3. Conexión del equipo de medida.
4. Correcta instalación del equipo compacto de medida (ECM).
5. Recepción del sistema de telemedida funcionando, según lo indicado en ICC.
6. Recepción de certificados de ajustes de protecciones en nuevos equipos.
7. Recepción de certificados de ajustes de protecciones en equipos en servicio.
8. Validar niveles de tensión del ECM y medidor.
9. Descargar la data del Reconectador y verificar si los ajustes están según lo indicado en el estudio de Protecciones aprobado por la ED. En caso contrario se procede a cambiarlo en el momento.
10. Se verificará que los ajustes de las protecciones en baja tensión (lado generador) estén según lo señala la NTCO vigente. Se verificará que los ajustes y protocolos enviados concuerden y funciones correctamente, en especial la función Vector Shift o relé ROCOF
11. Puesta en servicio, incluir registros de variables eléctricas.
12. Verificación posterior de comportamiento del alimentador.

Las pruebas mínimas a realizar a las protecciones indicadas en Formulario #9:

1. Protección de caída de Tensión
2. Protección de elevación de tensión.
3. Protección de caída de frecuencia
4. Protección de elevación de frecuencia
5. Protección de salto vector.

La configuración de centrales, protecciones y empalme, deben ser realizadas con un generador auxiliar, ya que por protocolo de seguridad no se energizarán las instalaciones del PMGD ni la línea MT desde el SD hasta que todas las protecciones sean probadas.

## 2.5. Pruebas de Puesta en Servicio.

Artículo 5-1: "... Previo a la entrada en operación del PMGD, el propietario deberá comunicar la puesta en servicio a la superintendencia y al CDEC respectivo, por lo menos con quince días de anticipación..."

**Artículo 5-9:** "Las Pruebas de puesta en servicio tienen como finalidad comprobar el correcto desempeño del equipamiento de la Instalación de Conexión y Unidad Generadora en Terreno..."

Las Pruebas de Puesta en servicio que se aplicarán a cada equipo serán las siguientes:

- a) Respuesta a tensión y frecuencia anormales.
- b) Respuesta a sobre corrientes residual y de fase.
- c) Pruebas de aislación.
- d) Prueba de formación fortuita de isla eléctrica.
- e) Limitación de inyección de potencia y disparo transferido.

**Artículo 5-18:** "... deberá verificarse la existencia del enlace y respectivo protocolo de comunicación con la distribuidora o CDEC....."

**Artículo 5-20:** "Una vez conectado el PMGD, el operador de este deberá llevar a cabo la prueba de funcionamiento de la no formación de isla eléctrica. Para esto deberá comprobar el funcionamiento de la separación del SD, operando un equipo que interrumpa la carga.....todas las pruebas señaladas en el presente artículo serán realizadas siguiendo los procedimientos y protocolos elaborados por la empresa distribuidora....."

**Artículo 5-21:** "El Formulario 10, contiene todos los aspectos relacionados con los resultados de las pruebas de puesta en servicio señaladas en el presente Título. Las Pruebas definidas en dicho formulario deben ser relacionadas en presencia de la Empresa Distribuidora..."



### 3. Líneas

Debido a las condiciones tanto ambientales como topológicas de las redes de distribución del Grupo SAESA, en las cuales se deben considerar grandes temporales de viento y lluvia, además de extensas distancias a recorrer para reparar fallas en nuestras líneas de distribución, es que se hace imprescindible la utilización de conductores protegidos. Adicionalmente el escenario país hace cada vez más difícil construcción o modificación de nuevas redes de distribución, por lo que las redes en disposición compacta son una solución que nos permiten utilizar sólo la mitad de la faja que se requiere en una red en disposición normal.

Por lo antes mencionado, es que como Grupo SAESA tenemos como criterio que toda línea nueva o intervención de redes existentes son construidas en conductor protegido en red compacta y disposición Spacer Cap.

#### 3.1. Aspectos Normativos:

Según la Norma NSEG 5 E.N. 71 capítulo VI en su artículo 112 y 113 se establecen las cargas que se deberán verificar para conductores y estructuras según la zona geográfica en que se encuentre el proyecto, también se establece que para la zona en cuestión y definida en la Norma como Zona II: faja costera de 20 Km de ancho entre los paralelos de Tongoy y Puerto Montt se especifican las siguientes solicitaciones:

Tabla 5.- Características por zona.

Zonas	Presión del Viento [Kg./m <sup>2</sup> ]	Espesor radial de la capa de hielo [mm]	Temperatura [°C]
Zona I	20	10	-10
Zona II	50	--	0
Zona III	40	--	-5
Zona IV	--	No se especifica	No se especifica

La superintendencia podrá fijar otras sobrecargas o temperaturas si las condiciones locales así lo exigen.

### 3.2. Definición de las condiciones:

Las condiciones a respetar para el diseño y construcción del proyecto estará fundamentada en la modelación de conductores y estructuras realizado en el programa especialista para el diseño de líneas de transmisión llamado PLS CAD.

Las condiciones climáticas que se aplican son las que se presentan en **la tabla N°1**, del presente informe en donde se analizan los esfuerzos a que se someterán los postes, en función de su ruptura, la que fue considerada de 1000 Kg. como máximo para postes de concreto armado de 11,5 y 13,5 metros y 1300 Kg para postes de concreto armado de 15 metros.

En la modelación se hará referencia al momento resultante a nivel del suelo, por considerarse que esta sería la real condición a la que los postes serán sometidos.

### 3.3. Generalidades Red Compacta.

Las redes aéreas protegidas compactas separadas con espaciadores y sustentadas por un cable de acero portante de alta resistencia, se presentan como una solución tecnológica para la distribución de energía eléctrica con calidad y confiabilidad, en busca de mejorar los índices de calidad de servicio, preservar el medio ambiente, reducir los costos de operación y disminuir la frecuencia de fallas por contactos accidentales.

Constructivamente, esta red utiliza un cable de acero para sustentar los espaciadores instalados en intervalos regulares a lo largo de los vanos.



Figura 1.- Red compacta.

La Red Spacer Cab ha mostrado ser una buena solución para una convivencia armoniosa de los cables de energía eléctrica y los árboles ubicados en el bien nacional de uso público, siendo una solución técnica y económicamente viable para respetar las normas ecológicas vigentes. Debido a que los conductores están cubiertos con una capa protectora (no aislante), se permite montarlos más próximos unos de otros, también próximos a las ramas de los árboles, sin el riesgo de provocar cortocircuito en caso de contacto no permanente con las ramas o entre conductores.

Otro beneficio es la compactación de la red eléctrica, que pasa a ocupar un espacio bastante reducido y en consecuencia una menor agresión a los árboles debido a las necesarias podas que se deben realizar. Al mismo tiempo, es posible montar varios circuitos en una misma postación con una utilización del espacio bastante menor, que con una red aérea tradicional.

### 3.4. Elementos principales del sistema.

#### 3.4.1. Conductor

El uso del aluminio como material conductor de corriente eléctrica, alcanzó un gran desarrollo debido a sus características mecánicas y eléctricas y, principalmente a la economía que representa con relación al uso de conductores de cobre.

Los conductores de aluminio se clasifican en:

- **Conductor de Aluminio AAC (All Aluminium Conductor):** Conductor formado exclusivamente por alambres de aluminio, 1350-H19.
- **Conductor de Aluminio AAAC (All Aluminium Alloy Conductor):** Conductor homogéneo cableado concéntricamente y formado por alambres de aleación de aluminio 6201-T81.

El conductor más utilizado en líneas aéreas es el “AAAC” (aleación de aluminio) conocido en ASTM como 6201-T81 u otra similar, caracterizada por su mayor resistencia mecánica respecto de otras aleaciones de aluminio.

Sin embargo, debido a que en el sistema de red compacta los conductores no van tensados, ya que serán soportados (colgados) cada 8 a 10 metros por los espaciadores poliméricos que a su vez van colgados al cable de acero, esto unido al hecho de que los conductores se encuentran bajo el cable de acero, hace al sistema menos vulnerable a cortes de los conductores por caída de árboles o de ramas sobre ellos, por lo que es posible utilizar **conductor “AAC”** (conductor de aluminio puro), que eléctricamente es mejor conductor.

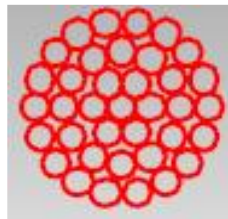
### Configuración del conductor

Las configuraciones del conductor más utilizadas son concéntricas circular (regular) y circular compacta.

La principal ventaja de la configuración circular compacta (AAC) con respecto a la configuración concéntrica circular (AAAC), es que se obtiene para un mismo calibre un conductor de menor diámetro, peso y costo.

El conductor de configuración circular compacta también presentará menores costos en su protección, puesto que al tener un conductor de menor diámetro se requerirá de menor material aislante y de protección para cubrirlo.

Concéntrico Circular (regular)



Circular Compacto

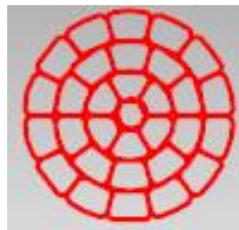


Figura 2.- configuración de conductor.

### 3.4.2. Separadores o Espaciadores.

Es un elemento de material polimérico de Alta densidad o de otro material que garantice un adecuado aislamiento entre las fases y el cable de acero. Además debe tener gran resistencia al Tracking y debe poseer compuesto anti UV Para evitar la degradación por el efecto de rayos solares.

Su función principal es sostener y mantener la misma separación entre conductores permitiendo que estos se muevan en forma paralela con el viento sin disminuir sus características eléctricas.

El tamaño debe ser seleccionado de acuerdo al nivel de voltaje y al diámetro del conductor máximo que le acomoda.



Figura 3.- Separador.

Los sistemas de amarre de los conductores al espaciador pueden ser mediante anillos de goma o de amarras plásticas preformadas. En ambos casos se debe garantizar por parte del fabricante que estas amarras no sufran deterioro acelerado debido a las condiciones climáticas existentes.

### 3.4.3. Impedancias.

Al encontrarse los conductores en este sistema más cercanos entre sí, la reactancia total del conductor es menor en el sistema Compacto lo que se traduce en una disminución de la potencia reactiva asociada a la línea.

Se puede decir que el nuevo material utilizado y el nuevo sistema de montaje son ventajosos en cuanto a la disminución de las pérdidas y la mejora en la regulación de tensión ya que la impedancia total de la línea es menor.

Tabla 6.- Impedancias de secuencia

Sección	Rca Sección	XL	Z1	ang Z1	ang Z1	X0	Z0	ang Z0
mm <sup>2</sup>	ohm/km	ohm/km	ohm/km	°	ohm/km	ohm/km	ohm/km	°
35	1,0482	0,3533	1,1062	18,63	1,16663	1,9505	2,2728	59,12
70	0,6588	0,3360	0,7395	27,02	0,77719	1,9332	2,0835	68,10
120	0,3287	0,3094	0,4514	43,26	0,44714	1,9066	1,9583	76,80
185	0,2077	0,2881	0,3551	54,21	0,32608	1,8853	1,9132	80,19

Tabla 7.- Caída de tensión en los conductores

Sección mm <sup>2</sup>	35	70	120	185
Caída Tensión volts/(A/km)	0,00833	0,00550	0,00308	0,00216

### 3.4.4. Cable portante de acero o cable mensajero

Constructivamente, es utilizado para sustentar los espaciadores instalados en intervalos regulares a lo largo de los vanos.

Se instala en la parte superior desde donde se cuelga posteriormente la red eléctrica y sirve para proteger a los conductores de caída de ramas y objetos.

Para la instalación del sistema de red compacta con espaciadores (Spacer Cab) se utilizará un cable de acero con las siguientes características:

Tipo	: Retenida Clase A
Norma	: ASTM-475 clase A
Tensión de ruptura	: 6985 kgF
Coefficiente de dilatación lineal	: $12.5 \times 10^{-6}$ por °C y por metro
Diámetro Nominal	: 3/8" (9.525 mm)
Peso aproximado	: 0.41 Kg/m
Elongación	: 4,6 %
Galvanizado	: 259 g de Zinc por metro.

#### Tensiones y flechas en el cable de acero

Para el cálculo de las tensiones y flechas del cable de acero se le sumó a su peso propio, el peso de los tres conductores de aluminio que debe sostener, más el peso de los espaciadores distribuidos a lo largo de la línea. Además, para el cálculo de la presión del viento sobre el cable de acero se consideró como diámetro total la suma del diámetro del cable de acero más el diámetro de cada conductor de las tres fases.

Las formulas a utilizar para el cálculo mecánico son las siguientes:

$$T^3 + (E \times s \times \alpha + N) \times T^2 - \frac{(p \times l)^2}{24} \times E \times s = 0$$

$$N = \frac{(P_0 \times l)^2 \times E \times s}{24 \times T_0^2} - E \times s \times \alpha \times (-5) - T_0$$

Donde:

T : Tensión Horizontal del conductor, en Kg.



$T_0$  : Tensión a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

$E$  : Es el módulo de Young o módulo de elasticidad inicial.

$s$  : Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

$\alpha$  : Coeficiente de Dilatación Lineal.

$t$  : Temperatura del conductor en  $^{\circ}\text{C}$ .

$p$  : Peso del conductor en  $\text{Kg/m}$ .

$P$  : Peso del conductor más el efecto del viento de  $40 \text{ Kg/m}^2$  en dirección horizontal.

$l$  : Longitud del vano en metros.

$N$ , es sólo una agrupación de elementos.

Se analizaron tablas de templado para las distintas zonas del grupo Saesa, no encontrándose una diferencia considerable entre ellas, por lo que se concluye que debido al bajo coeficiente de dilatación del cable de acero y tramos relativamente cortos, no se ve mayormente afectada por la zona geográfica, y por lo mismo se asume una misma tabla de templado para la zona I, II, III y zona IV, lo que finalmente se ve restringido por la Luz de Viento.

Tabla 8.- Tablas de templado

Tabla de tensiones y flechas									
Sección ( $\text{mm}^2$ )		35	70	120	185	35	70	120	185
Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	Vano (m)	Tensión (kgf)				Flecha Vertical (m)			
0	35	1146	1141	1121	1105	0.20	0.22	0.34	0.44
	40	1141	1136	1112	1094	0.26	0.30	0.45	0.58
	60	1120	1112	1224	1065	0.59	0.68	0.23	1.34
	70	1109	1100	1221	1055	0.81	0.94	0.32	1.84
	80	1100	1089	1216	1048	1.07	1.24	0.42	2.43
	100	1083	1073	1049	1039	1.70	1.96	2.97	3.81

5	35	1104	1100	1086	1076	0.20	0.23	0.35	0.45
	40	1100	1096	1080	1068	0.27	0.31	0.46	0.60
	60	1086	1080	1155	1049	0.61	0.70	0.25	1.36
	70	1078	1072	1153	1043	0.83	0.96	0.34	1.86
	80	1072	1066	1149	1039	1.10	1.27	0.44	2.46
	100	1061	1054	1039	1033	1.73	1.99	3.00	3.84
10	35	1061	1059	1052	1047	0.21	0.24	0.36	0.46
	40	1059	1057	1049	1044	0.28	0.32	0.48	0.61
	60	1051	1050	1087	1034	0.63	0.72	0.26	1.38
	70	1049	1046	1086	1031	0.86	0.98	0.36	1.88
	80	1046	1042	1084	1029	1.13	1.30	0.47	2.48
	100	1040	1037	1029	1026	1.76	2.03	3.03	3.86
15	35	1020	1019	1020	1020	0.22	0.25	0.37	0.47
	40	1019	1020	1020	1020	0.29	0.33	0.49	0.62
	60	1019	1020	1020	1020	0.65	0.74	0.28	1.40
	70	1019	1020	1020	1020	0.88	1.01	0.38	1.90
	80	1020	1020	1020	1020	1.16	1.33	0.50	2.50
	100	1020	1020	1019	1020	1.80	2.06	3.06	3.89
20	35	978	981	988	994	0.23	0.26	0.39	0.49
	<u>40</u>	981	982	991	997	0.30	0.34	0.51	0.64
	60	988	992	953	1006	0.67	0.77	0.30	1.42
	70	991	995	955	1009	0.91	1.03	0.41	1.92
	80	995	998	957	1011	1.19	1.36	0.53	2.52
	100	1000	1003	1010	1014	1.84	2.10	3.09	3.91

Sección (mm <sup>2</sup> )		35	70	120	185	35	70	120	185
Temp ( °C )	Vano (m)	Tensión (kgf)				Flecha Vertical (m)			
25	35	939	943	957	968	0.24	0.27	0.40	0.50
	40	943	947	963	974	0.31	0.36	0.52	0.65
	60	958	964	888	992	0.69	0.79	0.32	1.44
	70	964	971	892	997	0.93	1.06	0.43	1.95
	80	971	977	895	1002	1.22	1.39	0.57	2.55
	100	981	987	1001	1007	1.87	2.13	3.12	3.94
30	35	900	905	927	944	0.25	0.28	0.41	0.51
	40	906	913	936	953	0.33	0.37	0.53	0.67
	60	928	938	824	979	0.71	0.81	0.35	1.46
	70	938	948	830	987	0.96	1.09	0.47	1.97
	80	948	957	836	993	1.25	1.41	0.61	2.57
	100	963	971	992	1001	1.91	2.16	3.15	3.96
35	35	862	870	899	920	0.26	0.29	0.42	0.52
	40	870	879	911	932	0.34	0.38	0.55	0.68
	60	901	913	764	966	0.74	0.83	0.37	1.48
	70	913	926	771	976	0.98	1.11	0.50	1.99
	80	926	937	780	984	1.28	1.44	0.65	2.59
	100	945	956	983	995	1.94	2.20	3.17	3.98

Tabla 9.- Tabla Luz de Viento.

Ángulo deflexión	grados	5
Diámetro del conductor	(mm)	25
Espesor radial hielo	(mm)	0
Número de conductores		<b>3</b>
Altura extensión metálica	(mts)	0
Presión del viento sin hielo	(kgr/cm <sup>2</sup> )	40
Presión del viento con hielo	(kgr/cm <sup>2</sup> )	40
Sección conductor	mm <sup>2</sup>	120
Conductores por fase	c/u	1

		Poste de 11,5 m.			Poste de	
					15,0 m.	13,5 m.
Resistencia del poste	(kgr)	350	600	1000	1000	1000
Diámetro poste en línea de tierra	(mts)	0,203	0,203	0,203	0,293	0,277
Diámetro poste en la punta	(mts)	0,120	0,120	0,120	0,140	0,140
Altura útil del poste	(mts)	9,583	9,583	9,583	12,500	11,250
Coefficiente de seguridad		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Solicitud propia del poste	(kgr)	56,60	56,60	56,60	95,50	83,55
Solicitud de los cond. sin hielo	(kgr)	39,47	81,13	147,80	134,83	138,82
Solicitud de los cond. con hielo	(kgr)	39,47	81,13	147,80	134,83	138,82
Luz de viento sin hielo	(mts)	39	81	148	135	139
Luz de viento con hielo	(mts)	39	81	148	135	139

### 3.4.5. Distancias de seguridad

Los conductores protegidos deben ser considerados como conductores desnudos, en lo que se refiere a todas las distancias mínimas.

La distancia mínima entre conductores del mismo circuito o de circuitos diferentes, inclusive conductores aterrizados, debe atender los ítems siguientes:

#### I.- Distancia mínima a edificios y construcciones.

De acuerdo a la NSEG 5 E.n.71. Art. 109, la distancia entre la parte más saliente de un edificio o construcción a un plano vertical que contenga el conductor más próximo no será inferior a 2 metros para líneas de categoría B (Líneas de  $1000 < AT < 25.000$  volts).

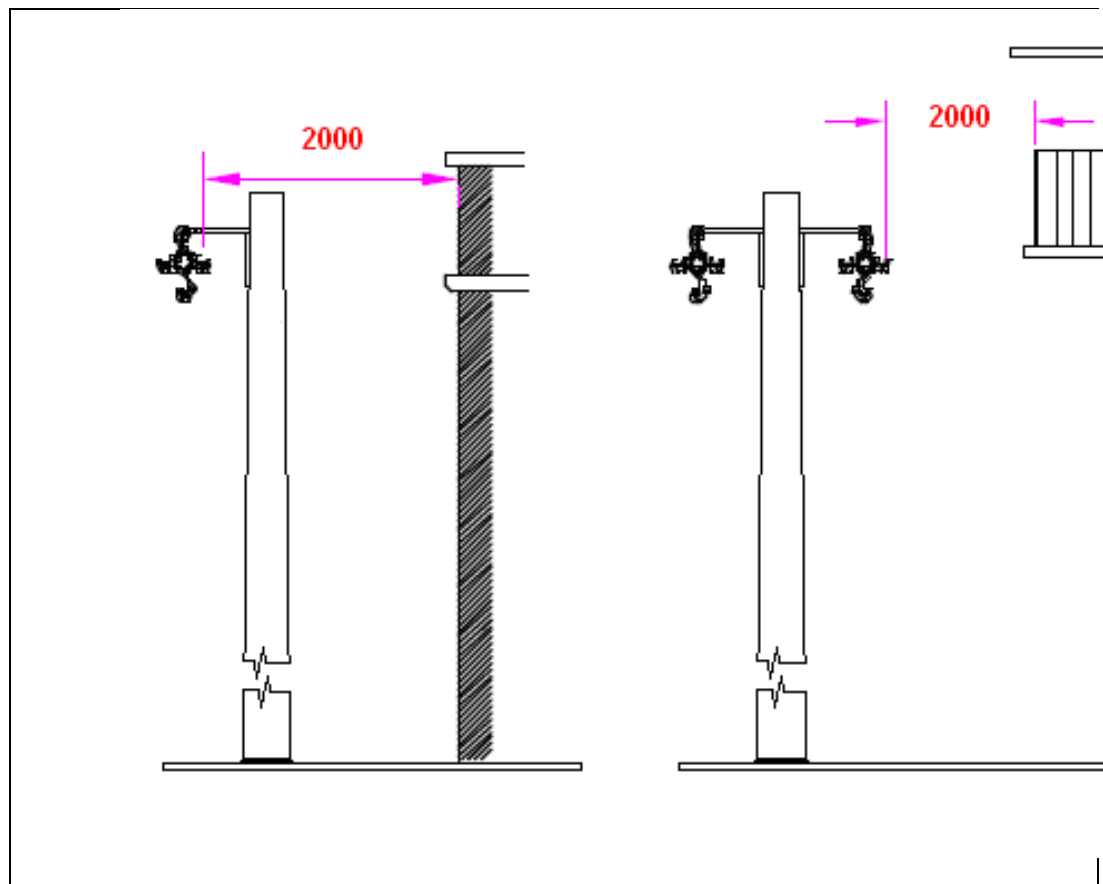


Figura 4.- Postes

II.- *Distancia vertical para cruce de líneas de corrientes fuertes.*

De NSEG 6 E.n.71, Artículos 27, 28, 29, 30 y 31, establece lo siguiente:

Tabla 10.- Distancia vertical de cruce en metros

Voltaje Línea Superior KV	Voltaje Línea Inferior KV						
	0,22	0,38	13,2	23	33	66	110
13,2	1,58	1,58	1,66	-	-	-	-
23	1,64	1,64	1,71	1,77	-	-	-
33	1,69	1,69	1,77	1,83	1,89	-	-
66	1,9	1,9	1,97	2,03	-	2,28	-
110	2,15	2,15	2,22	2,28	-	2,53	2,79
220	2,79	2,79	2,87	2,93	-	3,18	3,44

$$C = \left( 1,5 + \frac{KVS + KVI}{170} \right)$$

Donde:

C= Distancia vertical en metros en el punto de cruce entre conductores, esta distancia debe cumplirse bajo las siguientes condiciones:

- Conductores sin sobrecarga a 50°C de temperatura en la línea superior y a 15°C de Temperatura en la línea inferior.
- Para los conductores de ambas líneas en condiciones de temperaturas mínimas de cálculo.
- Si la distancia entre el punto de cruce y la estructura más cercana de la línea superior es mayor de 50 metros, la distancia vertical de cruce se aumentará en 3 mm por cada metro en exceso sobre 50 metros.

KVs y Kvi = Voltajes de la línea superior e inferior respectivamente, medidos en KV.

*III.- Altura Mínima de Conductores sobre el suelo*

De NSEG 5 E.n.71, Artículos 107 se establece lo siguiente:

Tabla 11.- Distancia medida verticalmente en metros.

ZONAS	CATEGORÍA "A"		CATEGORÍA "B"		CATEGORÍA "C"
	Línea de B.T. hasta 1.000 V		Línea de 13,2 23 KV		> 25 KV
	Fase	Neutro	Fase	Neutro	Fase
Regiones poco transitables (montañas, praderas, cursos de agua no navegables)	5.0	4.6	5.5	4.6	6+0.006 por KV
Regiones transitables (localidades, caminos principales, calles y plazas públicas)	5.0	5.0	6.0	5.5	6.5+0.006 por KV
En cruces de caminos y calles	5.5	5.5	6.0	5.5	6.5+0.006 por KV

- A la temperatura de 30°C y con el conductor sin sobrecarga.
- Alturas en función de la flecha máxima de cálculo de los conductores.

*IV.- Distancias mínimas entre conductores.*

Tabla 12.- Tabla de distancias mínimas entre conductores.

Circuito Superior	Distancias mínimas en metro		
	KV < 0,6	0,6 < KV ≤15	15 < KV < 35
Circuito Inferior			
Corriente débil	0,8	1,95	1,95
KV < 0,6	1	1	1
0,6 < KV ≤15	-	1	1
15 < KV < 35	-	-	1



### 3.4.6. Puesta a tierra:

La puesta a tierra está compuesta de una barra enterrada verticalmente en el suelo, con el valor de resistencia de tierra no superior a 20 ohms, para aterrizar los equipos de protección y maniobras. En el caso de que una barra no proporcione el valor de resistencia de aterrizamiento deseado, pueden ser usadas varias barras interconectadas en paralelo hasta llegar al valor requerido.

### 3.4.7. Tierra de protección

Se entenderá por tierra de protección a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forme parte del circuito activo, pero que en condiciones de falla pueda energizarse.

Esta tierra se diseña de modo de evitar la permanencia de tensiones de contacto en piezas conductoras.

Los valores máximos de tensión sin riesgo para el cuerpo humano son de 50V para lugares secos y de 24V par lugares húmedos o mojados.

En el caso de transformadores aéreos, deberá colocarse una tierra de protección directamente debajo de donde esté proyectado.

El aterrizamiento del mensajero debe ser efectuado en las siguientes condiciones:

- a) En todas las estructuras de los equipos.
- b) En todas las estructuras de remate y derivaciones.
- c) En intervalos máximos de 300 metros a lo largo de la línea.

### 3.4.8. Tirantes

Los tirantes proyectados serán construidos con cable de acero 3/8" con una carga de ruptura de 6985 Kg., fijados por medio de una barra con ojo de acero galvanizado diámetro 3/4" y 2,40 metros de largo a un muerto de concreto armado Tipo IV.

### 3.4.9. Conexión eléctrica.

Para la conexión tanto de conductores entre sí, como para la conexión de empalmes a la red, se adoptaron los conectores cuña UDC y Ampact, que permiten unir conductores de diferentes secciones, todo esto con el previo retiro de las capas de protección del conductor

Impulsores para conector Ampact	Instalación Ampact en conductor de aluminio	Instalación UDC	Herramienta Pelacables
			

Figura 5.- Conectores.

### 3.4.10. Aislación y sellado del conductor protegido.

En todos los puntos de terminación, límites de zona, etc., se colocarán cintas termocontraíbles o autofundentes, con el objetivo de sellar el conductor e impedir el ingreso de agua o humedad a su interior. Lo anterior también es exigible al fabricante al momento de entregar los carretes, y es responsabilidad de quien lo manipule de dejar sus extremos sellados al ingreso de humedad.



Cinta Autofundente	Cinta Termocontraíble
	

Figura 6.- Aislación.

### 3.5. Indicaciones básicas de instalación Red Compacta.

1. El montaje de la red compacta es similar al montaje del conductor protegido en redes convencionales (Redes con crucetas). Es importante mencionar que los cables protegidos no deben tocar el suelo, puesto que ello implica contaminar la cubierta con impurezas que con el tiempo pueden provocar una falla, por lo que es fundamental el control de la tensión mediante los elementos de tracción y frenado.
2. Para hacer más eficientes y en pocas operaciones las tareas de tendido, se deben montar previamente todos los soportes y ferreterías necesarias así como también los elementos de tendido.
3. Comenzar con la instalación del cable de acero, verificando la temperatura ambiente al momento de tensarlo. Consultar las tablas de tensiones y de flechas (Tabla N°3) y luz de viento (Tabla N°4) para controlar si están dentro de los valores especificados. Para realizar esta tarea se debe disponer de un dinamómetro. Se recomienda tirar con un esfuerzo de entre 100 a 150 Kilogramos por sobre el valor de tensión inicial indicado en las tablas. Esto compensará la pérdida de tensión luego de que se “acomoden” los elementos de retención como grapas, preformados, etc.
4. Posteriormente realizar el tendido de conductor de acuerdo a lo estipulado en el instructivo técnico “Instalación o reemplazo de conductores desnudos o protegidos en Líneas de MT utilizando Huinche”.
5. Una vez instalado el conductor de las tres fases, se deben instalar los espaciadores a una distancia similar entre ellos y desde la estructura de aproximadamente 8 a 10 metros.
6. En los espaciadores triangulares, los conductores deberán ser atados en la ranura superior del espaciador con ayuda de un anillo de sujeción.
7. En los aisladores poliméricos tipo espiga, los conductores deberán ser atados en la ranura superior del aislador o por el lado del aislador dependiendo del ángulo que tenga la línea.
8. Siempre que exista transición de red desnuda a red compacta se recomienda instalar descargadores de voltaje (Pararrayos) con su respectiva puesta a tierra.
9. Conectar el mensajero a tierra cada 300 metros aproximado.

### 3.6. Método Constructivo

1. Acopio de Materiales:

El acopio de todos los materiales a utilizar, y también los postes de hormigón, se realizará en instalación de faenas ubicada en un predio particular adyacente al sector, y desde este punto se trasladaran parcialmente al lugar de uso.

2. De las Excavaciones:

Las excavaciones u hoyaduras que alojarán la base de los postes de hormigón, tendrán las dimensiones mínimas requeridas para este efecto y se ejecutarán en formas manual o mecánica (retroexcavadora), dependiendo esto del tipo de terreno y la ubicación de la misma dentro de la faja.

La profundidad de la excavación corresponderá a un sexto de la altura total del poste, esto quiere decir que, para un poste de 11,5 metros la excavación tendrá una profundidad de 1,92 metros, en planos se acompaña croquis de excavación.

3. Rellenos:

El relleno de las excavaciones, luego de alojada la base del poste en estas, se ejecutará manualmente por capas de no más de 0,30 m. compactadas con pisón de fierro, y se empleara el mismo material resultante de las excavaciones. Si el material resultante de las excavaciones no reuniese las características necesarias para alcanzar una compactación mínima de un al 95 %, equivalente a la densidad máxima de compactación, entonces se reemplazará por material apto traído de otro sector.

4. Instalación de Postes:

El traslado, izamiento e instalación se ejecutará con camiones grúas adecuados y de acuerdo a los respectivos procedimientos de trabajo interno de SAESA.

5. Tendido de Conductores:

Se usarán poleas de aluminio, las que permiten deslizar el conductor y mantenerlo libre de obstáculos durante el proceso y de acuerdo a los respectivos procedimientos de trabajo del Grupo SAESA.

6. Armado de Estructuras:

Este proceso se realiza a nivel de suelo, de acuerdo a los respectivos procedimientos, según lo indicado en la norma y procedimientos internos del Grupo SAESA.

7. Tirantes:

Los tirantes proyectados serán construidos con cable de acero 3/8" con una carga de ruptura de 6985 Kg., fijados por medio de una barra con ojo de acero galvanizado diámetro 3/4" y 2,40 mts. de largo a un muerto de concreto armado Tipo IV.

### 3.7. Descripción General del Proceso Constructivo:

1. Aviso a carabineros de la jurisdicción sobre trabajos en la vía pública, de acuerdo a solicitud de proyecto previamente presentada y aprobada por la Dirección Regional de Vialidad, indicando el periodo de tiempo que se empleará en las obras, según la normativa vigente de trabajos en la vía pública.
2. Instalación de Señalética Provisoria de Trabajos en la vía pública.
3. Instalación de vigías en ambos lados de la zona de trabajo, en comunicación radial permanente con Jefe de Faenas.
4. Ejecución de hoyaduras para postes en forma manual y o mecánica según sea la condición del terreno y ubicación del poste.
5. Ejecución del tendido de alambres conductores eléctricos, los cuales quedan sujetos a estructuras (postes) adyacentes y con el templado adecuado.
6. Verificación de la altura de los conductores, de acuerdo a lo proyectado.
7. Aviso de término de los trabajos en la vía pública.
8. Finalmente se garantiza que en ningún momento se verá afectado el normal desplazamiento vehicular en ambos sentidos.
9. Todo el personal que participa en las faenas, tiene la instrucción profesional para el desarrollo de estas actividades, también los cursos de protección personal y seguridad laboral necesarios. Además cuentan con los elementos de seguridad propios de estas labores, lo mismo que los vehículos y maquinaria a utilizar.

### 3.8. Estructuras y montajes.

Para el sistema Spacer Cab, se han estandarizado las estructuras aquí descritas, los cuales cuentan con la cubicación de los materiales necesarios para realizar el montaje de las mismas.

Los conectores y retenidas preformadas se deben seleccionar de acuerdo a los calibres de los conductores comprometidos, y su forma de selección se detalla en la norma de materiales correspondiente.

Tabla 13.- Listado de Norma de Estructuras (ANEXO 1).

Norma	Estructura	Descripción
DC-0106	ALc	Portante con brazo antibalceo, espaciador y brazo metálico tipo "L".
DC-0107	ACc	Portante trifásica en disposición horizontal, brazo metálico tipo "C" horizontal.
DC-0108	AEc	Portante trifásica en disposición triangular, brazo metálico tipo "E".
DC-0109	B'c	Remate en disposición horizontal, montada en crucetas metálicas 1.2 m.
DC-0122	G'c	Semianclaje, cruceta metálica 1,2 m.
DC-0123	J'c	Anclaje, cruceta metálica 1,2 m.
DC-0124	H'c	Anclaje en ángulo recto trifásica, en cruceta metálica 1.2 m.
DC-0134	TTp	Tomatierra de protección, aterrizaje red compacta.
DC-0136	Espaciador	Espaciador de Polietileno de alta densidad, red compacta.

## 4. EMPALME

### 4.1. Elementos de un empalme y orden de instalación.

Se contempla como Red MT del Grupo Saesa hasta las Cuchillas de Arranque, los demás equipos aguas abajo de este equipo es de propiedad del cliente, por tanto la siguiente información es solo indicativa:

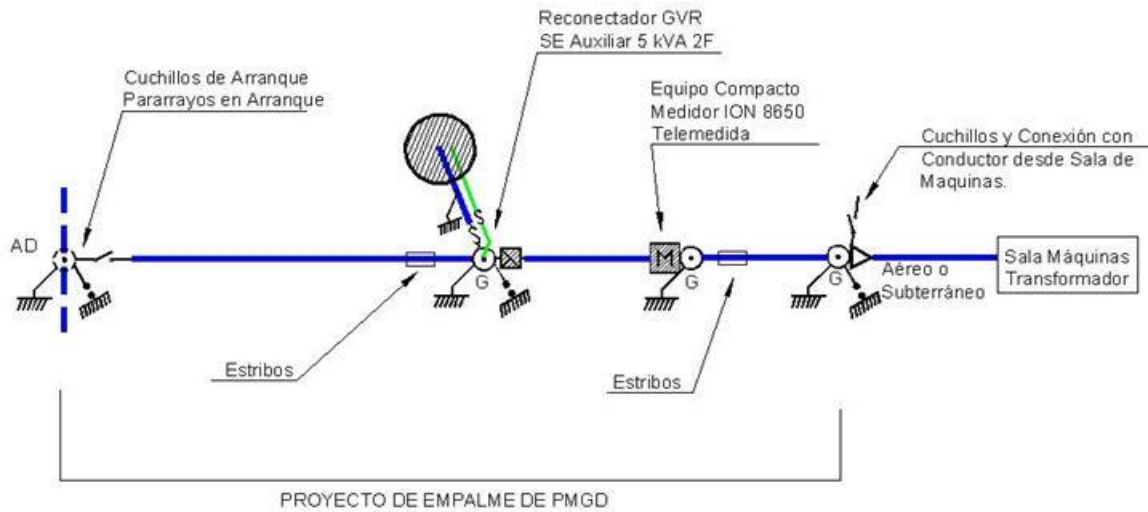


Figura 7.- Esquema conexión PMGD.

Sin embargo, la NTCO en su artículo 4-7 establece que el orden de los elementos mínimos del empalme desde el SD hasta las unidades generadoras serán de la siguiente forma:

- Desconectador.
- Equipamiento de medida.
- Protección RI.
- Interruptor de Acoplamiento.

El arranque hacia la central o la línea MT desde el punto de conexión hasta la sala de máquinas es propiedad del PMGD y se encuentra en terrenos de este, siendo también posible que sea en terrenos de propiedad de terceros, en cuyo caso el propietario del PMGD debe gestionar los permisos correspondientes para ingresar a las instalaciones sin problemas.

## 4.2. Los Equipos en el empalme:

A continuación se describe cual es el procedimiento a seguir por el Grupo Saesa, para cada uno de los equipos a utilizar en el empalme el PMGD.

Tabla 14.- Equipos de Empalme.

Equipo Compacto	Son Equipos Normalizados. y certificados (A través de Nro. De Serie se puede gestionar) para Declaración SEC del Cliente.
-----------------	---



Medidor ION 8650	Clase 0,2. Debe incorporarse en la compra, la Licencia y Certificado de Calibración. Viene con salida auxiliar para 120 V por lo que se añade un Trafo 120/220 V. Trae Protocolos y Puertos de Comunicación. (Material no codificado, Es por Compra Directa).
Telemedida	Se debe cotizar con alguna empresa que proporcione el servicio según las especificaciones técnicas que estable la NTCO y se agregan los comentarios del área pertinente del grupo SAESA. En general es un Router 3G el cual Necesita Señal de Celular.
Reconector GVR	Es el único equipo que cumple con todos los requisitos para los PMGD, para el caso de un equipo de otro proveedor debe cumplir con lo establecido en la NTCO vigente.
SE 5 kVA 2F (Aux Reconector)	Para dar Servicio Auxiliar al Reconector (No se utiliza para proveer de servicios auxiliares a la central)
Wisebox	Para comunicar el Equipo de fuerza (reconector) y pueda ser operado remotamente. El PMGD podrá Operarlo Localmente (manual)
Protección RI	Relé adicional que actuará sobre el interruptor de acoplamiento y deberá instalarse cercana al equipo de medida o bien en su misma caja.

### 4.3. Estudios y Parametrizaciones.

- Estudio Cálculos Mallas A Través de Contratistas, que generan informe. Se gestionan los Coci para proporcionárselos al contratista que diseñe las mallas de los equipos. La Distancia Mínima con Malla del PMGD (zona de Influencia de malla de la Central) es de 25 mts aprox. Sino debe ser interconectada a la malla de la Central.
- Estudio de Protecciones, lo realiza el área de Conexión de Centrales. Luego Área de Protecciones genera los archivos para cargar al equipo en Telecsa. Área de Protecciones Realiza Protocolo de Pruebas y Firma Formulario el día de la Puesta en Servicio
- Telemedida se instala en Coordinación con Área de Scada.
- Wisebox se solicitan los estandarizados y se instalan directo en la zonal. Cable de comunicación se arma en Telecsa o Alguna Electrónica Local. Se adjunta Información de conexión de Cables.

Se debe Coordinar con Cliente el Punto de Conexión de este proyecto, con conductor que llegará desde sala de máquinas. Si es Subterráneo, verificar que en mufa se instale Terminal Espiga, de ser necesario se las proporcionamos nosotros, ya que con conectores tipo paleta existen inconvenientes constructivos para conectar directamente a los Cuchillos Pole Top. Se debe proporcionar a Cliente el esquema de Subida de poste subterránea para interconexión con Red Aérea.

El roce se debe aclarar quién lo realiza, sobre todo si requiere Plan de Manejo forestal o si está incluido en el PMF de la Central. Si el terreno es Blando hay que considerar algún relleno. (Estabilizado, Gravilla).

#### 4.4. Caja para Medidor.

Es una caja No Normalizada, por lo tanto se indica a continuación un ejemplo para su confección y consideraciones generales.

Se utiliza una de mayor dimensión que la de los Equipos compactos habituales. Caja/met.EPM75x50x30cm DFo, con copla 3", a la cual se le debe hacer una segunda puerta. (Se manda a hacer a talleres). La caja viene con entrada- salida de 2 Pulgadas, por lo que proveedor debe proporcionar 2 Coplas reductoras 2" a 1", para instalar cañería de bajada. La placa de siete Polos va montada sobre el tablero original. Debe incluir un enchufe doble o triple para 220 V.



Figura 8.- Cajas Implementadas.

## 4.5. TELEMEDIDA.

El kit de telemetria consiste en lo necesario para la instalación de en un punto de compra o un punto de venta. Varía según el medidor que se quiera telemetria o si se trata de un punto de compra o un punto de venta.

En general está compuesto por:

- Material de ferretería: caja estanca para proteger la telemetria; tornillos; prensa estopa; enchufe hembra; cordón para alimentación; puntas; cinta doble faz.
- Material para comunicación: modem Enfora GSM/GPRS o router Digi 3G (con alimentación); antena; SIM Movistar (VPN); cable comunicación (de modem o router a medidor); módulo de comunicación (Landis ZMD).

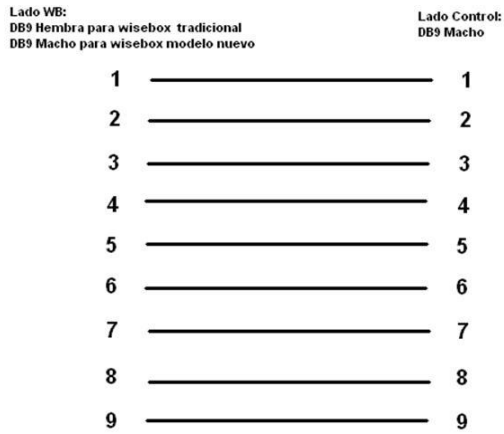
No solo se pueden telemetria medidores ION. Hoy hay en puntos de venta medidores Itron SL7000/ACE6000 y Landis ZMD. En puntos de compra además de los 2 anteriores, están los ION (varios modelos) y algunos medidores más antiguos.

Como la telemetria varia en los materiales y equipos utilizados, los proveedores cambian.

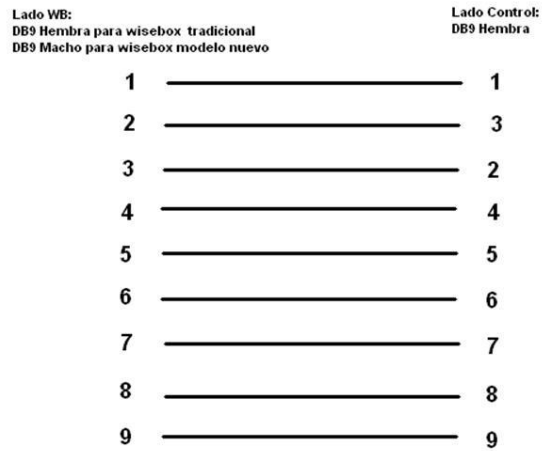
## 4.6. WISEBOX.

El wisebox es una implementación comunicacional que se le agrega al equipo de control para telecomandarlos remotamente a través de un software dedicado, Los controles que están integrados en la actualidad en el grupo SAESA a esta plataforma son: CONTROL COOPER POWER tipo F4C (para estos controles se consideran los que están integrados, no incorporando más); CONTROL COOPER POWER TIPO F5, CONTROL COOPER POWER TIPO F6; NOJA RC01; NOJA RC10; SEL 351R; SEL 351P3; SEL tipo PANACEA (versiones que no hibernan) y DBC Sectos.

**Control F5**



**Controles F6 y NOJA**



**DBC Sectos**

**Controles SEL 351R-2, 351P3 y PANACEA**

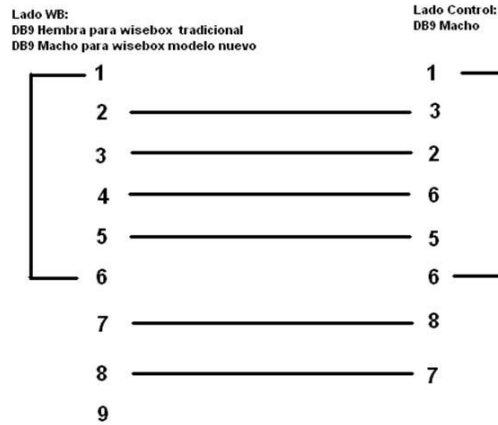
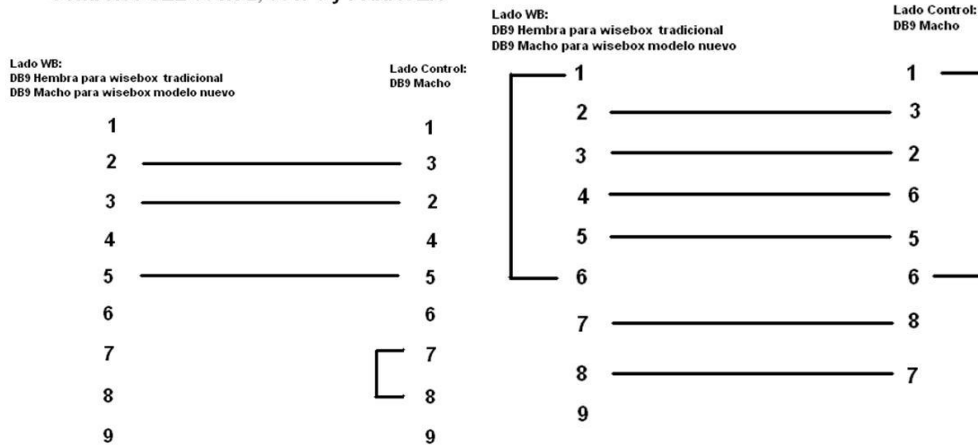


Figura 9.- Wisebox.

## 4.7. MEDIDOR.

A modo de ejemplo se describen las características de un equipo medidor.

Se debe incluir Medidor, Licencia para medidor y Certificado de Calibración.



Figura 10.- Medidor.

ION 8650 A Style Number M8650A4C0H5E1B0A, Clase 0.2, Certificado Clase A según IEC 61000-4-30, 128 MB de memoria, montaje en caja de conmutación (Switchboard), Muestras de tensión 57-277 Vln, Muestras de corriente 1 o 5 A. nominal para una escala máxima de 20 A., alimentación auxiliar externa de 80-160 Vdc + - 20% / 65-120 Vac + - 15%.

Con 3 entradas digitales Forma A y 4 salidas digitales Forma C. Capacidad de comunicación protocolos: Ethernet 10/100 BaseT, Modbus RTU, DNP 3.0, IEC 61850 y protocolo propietario ION. Puerto infrarrojo, Puerto RS232/485, Puerto RS485, puerto de sincronización IRIG B. Captura de forma de onda 1024 muestras / ciclo.

## 5. ANEXOS

### 5.1. ANEXO I: Formulario 7. INFORME DE CRITERIOS DE CONEXIÓN

Página 1 de 2

IDENTIFICACIÓN	
Número de Solicitud: N° de proceso de conexión: Fecha de ingreso SCR: Fecha de ingreso F7: Fecha de entrega de ICC:	
IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	
Nombre: Dirección: Ciudad, región:	Teléfono: E-mail: Código Postal:
Ingeniero Responsable	
Nombre: Cargo:	Teléfono: E-mail:
DATOS RELACIONADOS CON EL PMGD	
Nombre del proyecto:	
Punto de Conexión	
Geo referenciado : (coordenada en formato UTM) Código de estructura de distribución:	Código ID de Alimentador (Proceso Star): Nombre del Alimentador: Tipo de estructura:
Envío de Informe de Criterios de Conexión (Artículos 16° quinquies y 16° sexies del Reglamento)	
ICC PARA PMGD CLASIFICADOS COMO DE IMPACTO NO SIGNIFICATIVO	
Datos de Conexión Potencia Activa a inyectar: .....MW Predicción de energía anual: .....MWh Vida Útil de PMGD: .....	<input type="checkbox"/> Adjunta Factor de Referenciación de inyecciones a la fecha de emisión de ICC según formato establecido por el CDEC respectivo Costos de conexión al SD: ..... Fecha de Vigencia de ICC: ..... Renovación ICC:    Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> - Fecha:
Los siguientes antecedentes se envían junto al presente Formulario: <input type="checkbox"/> Informe de Criterios de Conexión, el cual debe incluir el cálculo de Factor de Referenciación de Inyecciones a la fecha de emisión de ICC (artículo 38° del Reglamento)	
ICC PARA PMGD CLASIFICADOS COMO DE IMPACTO SIGNIFICATIVO	
Datos de Conexión Potencia Activa a inyectar: .....MW Predicción de energía anual: .....MWh Vida Útil de PMGD: ..... <input type="checkbox"/> Adjunta Factor de Referenciación de inyecciones a la fecha de emisión de ICC según formato establecido por el CDEC respectivo	Demanda actual del Alimentador: .....MW Demanda proyectada del Alimentador: .....MW Años de proyección de demanda: ..... Plazos de ejecución de Obras Adicionales:.....Días Costos de conexión al SD: ..... Costo final a pagar: ..... Fecha de Vigencia de ICC: ..... Renovación ICC:    Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> - Fecha:
Valor presente de costo de inversión, operación y mantenimiento sin PMGD (\$):	
Valor presente de costo de inversión, operación y mantenimiento con PMGD (\$):	

<p><u>Para el caso de aquellos PMGD que producen un impacto significativo en la red:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Informe de Criterios de Conexión, el cual debe incluir el cálculo de los Factores de Referenciación de Inyecciones a la fecha de emisión del ICC (artículo 38° del Reglamento)</li> <li>□ Metodología utilizada para estimar la demanda de energía y antecedentes que sustentan el cálculo, incluyendo el consumo histórico (Adjuntar al formulario).</li> <li>□ Listado de PMGD en operación o con ICC vigente considerados en el cálculo (Adjuntar al formulario).</li> <li>□ Informe de Costos de Conexión (artículo 32° del Reglamento), que debe incluir:                  Valor presente de costo de inversión, operación y mantenimiento sin PMGD (\$)                                   Valor presente de costo de inversión, operación y mantenimiento con PMGD (\$)             </li> </ul>		
<p><b>Costos de conexión:</b></p> <p>El desglose de costos y el detalle de plazos de ejecución de las obras que se detallan a continuación podrá incluirse en el informe de costos de conexión y omitirse de este formulario.</p>		
Detalle de costos por ítem	Costo de ítem (\$)	Código VNR de ítem u homologable
<p><b>DETALLE DE PLAZO EJECUCIÓN DE LAS OBRAS</b></p>		
<p><b>DATOS ENVÍO</b></p>		
Lugar, fecha de envío	Firma ingeniero responsable y timbre Empresa Distribuidora	



## 5.2. ANEXO II: Formulario 8. ACEPTACIÓN ICC

Página 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DEL INTERESADO	
<b>Persona natural o representante legal</b>	
Nombre:	Región:
Rut:	Teléfono:
Dirección:	E-mail:
Ciudad:	Código Postal:
<b>Persona jurídica (si corresponde)</b>	
Nombre:	Dirección:
Rut:	Ciudad, región:
Giro:	Teléfono:
Código SII:	E-mail:
DATOS RELACIONADOS CON EL PMGD	
Nombre del proyecto:	N° de proceso de conexión:
Nombre del Alimentador:	Número de solicitud ICC:
Código ID de Alimentador (Proceso Star):	Fecha de entrega de ICC:
Declaración por parte del Interesado	
El Interesado, a partir de la revisión del ICC declara:	
<input type="checkbox"/> Aceptar conforme el ICC enviado por la Empresa Distribuidora y reserva capacidad solicitada <input type="checkbox"/> No aceptar el ICC y solicita correcciones. Además adjunta antecedentes que fundamentan su disconformidad <input type="checkbox"/> No Aceptar el ICC enviado por la Empresa Distribuidora y no continuar con el proceso de conexión	
Observaciones	
<b>DATOS ENVÍO</b>	
Timbre y fecha de recepción Empresa Distribuidora:	Firma del solicitante:



### 5.3. ANEXO III: Formulario 9. PROTOCOLO DE PUESTA EN SERVICIO

Página 1 de 2

El PMGD que operará en la red de Media Tensión de la Empresa _____			
<b>Operador</b> (o socio contractual)		<b>Ubicación de la planta</b>	
Nombre: _____		Dirección: _____	
Dirección: _____		Comuna: _____	
Comuna: _____		<b>Constructor de la planta</b>	
Teléfono: _____		Nombre: _____	
Fax: _____		Dirección: _____	
Fecha de ICC: _____		Fono/Fax: _____	
Nº Solicitud ICC: _____		Nº de proceso de conexión: _____	
Código ID de Alimentador: _____			
<b>1 Inspección Visual</b>			
1.1 Inspección para asegurar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el Artículo 4-6.			Sí    No
			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.2 Inspección para confirmar la existencia del Interruptor de Acoplamiento, en concordancia con lo establecido en el Artículo 4-5.			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.3 Inspección de los ajustes de la protección RI, tanto de los parámetros de desacoplamiento como de los de reconexión, en concordancia con lo establecido en los artículos 4-33 y 4-34.			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.4 Verificar la existencia de protecciones con funciones de <u>Sobrecorriente</u> de Fase, <u>Sobrecorriente</u> Residual y de Sobretensión de Secuencia Cero, según corresponda.			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.5 Ubicación de Equipos de medida concuerdan con lo acordado.			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>2 Protección RI</b>			
2.3 Comprobación de los ajustes			
Función de protección disponible	Rango ajustes	Ajuste	Opera correctamente
			Sí    No
Protección caída de tensión	1,0U <sub>n</sub> a 0,7U <sub>n</sub>	_____ U <sub>n</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Protección elevación de tensión	1,0U <sub>n</sub> a 1,15U <sub>n</sub>	_____ U <sub>n</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Protección caída de la frecuencia	50 Hz a 48 Hz	_____ Hz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Protección subida de la frecuencia	50 Hz a 52 Hz	_____ Hz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Relé salto vector *	0º a 18º	_____ º	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Relé <u>Rocof</u> *	0 a 1 Hz/seg	_____ Hz/seg.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
*Estos ajustes se acuerdan con la Empresa Distribuidora.	0 a 150 ms	_____ ms.	
Distribuidora.			
2.4 Comprobación del tiempo de desconexión			
Tiempo de desconexión medido de protección caída de tensión:	_____ ms	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tiempo de desconexión medido de protección elevación de tensión:	_____ ms	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tiempo de desconexión medido de protección caída de la frecuencia:	_____ ms	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tiempo de desconexión medido de protección elevación de la frecuencia:	_____ ms	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tiempo de desconexión medido Salto Vector o <u>Rocof</u> :	_____ ms	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
<b>Sellado de Protección RI - Nº sello de distribuidora:</b> _____			
<b>3 Equipo de medida, condiciones de conexión, compensación</b>			Sí    No
3.1 Cumple con clase de exactitud los equipos de medición			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.2 Sistema de medida cumple con el sistema de autonomía y <u>telemedida</u>			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.3 Cumple condiciones de conexión según normativa			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.4 La compensación se conecta y desconecta con el generador			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.6 El propietario del PMGD y la Empresa Distribuidora han suscrito el contrato de conexión y operación respectivo			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.7 Sellado de equipo de medida Nº de sello.			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



## Condiciones técnicas para la conexión

Noviembre 2016

Hoja 46 de 52

### 4 Observaciones:

La planta fue puesta en servicio en presencia de los abajo firmantes.

Con la firma del protocolo, el constructor de PMGD declara haber cumplido todas las exigencias establecidas en la NTCO.

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_ Operador del PMGD: \_\_\_\_\_

Constructor del PMGD: \_\_\_\_\_ Por la Empresa Distribuidora: \_\_\_\_\_

Página 2 de 2

#### 5.4. ANEXO III: Tabla Resumen Características Reconectores.

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Corrientes de disparo [A]	Fase: 10-1600 Residual: 5 a 800
Curvas	Kyle IEC ANSI
Direccionalidad (67)	SI
Secuencia Negativa	SI
Voltaje (27/59)	SI (2 escalones hacia arriba, 2 escalones hacia abajo)
I nominal [A]	630
I cortocircuito simétrica [kA]	12.5
Niveles de tensión [kV]	15, 27, 38 Para 13,2 kV se utiliza el de 27
Oscilografía	SI
Perfiles	SI. Corrientes de fase y residual, voltajes de fase.
Análisis de Falla (Eventos)	SI
Lógicas programables	SI
Fallas Sensibles a Tierra	SI
Perfiles de protección	4
Procesamiento de la información (Reportes, eventos, perfiles, etc.)	Sencillo
Puertos	RS232 , IRIG-B Opcionales: F.O., Ethernet, RS485.
Protocolos	DNP 3.0 basado en 2179, Modbus, IEC870-5-101, DNP TCP/IP, DNP 3.0, SEL ASCII
Pruebas por inyección de corriente secundaria	SI
Contactos de entrada y salida para señales externas	SI

5.5. ANEXO IV: Foto tipo Conexionado (Bornero de ECM y Placa de 7 polos).

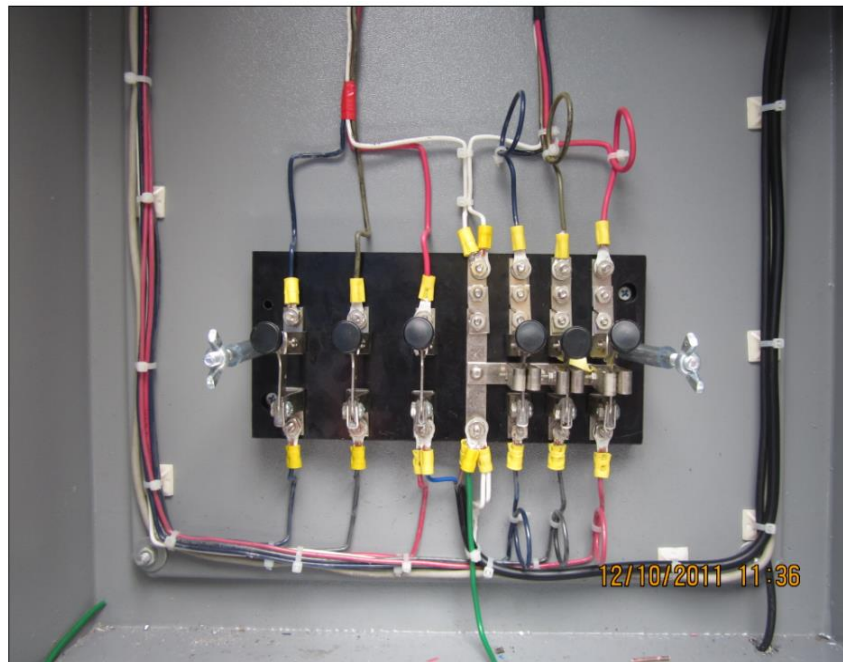


Figura 11.- Conexionado.

## 5.6. ANEXO V: Detalle de Punto de Conexión.



Figura 12.- Empalme.

## 5.7. ANEXO VI: Información requerida de protecciones en caso de Falla.

Protección General de MT Planta	
Sobrecorriente:	<b>50/51; 50N/51N</b>
Sobre voltaje:	<b>59</b>
Bajo voltaje:	<b>27</b>
Fase invertida o desbalance:	<b>46</b>
Sobre y baja frecuencia:	<b>81O/81U</b>
Dispositivo de fuera de servicio o de orden de detención:	<b>86</b>

Protección Salida Transformadores	
Sincronización:	<b>25</b>
Sobre voltaje:	<b>59</b>
Bajo voltaje:	<b>27</b>
Sobre y baja frecuencia:	<b>81O/81U</b>
Medida de ángulo de fase:	<b>78</b>

Protección Transformadores, Máquinas -

- Fase invertida o desbalance: **46**
  - Sobrecorriente: **50/51**
- Sobre y baja frecuencia: **81O/81U**
- Dispositivo de fuera de servicio o de orden de detención: **86**
- Diferencial de corriente: **87**

Protección Máquinas -

- Bajo voltaje: **27**
- Potencia inversa C.C.: **32**
- Fase invertida o desbalance: **46**
- Dispositivo térmico: **49**
  - Sobrecorriente: **50N/51N**
  - Sobre voltaje: **59/59N**
  - Voltaje balanceado: **60**
- Sobre y baja frecuencia: **81O/81U**
- Dispositivo de fuera de servicio o de orden de detención: **86**
- Diferencial de corriente: **87**

