



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
NACIONAL

FACULTAD REGIONAL PARANÁ

PROYECTO FINAL

# IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA



**CARRERA:**  
Ing. electromecánica

**ALUMNOS:**  
Lucas Juan Marcos Mateo  
Miguel Sebastián Zeballos

**DOCENTES:**  
Ing. Gustavo Ruhl  
Ing. Nicolás Maximino  
Tutor Ing. Alejandro Jerichau

2020









# 1. Índice

<b>1. Índice.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Introducción .....</b>	<b>9</b>
3.1. Contexto .....	9
3.2. Nuestro proyecto .....	10
<b>4. Objetivos .....</b>	<b>11</b>
4.1. Objetivos específicos.....	11
4.2. Objetivos estratégicos .....	11
<b>5. Estado del arte y fundamentos del proyecto .....</b>	<b>13</b>
5.1. Energías renovables, generación distribuida y sistemas de almacenamiento de energía. Un cambio de paradigma en la industria eléctrica.....	13
5.2. Sistemas de almacenamiento de energía. Estado actual del arte .....	14
5.2.1. Generalidades. ....	14
5.2.2. Medios físicos de almacenamiento.....	15
5.2.2.1. Almacenamiento electroquímico ( <i>Baterías secundarias</i> ). ....	16
5.2.2.1.1. Baterías de plomo-ácido (“Lead-Acid”, LA).....	18
5.2.2.1.2. Baterías alcalinas. ....	19
5.2.2.1.3. Baterías de sales fundidas.....	20
5.2.2.1.4. Baterías basadas en litio. ....	22
5.2.2.1.5. Baterías de flujo.....	24
5.2.2.2. Almacenamiento electromecánico. ....	27
5.2.2.2.1. Volantes de inercia. ....	27
5.2.2.2.2. Instalaciones reversibles de bombeo de agua, o “Pumped Hydro Storage” (PHS).....	29
5.2.2.2.3. Sistemas de almacenamiento basados en aire comprimido, o “Compressed-Air Energy Storage” (CAES). ....	30
5.2.2.3. Almacenamiento electroestático.....	31
5.2.2.3.1. Supercapacitores. ....	31
5.2.2.4. Almacenamiento termoeléctrico. ....	32
5.2.3. Sistema de Conversión de Potencia (PCS). ....	34
5.2.3.1. Inversor .....	34
5.2.3.2. Transformador.....	35
5.2.3.3. Protecciones CA y CC.....	35
5.2.3.4. Battery management system (BMS).....	35
5.2.4. Controlador de carga y descarga (EMS).....	36
5.3. Principales funciones de los sistemas de almacenamiento.....	36
5.3.1. Nivelación de la curva de carga (Load leveling) .....	36
5.3.2. Seguimiento de carga. ....	38
5.3.3. Control de reservas activas.....	38
5.3.4. Mejora de la calidad de producto técnico. ....	38



5.3.5. Gestión de la demanda.....	39
5.3.6. Mitigación de la intermitencia. ....	39
5.3.7. Recorte de picos (Peak Shaving). ....	40
5.3.8. Mejora de la calidad de servicio técnico. ....	40
5.4. Antecedentes de empleo de sistemas de almacenamiento electroquímico.....	41
5.4.1. Sistema de almacenamiento de 31,5 MW en Marseilles, Illinois.....	43
5.4.2. Sistema de almacenamiento de baterías NaS en Presidio, Texas. ....	43
5.4.3. Metlakatla Power and Light, Alaska. ....	44
5.4.4. Almacenamiento en la subestación de Rise Carr en Darlington, UK.....	45
5.4.5. Programa PERMER: Proyecto Mini Red San Juan de los Quillaques – Jujuy (Argentina). ....	45
<b>6. Marco técnico legal .....</b>	<b>47</b>
6.1. Consideraciones generales .....	47
6.2. Encuadre legal de las tecnologías de acumulación de energía y/o generación a partir de fuentes renovables dentro de la jurisdicción provincial.....	48
6.2.1. Asimilación a generación forzada. Concepto de aislación o desvinculación parcial de un área. ....	48
6.2.2. Incorporación de la acumulación de energía como un nuevo tipo de equipamiento del sistema de la distribuidora. ....	50
<b>7. Definición del caso de estudio .....</b>	<b>51</b>
7.1. Introducción.....	51
7.2. Localidad Piloto (LP) .....	51
7.2.1. Selección. Confidencialidad de los datos.....	51
7.2.2. Caracterización demográfica y social. ....	52
7.3. Compromiso social del proyecto.....	55
<b>8. Estudio de la necesidad .....</b>	<b>57</b>
8.1. Adquisición y procesamiento de datos .....	57
8.1.1. Topología de la red de abastecimiento y situación comercial.....	57
8.1.2. Características de la SET 33/13,2 kV.....	58
8.1.3. Características de la línea de subtransmisión.....	59
8.1.3.1. <i>Tramo D (Distribuidor) de La Cooperativa. ....</i>	<i>59</i>
8.1.3.2. <i>Tramo R (Rama) de ENERSA.....</i>	<i>59</i>
8.1.4. Mediciones.....	60
8.1.4.1. <i>Esquema de medición comercial. ....</i>	<i>60</i>
8.1.4.2. <i>Medidores existentes al inicio del proyecto. ....</i>	<i>61</i>
8.1.4.3. <i>Mejoras solicitadas en la medición.....</i>	<i>61</i>
8.1.4.4. <i>Análisis preliminar de la información obtenida de los medidores.....</i>	<i>62</i>
8.1.4.4.1. Mediciones de potencia.....	63
8.1.4.4.2. Mediciones de tensión.....	63
8.2. Modelo de la línea de subtransmisión .....	66
8.2.1. Esquema unifilar del modelo. ....	66
8.2.2. Objeto del modelo.....	67



8.2.3. Expresión general aproximada de la diferencia de tensiones entre los extremos de una línea de distribución en función de las cargas y las respectivas distancias al punto de alimentación.....	68
8.2.4. Diferencia de tensiones en función de los parámetros del modelo.....	69
8.2.5. Aproximación de la expresión de la diferencia de tensiones en función de las mediciones disponibles.....	70
8.2.6. Ajuste del modelo. ....	72
8.2.6.1. <i>Comparación de la diferencia de tensiones calculada mediante el modelo con la diferencia de tensiones obtenida de las lecturas de tensión de los medidores A y B.</i> .....	72
8.2.6.2. <i>Ajuste de la resistencia del conductor en función de la temperatura.</i> .....	72
8.2.6.3. <i>Simulación del modelo con Microsoft Excel.</i> .....	74
8.2.7. Verificación del modelo con ETAP®.....	79
8.2.7.1. <i>Análisis con ETAP®.</i> .....	79
8.2.7.2. <i>Parametrización.</i> .....	79
8.2.7.3. <i>Esquema unifilar.</i> .....	81
8.2.7.4. <i>Resultados obtenidos.</i> .....	81
8.3. Límite de potencia operable por el distribuidor. ....	82
8.3.1. Límite de potencia operable por caída de tensión.....	82
8.3.1.1. <i>Desarrollo de la fórmula.</i> .....	82
8.3.1.2. <i>Determinación de la potencia máxima operable por el distribuidor, limitada por caída de tensión.</i> .....	85
8.3.2. Límite de potencia operable por sollicitación térmica.....	86
8.4. Proyección de la demanda .....	87
8.4.1. Método de proyección utilizado. ....	87
8.4.2. Recopilación de datos históricos.....	88
8.4.2.1. <i>Datos extraídos del sistema de telemedición, a partir de perfiles de carga.</i> .....	88
8.4.2.2. <i>Datos extraídos del sistema comercial, a partir de la facturación.</i> .....	89
8.4.2.3. <i>Empalme de datos históricos del sistema comercial con el sistema de telemedición.</i> .....	90
8.4.3. Proyección de la demanda.....	92
8.4.3.1. <i>Consumos anuales de energía.</i> .....	93
8.4.3.2. <i>Potencias máximas.</i> .....	95
8.4.3.2.1. <i>Potencias máximas del distribuidor.</i> .....	95
8.4.3.2.2. <i>Potencias máximas de la rama que alimenta a LP.</i> .....	97
8.5. Calidad del servicio público de distribución .....	97
8.5.1. Obligaciones de la distribuidora. Marco Legal.....	97
8.5.1.1. <i>Modalidad de la prestación.</i> .....	98
8.5.1.2. <i>Calidad del producto técnico.</i> .....	99
8.5.1.3. <i>Calidad del servicio técnico.</i> .....	99
8.5.2. Calidad del servicio público de distribución en LP. ....	100
8.5.2.1. <i>Calidad del producto técnico.</i> .....	100
8.5.2.2. <i>Calidad del servicio técnico.</i> .....	103
8.5.2.2.1. <i>Análisis de datos históricos.</i> .....	103



8.5.2.2.2. Proyección de energía no suministrada (ENS) y penalizaciones. ....	105
8.5.3. Comentarios finales sobre penalizaciones aplicables y su proyección. ....	108
<b>9. Definición de soluciones alternativas .....</b>	<b>111</b>
9.1. Alternativa 1: Sistema de almacenamiento de energía y banco de reguladores de tensión. ....	112
9.1.1. Generalidades. ....	112
9.1.2. Elección de la tecnología de almacenamiento de energía. ....	113
9.1.3. Dimensionamiento del banco de baterías .....	115
9.1.3.1. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones del servicio. ....	115
9.1.3.2. Autonomía del banco de baterías.....	119
9.1.3.3. Capacidad del banco de baterías. Dimensionamiento. ....	121
9.1.3.3.1. Selección del tipo de equipamiento. ....	121
9.1.3.3.2. Capacidad de almacenamiento de energía.....	122
9.1.3.3.3. Autonomía real del sistema adoptado.....	123
9.1.4. Especificaciones del sistema de almacenamiento de energía en baterías (BESS). ....	125
9.1.4.1. Características generales de la instalación. ....	125
9.1.4.2. Sistema de protección contra incendio. ....	126
9.1.5. Memoria descriptiva de la Estación de regulación y almacenamiento de energía (E.R.A.E).....	126
9.1.5.1. Apertura del distribuidor.....	127
9.1.5.2. Campo de entrada. ....	128
9.1.5.3. Banco de reguladores automáticos de tensión. ....	128
9.1.5.4. Sistema de almacenamiento de energía (BESS). ....	128
9.1.5.5. Campo de salida. ....	129
9.1.5.6. Ampliaciones contempladas. ....	129
9.1.6. Especificaciones de los componentes de la E.R.A.E. ....	130
9.1.6.1. Descargadores de sobretensión. ....	130
9.1.6.2. Seccionadores fusibles autodesconectores. ....	131
9.1.6.3. Seccionador bajo carga motorizado – Seccionador c/PAT.....	131
9.1.6.4. Transformador de corriente. ....	132
9.1.6.5. Transformador de Tensión. ....	132
9.1.6.6. Transformador de servicios auxiliares. ....	133
9.1.6.7. Seccionador by-pass a cuchillas.....	134
9.1.6.8. Seccionador tripolar a cuernos para 13,2 kV. ....	134
9.1.6.9. Reconector Trifásico.....	135
9.1.6.10. Reguladores automáticos de tensión monofásicos (RAT). ....	135
9.1.7. Modos de operación de la E.R.A.E. ....	137
9.1.7.1. Operación normal.....	137
9.1.7.2. Partida autónoma o en Isla del BESS ante interrupciones del servicio del distribuidor de La Cooperativa. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).....	138
9.1.7.3. Partida en Isla del BESS por mínima tensión. ....	140
9.1.7.4. Arbitraje de energía. ....	142
9.1.8. Cálculo de las corrientes de cortocircuito. ....	143
9.1.8.1. Método aplicado.....	143





9.1.8.2. Corriente simétrica inicial de cortocircuito. ....	143
9.1.8.3. Corrientes de cortocircuito para la configuración actual del sistema de abastecimiento de LP. ....	143
9.1.8.4. Corrientes de cortocircuito para la Alternativa 1. ....	144
9.1.9. Simulación de flujo de potencia con ETAP® .....	145
9.1.10. Confiabilidad. ....	145
9.1.10.1. Confiabilidad del sistema de abastecimiento actual. ....	145
9.1.10.2. Confiabilidad del sistema de abastecimiento considerando la Alternativa 1 .....	146
9.2. Alternativa 2: nuevo alimentador en 13,2 kV .....	147
9.2.1. Generalidades. ....	147
9.2.2. Características principales. ....	148
9.2.3. Diseño eléctrico asistido con ETAP® .....	148
9.2.4. Confiabilidad. ....	148
9.3. Alternativa 3: nuevo alimentador en 33 kV y SET en Localidad Piloto.....	149
9.3.1. Generalidades. ....	149
9.3.2. Características principales. ....	150
9.3.2.1. Línea.....	150
9.3.2.2. SET “Localidad Piloto”.....	150
9.3.3. Diseño eléctrico asistido con ETAP® .....	150
9.3.4. Confiabilidad. ....	150
<b>10. Evaluación económica .....</b>	<b>153</b>
10.1. Método de evaluación.....	153
10.1.1. Costo de las inversiones.....	154
10.1.2. Costo de la Energía no suministrada (CENS).....	154
10.1.2.1. ENS por saturación. ....	155
10.1.2.2. ENS por indisponibilidad. ....	155
10.1.3. Costos de operación y mantenimiento.....	155
10.2. Moneda .....	155
10.3. Costo de las inversiones. Presupuesto .....	156
10.3.1. Alternativa 1.....	156
10.3.1.1. Costo el equipamiento principal (importación). ....	156
10.3.1.1.1. Reguladores automáticos de tensión Toshiba 7,62 kV – 50 A.....	156
10.3.1.1.2. Sistema de almacenamiento de energía (BESS) ABB. ....	157
10.3.1.2. Costo de la obra civil y montaje electromecánico. ....	158
10.3.1.3. Presupuesto global. ....	160
10.3.2. Alternativa 2.....	162
10.3.3. Alternativa 3.....	162
10.4. Costo de la energía no suministrada (CENS).....	163
10.4.1. ENS por saturación del sistema de abastecimiento actual. ....	163
10.4.1.1. Potencia límite de la rama (R) que alimenta a la Localidad Piloto. ....	163
10.4.1.2. Proyección de ENS por saturación. ....	164
10.4.2. ENS por indisponibilidad.....	166
10.4.3. Costos totales por energía no suministrada (CENS).....	166
10.5. Flujo y valor presente de los costos (VPC).....	168



10.6. Resumen .....	170
<b>11. Conclusiones .....</b>	<b>171</b>
11.1. Solución de abastecimiento elegida.....	171
11.2. Conclusión conceptual del Proyecto Final. ....	172
11.3. Posibles ampliaciones de alcance. ....	173
<b>12. Bibliografía .....</b>	<b>175</b>
<b>13. Sitios WEB de consulta .....</b>	<b>177</b>
<b>14. Índice de tablas y figuras .....</b>	<b>179</b>
14.1. Tablas.....	179
14.2. Figuras .....	180
<b>15. Apéndices .....</b>	<b>183</b>



## 2. Resumen

El presente informe resume los resultados de un estudio que analiza la viabilidad de la implementación de tecnología de almacenamiento de energía, en escalas del orden de los cientos de kWh, en combinación con equipamiento de regulación automática de tensión, en pequeñas localidades o aglomerados de viviendas rurales de Entre Ríos a los efectos de solucionar problemas de abastecimiento eléctrico debidos a restricciones del sistema de transporte. Dichas restricciones en el abastecimiento representan una amenaza para el desarrollo social y el crecimiento económico de las localidades que sufren estos inconvenientes y de la región en general. El objeto de este proyecto es estudiar una solución de abastecimiento más económica y racional que las ampliaciones de red, cuando éstas no fueran imprescindibles para la prestación de un servicio eléctrico de alta calidad, basada en el emplazamiento de equipamiento localizado en el punto de demanda, evitando o retrasando así inversiones en la construcción de nuevas líneas de transmisión o repotenciación de las existentes. Esta posibilidad se sustenta en el avanzado desarrollo de las tecnologías de almacenamiento en baterías y otras asociadas a las energías renovables, y la notable disminución de costes que exhiben en los últimos años. Esto quedará plasmado en el anteproyecto y presupuesto de una solución de abastecimiento de estas características, la cual se contrastará económicamente con soluciones típicas de ampliación o repotenciación de líneas de subtransmisión existentes.





## 3. Introducción

### 3.1. Contexto

El hecho de que el desarrollo económico y social de una región esté íntimamente ligado al abastecimiento de energía eléctrica es desde muchas décadas un paradigma de la sociedad moderna. Sería difícil describir la vida como la conocemos hoy en día sin mencionar la dependencia del uso de dispositivos eléctricos, herramientas, ordenadores, sistemas de comunicación, etc. Toda industria depende de este servicio en forma directa. El efecto colateral del desarrollo basado en el suministro de energía eléctrica es el impacto ambiental que implica la generación de energía a partir de combustibles fósiles, debido a la emisión de gases de efecto invernadero que ella produce y sus nefastos pronósticos, asunto ya puesto en evidencia desde hace más de dos décadas.

No son novedosos, a esta altura de los acontecimientos, los conceptos de eficiencia energética, incorporados desde los primeros pasos de un estudiante en una carrera técnica o de ingeniería vinculada al aprovechamiento energético de los recursos naturales, ni tampoco los de energía renovable y desarrollo sustentable, que ya consideramos asimilados por la mayor parte de la sociedad. Sabemos que los combustibles fósiles tienen reservas limitadas, por lo cual un desarrollo sustentable estará necesariamente ligado a la diversificación de la matriz energética, incorporando energías no contaminantes, renovables, reduciendo al mínimo posible el impacto ambiental que su uso provoque.

Lo que sí es reciente, es la madurez que ha alcanzado el desarrollo de las tecnologías que permiten aprovechar efectivamente las energías renovables, volviéndose cada vez más asequibles. Esta disponibilidad de tecnología nos compromete como profesionales del área a estudiar este nuevo campo, para aprovechar en forma óptima las soluciones que nos brindan estas nuevas tecnologías de generación de energía renovable y también una íntimamente ligada a ella, la de almacenamiento de energía, todo esto en una racional y armoniosa

combinación con las tecnologías convencionales, de las cuales no será posible prescindir por al menos algunas décadas más.

### **3.2. Nuestro proyecto**

El proyecto consiste en un estudio que tiene como objetivo determinar la viabilidad de la implementación de tecnologías asociadas a la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, como las tecnologías de almacenamiento de energía, en el retraso o reemplazo de inversiones en ampliaciones de la red de subtransmisión de la distribuidora Energía de Entre Ríos S.A. (ENERSA). Esta inquietud nace de observar que existen pequeñas localidades o aglomerados de viviendas rurales en los que, mediante la aplicación de estas tecnologías, podría mejorarse sustancialmente la prestación del servicio eléctrico, lo que redundaría en mayor bienestar de la población y mejores oportunidades para el desarrollo productivo y económico de esas zonas. La utilización de tecnologías tales como el almacenamiento de energía en bancos de baterías, en combinación con sistemas de regulación automática de tensión, con equipamiento localizado en los puntos de demanda, podría cumplir con dichos objetivos con menores inversiones y en menores plazos a los que serían necesarios para ejecutar ampliaciones de la red de subtransmisión de ENERSA, en particular para locaciones abastecidas a través de líneas de media tensión en 13,2 kV de gran extensión.

El proyecto comienza con una investigación del estado actual de la técnica y tecnología disponible, como así también del marco técnico legal aplicable. Luego se efectuará un estudio de caso, para el cual se desarrollará una solución de abastecimiento basada en almacenamiento de energía en baterías y regulación automática de tensión, sin inversiones adicionales en repotenciación de la línea de subtransmisión existente, para luego evaluar económicamente su viabilidad frente a las soluciones más convencionales tales como la ampliación del sistema de subtransmisión (construcción de líneas de media tensión, subestaciones transformadoras, etc.).



## 4. Objetivos

### 4.1. Objetivos específicos

1. Evaluar la viabilidad de la implementación de tecnología de almacenamiento de energía en baterías en la red de subtransmisión/distribución de ENERSA, así como de regulación de tensión, con equipamiento emplazado en los puntos de demanda, como alternativa a ampliaciones o repotenciaciones de líneas de subtransmisión existentes.
2. Desarrollar el diseño de una solución de abastecimiento para la localidad que se eligió como caso de estudio, basada en la instalación de equipamiento de almacenamiento de energía y regulación automática de tensión en el punto de demanda.

### 4.2. Objetivos estratégicos

1. Que los resultados obtenidos permitan justificar las inversiones necesarias para garantizar el abastecimiento eléctrico de la localidad elegida, eliminando de esta forma las restricciones a su desarrollo social y económico.
2. Ejecución de prueba piloto: promover en este carácter, el desarrollo y la construcción de la solución de abastecimiento con equipamiento de almacenamiento y regulación automática de tensión localizado en el punto de demanda, si no resultare inviable, ya que sería la primera instalación de estas características que se implantaría en el sistema ENERSA. De esta experiencia se podrían recabar resultados en un período de estudio suficientemente amplio, y podrían evaluarse los beneficios y los riesgos de la implementación de este tipo de soluciones, antes de emplearlas en mayores escalas.
3. Que el diseño realizado sirva como base para la toma de decisiones con respecto a su futura construcción, utilizándolo como base para el proyecto definitivo.
4. Que este trabajo sea el principio de un estudio más general de abastecimiento de energía de pequeñas localidades, ya sea que presenten restricciones en el sistema de transporte o directamente se encuentren aisladas de la red, considerando soluciones localizadas en



el punto de demanda, empleando ya sea generación de energía a partir de fuentes renovables como tecnologías de almacenamiento, analizando las ventajas y desventajas en contraposición con soluciones de abastecimiento convencionales mediante ampliaciones de redes de transmisión, determinando su viabilidad.





## 5. Estado del arte y fundamentos del proyecto

### 5.1. Energías renovables, generación distribuida y sistemas de almacenamiento de energía.

#### Un cambio de paradigma en la industria eléctrica

Las energías renovables han tenido en las últimas décadas un gran impulso gracias al acelerado desarrollo de la electrónica de potencia, la cual continúa bajando los costes de los equipamientos que permiten gestionar el recurso natural en forma eficiente, permitiendo un uso cada vez más competitivo con las tecnologías convencionales. Tal vez el talón de Aquiles de las energías renovables en el abastecimiento de la demanda del mercado eléctrico es su intermitencia, o la dificultad de mantener una producción de potencia constante, ya que, por ejemplo, si hablamos del recurso solar o eólico, sus aportes instantáneos están condicionados intrínsecamente por factores meteorológicos aleatorios, cuyos parámetros pueden cambiar de un minuto a otro. Esta dificultad ha promovido el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía que permiten la gestión del recurso con mayor flexibilidad. Por ejemplo, la generación fotovoltaica sólo puede ser posible unas pocas horas al día, a menos que se combine con un sistema de almacenamiento, en cuyo caso el servicio también puede prestarse en horas de baja o nula emisión solar. En resumen, los sistemas de almacenamiento les permiten a las centrales de energía renovable *erogar potencia firme*.

Además, los sistemas de almacenamiento, en particular, los sistemas de almacenamiento en baterías, están permitiendo el desarrollo de la movilidad eléctrica, logrando un transporte más sustentable.

Asistimos en estos tiempos a un paulatino cambio de paradigma en el negocio eléctrico: hasta hace alrededor de una década, se postulaba que la energía se generaba al mismo tiempo que se utilizaba, no siendo posible su almacenamiento. Sólo era factible un almacenamiento “secundario” tal como el combustible o los embalses de agua, con lo cual el negocio eléctrico tenía una gran desventaja frente a otros prestadores de servicios de “fluidos”, tales como el gas, en el que sí es factible el almacenamiento (Martínez Fayó, 2008). El desarrollo de los



diferentes sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, en conjunto con la generación renovable distribuida, constituye una oportunidad para el desarrollo del negocio eléctrico y de la sociedad en su conjunto, ya que permite flexibilizar la operación y optimizar el uso de las redes, en particular las de subtransmisión, al tiempo que permite el aprovechamiento más racional de las energías renovables, con una sensible reducción del impacto ambiental.

Nos proponemos evaluar una solución de abastecimiento basada en almacenamiento de energía y regulación automática de tensión. En cuanto a ésta última tecnología, consideramos que ya está suficientemente estudiada por las ingenierías del ramo eléctrico, siendo parte ya del saber convencional. Por otra parte, consideramos que las tecnologías de almacenamiento de energía a gran escala son lo suficientemente nuevas como para ameritar la siguiente exposición sobre el estado actual del arte en lo que a este tipo de sistemas se refiere.

## **5.2. Sistemas de almacenamiento de energía. Estado actual del arte**

### **5.2.1. Generalidades.**

Un sistema de almacenamiento de energía se define como aquel sistema o dispositivo empleado para almacenar energía para su uso posterior, ya sea a corto o largo plazo, de forma intensiva o de forma mantenida en el tiempo. Se trata de sistemas complejos, que comprenden desde un punto de vista general tres subsistemas principales: el primero de ellos es el *medio físico que permite almacenar energía*. Esta función puede alcanzarse en diferentes formas, las cuales describiremos en el siguiente apartado (energía mecánica, eléctrica, térmica); el segundo es el subsistema que permite el intercambio energético entre el medio físico que almacena energía y un sistema exterior, como lo es la red eléctrica. A este subsistema se le conoce como el *sistema de conversión de potencia (PCS)*, y puede estar representado por la electrónica de potencia que actúa de interfaz entre los bornes de una batería y la red eléctrica, o el grupo turbina-generador eléctrico de un sistema de bombeo hidráulico. Finalmente, el tercer subsistema es aquel que gobierna la *lógica de carga y*

*descarga energética*, generalmente llamado *EMS (energy management system)* y está representado por las tecnologías de información y comunicación asociadas.

En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado del sistema de almacenamiento de energía en baterías o *BESS*, sigla derivada de su definición en inglés *battery energy storage system*, donde se pueden distinguir los distintos equipos necesarios para su funcionamiento.

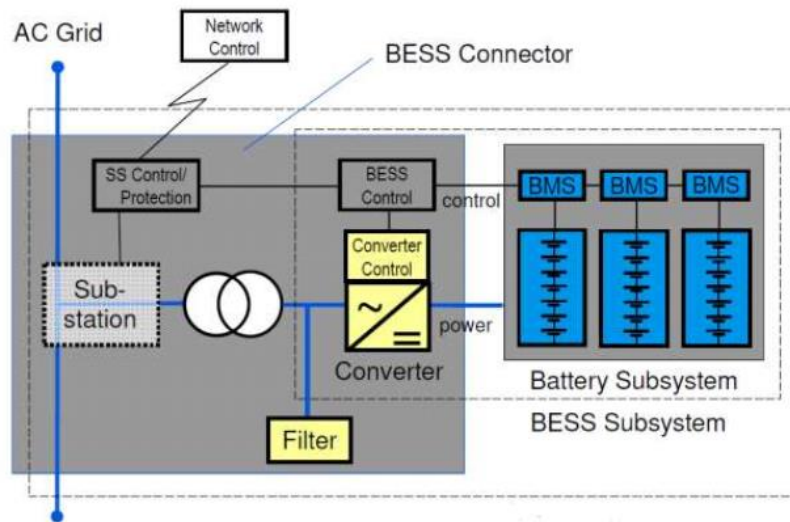


Figura 1. Diagrama de bloques del BESS.

### 5.2.2. Medios físicos de almacenamiento.

La energía eléctrica puede ser almacenada en diferentes formas, tales como energía potencial en sistemas de bombeo de agua o en sistemas basados en aire comprimido, en sistemas electroquímicos como las baterías secundarias y de flujo, como energía química a partir de celdas o pilas de combustible, como energía cinética en volantes de inercia, en un campo magnético en inductores, en un campo eléctrico en condensadores, o en forma de energía térmica en sales fundidas, entre otros. A continuación, se expondrán los principios de operación y características de las tecnologías más relevantes.

### 5.2.2.1. Almacenamiento electroquímico (Baterías secundarias).

Los sistemas de almacenamiento basados en baterías secundarias o recargables, así como las baterías de flujo, sustentan su principio de funcionamiento en conversiones electroquímicas reversibles de reducción y oxidación, comúnmente conocidas como reacciones *redox*, que ocurren entre especies electroquímicamente activas. Una reacción de reducción es aquella que permite a un cierto componente ganar electrones, contrariamente, una reacción de oxidación es aquella que conlleva una pérdida de electrones. Las reacciones redox también involucran nuevos componentes electroquímicos activos con carga no negativa, es decir, iones. Estas reacciones se producen bajo unas condiciones determinadas, las cuales son establecidas por las celdas electroquímicas que se componen de:

- Un electrodo negativo (*ánodo*) y uno positivo (*cátodo*). Cuando la celda está siendo descargada, se producen reacciones de oxidación en el ánodo y de reducción en el cátodo. Cada reacción involucra una pareja de elementos electroquímicamente activos (uno es el que forma el propio electrodo, y el otro es un componente que lo envuelve, definiendo las zonas anódica y catódica). El ánodo recoge en la descarga los electrones perdidos en la reacción de oxidación, y a través de un circuito exterior (la carga o consumo al cual está conectada la celda), los electrones viajan al cátodo de la misma, permitiendo las reacciones de reducción en la zona catódica.
- El electrolito. Las reacciones de reducción y oxidación que se producen en cada una de las parejas electroquímicamente activas producen unos terceros componentes eléctricamente no neutros, es decir, iones. El electrolito es el medio a través del cual se produce el intercambio de iones entre las zonas anódicas y catódicas, permitiendo el equilibrio de carga.
- Un separador. Mientras que el electrolito actúa como nexo de unión, el separador asegura una separación entre las sustancias electroquímicamente activas de las zonas anódicas y catódicas, permitiendo exclusivamente el intercambio iónico entre ellas.



La diferencia energética entre los dos pares de componentes electroquímicamente activos se traslada en una diferencia de potencial entre los dos electrodos o terminales de celda. En estado de plena carga, en reposo y en vacío, se obtiene la tensión máxima o de circuito abierto, la cual varía entre 1 y 4 voltios en función del tipo de celda. Las baterías, están compuestas por una disposición determinada de celdas electroquímicas conectadas entre sí, de acuerdo a los requerimientos de tensión y corriente deseados como dispositivo final. A medida que la celda se va descargando, en la mayoría de los casos, la tensión decrece hasta un mínimo de operación. La capacidad de energía de la celda (expresada habitualmente en amperes-hora, Ah) depende de las condiciones de descarga y queda limitada precisamente por la tensión mínima de operación.

Además de la tensión y capacidad energética, otros factores tales como la energía específica (Wh por unidad de masa), y la potencia específica (máxima potencia en W por unidad de masa), son factores definitorios de las celdas electroquímicas. Atendiendo a estos factores, y a otros tales como temperatura de operación de celda, seguridad de uso, ciclabilidad, modularidad, etc., la industria ofrece, y avanza continuamente, en el desarrollo de pares redox en favor de la aplicabilidad del almacenamiento electroquímico en diversos ámbitos. En términos generales, la química (el par redox) determina el tipo de batería en cuanto a la posibilidad de ser recargada, rango de temperaturas de operación, tipo de traspaso iónico entre los electrodos, etc. Por otro lado, el diseño de celda determina la densidad de energía y potencia de la celda, la razón de carga y descarga admisibles, vida útil, etc.

A continuación, se muestra una tabla que expone las características principales de los tipos de celdas más conocidas y utilizadas comercialmente (Real Academia de Ingeniería, 2017).

Tabla 1. Características principales de diversas tecnologías de celdas electroquímicas.

Tipo	Subtipo	Tensión op. (V)	Tensión nominal (V)	Temp. operación <sup>1</sup> (°C)	Ciclabilidad <sup>2</sup>	Energía esp. teórica y real <sup>3</sup> (Wh/kg)	Auto descarga mensual <sup>4</sup>	Eficiencia energética (dc-dc)	Máximo ratio de descarga
Plomo ácido (LA)	LA (regulada por válvula)	1,75-2,27	2,00	(-40;50) <sup>5</sup> <b>(25)</b>	1200 (80% DoD; C/8)	170 (24)	2-4%	70-80%	1C cont.
	LA (inundada)	1,75-2,23	2,00	(16;32) <b>(25)</b>	1800 (80% DoD; C/8)	170 (19)	5%	70-80%	1C cont.
Alcalinas	NiCd	0,90-1,50	1,30	(-20;60) <b>(20)</b>	800 (80% DoD; C/8)	213 (47 <sup>6</sup> )	10%	60-80%	1C cont.
	NiMH	0,90-1,50	1,30	(0;40) <b>(20)</b>	800 (80% DoD; C/8)	240 (65 <sup>6</sup> )	100%	60-80%	10C cont.
Sales fundidas	NaS	2,31-1,63	2,10	(300;350) <b>(300)</b>	4500 (80% DoD; 1C)	783 (122 <sup>10</sup> )	≈ 0%	89%	1C cont. / 5C pico (30s).
	Na/NiCl <sub>2</sub>	3,10-1,72	2,58	(270;350) <b>(300)</b>	3000 (80% DoD; 1C)	790 (91, 115 <sup>11</sup> )	≈ 0%	85%	1C cont. / 5C pico.
Litio-ión	C/LiCoO <sub>2</sub>	4,20-3,00	3,60	(-20;55) <b>(25)</b>	3000 (80% DoD; 1C)	709 (133 <sup>12</sup> )	<5%	>92%	1C cont.
	C/LiNiCoMnO <sub>2</sub>	4,10-3,00	3,70	(-20;55) <b>(25)</b>	2500 (100% DoD; C/2)	837 (130, 132, 147) <sup>13</sup>	<5%	>92%	5C cont. / 30C pulso.
	C/LiFePO <sub>4</sub>	3,60-2,50	3,30	(-30;55) <b>(25)</b>	>3000 (100% DoD; 1C)	479 (131) <sup>14</sup>	<3%	>92%	35C cont. / 125C pulso.
	C/LiMn2O <sub>4</sub>	4,20-3,00	3,70	(-20;55) <b>(25)</b>	>2000 (100% DoD; 1C)	625	<5%	>92%	10C cont. / 40C pulso.

Tabla basada en datos de varios fabricantes (Exide Technologies, 2015; Power Sonic – NiMH, 2015; Nexeon, 2015; Targray, 2015; A123, 2015).

#### 5.2.2.1.1. Baterías de plomo-ácido (“Lead-Acid”, LA).

Las baterías LA son sin duda la tecnología más madura de entre las actualmente elegibles. Tanto es así, que las primeras investigaciones sobre esta tecnología datan de hace más de 140 años. En la actualidad, se tiene un amplio catálogo de variantes en torno a este par redox. Entre ellos se destacan las versiones “valve regulated” LA, y “flooded” LA (formato más común, en el que el electrolito es una solución recargable acuosa con ácido sulfúrico).

Como se muestra en la Tabla 1, la densidad energética y ciclabilidad son de las más bajas en comparación con el resto de tecnologías. Pero, por otra parte, la elevada madurez, bajo mantenimiento y bajo costo son tres de sus principales ventajas. Con todo esto, la aplicabilidad de estas baterías se extiende a aplicaciones móviles tales como la automoción, y también a sistemas estacionarios, como los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI’s), servicios auxiliares para equipos (ET’s) o en diversos accionamientos industriales, entre otros.

Entre las especificidades de carácter práctico a remarcar de las baterías de LA, se pueden enumerar aspectos como la sulfatación y la gran dependencia de las prestaciones con la temperatura de operación y la razón de descarga. La sulfatación es uno de los mecanismos de degradación de este tipo de baterías, pero tal vez no el más importante. En términos



generales, la sulfatación se puede definir como un proceso de cristalización de sulfato de plomo en los electrodos de la celda, que disminuye la actividad electroquímica en la misma, reduciendo de esta manera su capacidad y vida útil. Este proceso de envejecimiento se acelera con altas profundidades de descarga de la batería, limitando así el rango de funcionamiento o de carga óptimos de la misma. Por este motivo, las baterías LA han de ser periódicamente sobrecargadas, es decir cargadas hasta el 100% de su capacidad y aplicando elevadas tensiones de carga durante varias horas. Estos ciclos de sobrecarga, que han de ser aplicados habitualmente un par de veces al mes, disuelven los cristales de sulfato de plomo y permiten recuperar así la capacidad de almacenamiento de la celda. Sin embargo, y debido a las elevadas tensiones aplicadas a la celda durante la sobrecarga, el electrolito acuoso reacciona en electrólisis, generando hidrógeno, el cual ha de ser debidamente evacuado por seguridad. El proceso de electrólisis además oxida los electrodos, reduciendo así las prestaciones y vida útil de la celda. En cuanto a la temperatura de celda, se puede decir que la gestión eficiente de la misma es uno de los mayores retos tecnológicos a resolver, debido a que actualmente los requerimientos elevados de potencia de forma instantánea generan grandes aumentos de temperatura, que disminuyen abruptamente la vida útil de este tipo de baterías y por defecto también tienen una caída de rendimiento considerable.

#### 5.2.2.1.2. Baterías alcalinas.

Entre las baterías alcalinas, se destacan aquí las de tipo níquel-cadmio (NiCd) y níquel-metal hidruro (NiMH). En términos generales, y tal como muestra la Tabla, las baterías alcalinas ofrecen una tensión de celda baja (en torno a 1,2 V), densidad de energía y rango de temperatura de operación mayor que para las baterías LA. Entre las mayores limitaciones de estas tecnologías se destaca la baja ciclabilidad y elevado precio (hasta más de 10 veces el precio de las de tipo LA).

Además de las anteriores características generales, cabe destacar que las baterías de tipo NiCd, sufren del llamado “efecto memoria”, efecto que dificulta la correcta operación de



la celda y reduce la vida útil de la misma. Por otra parte, una de las prestaciones destacables de estas baterías es la posibilidad de recarga ultrarrápida, debido a que las reacciones químicas durante la carga son endotérmicas. Este tipo de carga rápida incluso ofrece una eficiencia de carga mayor que la carga lenta.

En cambio, los procesos de carga en las baterías NiMH son exotérmicos (los procesos de descarga sí resultan endotérmicos). Además, en estados de sobrecarga o excesiva descarga, la temperatura y presión de celda puede aumentar considerablemente, resultando en una pérdida sensible y permanente de capacidad y vida útil. De esta manera, en las baterías NiMH es un aspecto crítico la aplicación de sistemas activos de gestión y transferencia de calor, así como la supervisión del estado de carga.

Finalmente, se considera conveniente destacar que las baterías alcalinas encuentran aplicación en diversos ámbitos de los sistemas estacionarios, tales como los sistemas de arranque de maquinaria, iluminación de emergencia, instrumentación y control, e incluso en sistemas a gran escala para la integración de energías renovables, aun cuando este no sea su punto fuerte de utilización.

#### 5.2.2.1.3. Baterías de sales fundidas.

Mientras que los electrodos en las baterías de LA, alcalinas y basadas en litio son sólidos, los electrodos de las baterías de sales fundidas (en las temperaturas de operación habituales, entre los 270 a los 350°C), se encuentran en estado líquido. Ésta es una de las particularidades principales de este tipo de baterías, particularidad por la que precisamente adoptan el nombre de “baterías de sales fundidas”.

Actualmente se encuentran dos pares redox comercialmente disponibles: las baterías de sodio azufre (NaS) y las de sodio metal haluro (Na/NiCl<sub>2</sub>). Las primeras están siendo impulsadas principalmente por la empresa japonesa NGK Insulators Ltd. Las segundas, fueron desarrolladas por primera vez en los años 70 por el proyecto Zeolite Battery Research Africa (ZEBRA), en Pretoria, Sudáfrica. La producción a gran escala llegó en los años 80 por la empresa



Beta Research and Development, en el Reino Unido. Actualmente la tecnología es explotada por la división de almacenamiento de energía de General Electric y la empresa italiana Fiamm S.p.A.

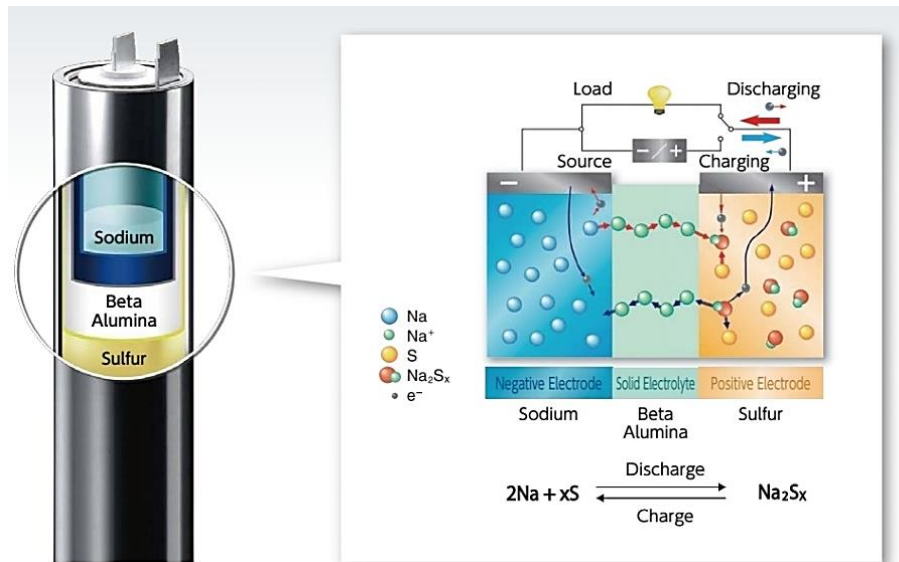


Figura 2. Batería NaS.

En términos generales, ambos pares redox ofrecen una alta energía específica, así como una destacable ciclabilidad y eficiencia. Además, y a diferencia de, por ejemplo, las baterías LA, en las baterías de sales fundidas las temperaturas ambientes extremas no tienen un impacto importante en las prestaciones y eficiencia de las celdas. Finalmente, entre las mayores prestaciones de este tipo de baterías, cabe destacar una despreciable autodescarga, de la que se deriva una eficiencia de carga del 100%; y también la capacidad de soportar sobrecargas de magnitud considerable. Por otro lado, es interesante notar que para alcanzar las elevadas temperaturas de operación se requieren procesos de precalentamiento largos, de hasta 24 horas. Atendiendo a este requerimiento, habitualmente se opta por mantener la batería precalentada, aunque no se requieran procesos de carga o descarga frecuentes (por ejemplo, en SAIs). En dicho caso la energía necesaria para mantener la temperatura de operación no es despreciable en absoluto, pudiendo alcanzar el 15% de la energía almacenada en la batería por día. Sin embargo, en procesos de descargas frecuentes, la energía producida



por las reacciones electroquímicas es suficiente para mantener una correcta temperatura de operación. En cualquier caso, la magnitud de esta energía para la gestión térmica de la batería es en buena medida proporcional a la resistencia del electrolito cerámico de la misma (beta-alúmina), por lo que buena parte de las investigaciones actualmente se orientan en este sentido.

Las baterías de sales fundidas se consideran de aplicación en diversos ámbitos (principalmente en sistemas estacionarios) como SAIs, telecomunicaciones, integración de renovables y sector terciario. Su aplicación se extiende incluso al ámbito de la movilidad eléctrica. Por ejemplo, las baterías ZEBRA impulsaron vehículos eléctricos en la década de los 90 (Daimler Benz, 1997). No obstante, todavía se encuentran en fase de investigación y desarrollo, investigación que debería promover, entre otros aspectos, una reducción de costos significativa.

#### 5.2.2.1.4. Baterías basadas en litio.

Las baterías basadas en litio (LiB) son sin duda una de las tecnologías habilitadoras de una transición energética global. Transición energética entendida como la descarbonización de diversos ámbitos como, entre otros, el sector del transporte (las tecnologías de LiB están llamadas a impulsar claramente la electromovilidad) y el sistema eléctrico de potencia, ya que las baterías LiB ofrecen excelentes prestaciones técnicas para el almacenamiento de la energía eléctrica producida con energías renovables de carácter intermitente, bien sea de grandes plantas de generación, como de la generación distribuida a pequeña escala.

La estrecha relación del litio con el ámbito de la electromovilidad o el almacenamiento de energía para el sistema eléctrico de potencia se justifica por diversas razones: elevadas energía y potencia específicas, gran ciclabilidad y baja autodescarga, entre otros aspectos. Sin embargo, esta tecnología todavía ha de superar importantes barreras de diversa naturaleza que desde el punto de vista del integrador u operador son, entre otras, el elevado costo, corta vida útil y reducida capacidad de energía de celda.

En cuanto a lo que hace a la tecnología de Litio, existen diversas químicas o pares redox para LiBs, esto puede verse de forma simplificada en la siguiente figura.

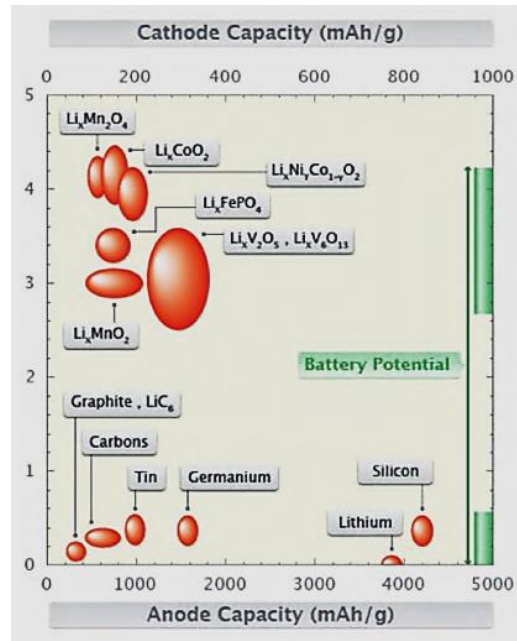


Figura 3. Densidad de energía según tipos de electrodos

Como se puede observar, son diversos los materiales anódicos y catódicos, los cuales darían lugar a una numerosísima combinatoria. Sin embargo, en la práctica, y con el estado de la técnica actual, se puede decir que el material comúnmente utilizado para el ánodo es el grafito. En cuanto al cátodo sin embargo las opciones son diversas. Las primeras químicas para baterías de LiB se basaron en el cobalto,  $\text{LiCoO}_2$ . Más adelante se introdujeron las de tipo  $\text{LiNiCoO}_2$  y las de tipo  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ . La opción más reciente, de entre las más habituales comercialmente, es la batería de tipo  $\text{LiFePO}_4$ . Cada uno de estos materiales para el cátodo determina en gran medida las prestaciones, además de dar nombre, a cada tipo de batería.

Las baterías con cátodos de  $\text{LiCoO}_2$  (también conocidas como LCO), fueron introducidas en el mercado a principios de los años 90, por la multinacional Sony. Son habitualmente utilizadas en electrónica de consumo (teléfonos móviles, cámaras), explotando su gran densidad energética y tensión de celda. No obstante, debido a que el cobalto es un material



caro y con recursos muy limitados en la corteza terrestre, esta química no se plantea como opción para aplicaciones a gran escala.

Unos años más tarde, a mediados de los 90, se introdujeron en el mercado las baterías con cátodo de  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (también conocidas como LMO). Estas baterías se caracterizan por soportar elevadas relaciones de carga y descarga, y presentar una mayor estabilidad térmica. No obstante, estas prestaciones destacan en contraposición a una baja ciclabilidad y densidad energética. A pesar de ello, encuentran aplicación en sistemas en los que se requieren puntas de potencia elevadas, pero durante un corto tiempo (sistema de arranque de máquinas, por ejemplo).

Ya a finales de la primera década de este siglo XXI, se introdujeron en el mercado las baterías con cátodo de  $\text{LiNiCoO}_4$  (también conocidas como NMC). La gran energía específica de esta química, define a las baterías NMC como candidatas para configurar aplicaciones a gran escala. La elevada ciclabilidad y prestaciones en cuanto a relación de carga y descarga tienen lugar, además, con un uso reducido de cobalto, de lo cual se deriva una mejor seguridad de uso y un precio reducido respecto al tipo LCO.

Finalmente, la opción con cátodo de  $\text{LiFePO}_4$  está atrayendo gran interés actualmente. Estas baterías ofrecen una gran ciclabilidad y tasas de carga y descarga. La reducida tensión de celda proporciona una mayor estabilidad termodinámica del electrodo respecto al electrolito, y por lo tanto una mayor seguridad de uso. Por todo ello, estas baterías son candidatas para aplicaciones estacionarias a gran escala, pero también para el ámbito de la electromovilidad. Finalmente, y en referencia a la tensión de celda, cabe destacar que ésta se mantiene constante durante la mayor parte del rango de operación de la misma, dificultando así la estimación del estado de carga por el sistema de gestión asociado (BMS).

#### 5.2.2.1.5. Baterías de flujo.

Las baterías de flujo basan su principio de operación en reacciones reversibles en una celda electroquímica. No obstante, y a diferencia de las baterías presentadas en la sección

anterior, el electrolito, y con él, las especies electroquímicamente activas, no se encuentran en la propia celda electroquímica continuamente, sino que son bombeadas desde dos tanques diferentes (uno para el cátodo y otro para el ánodo) externos a la celda. La cantidad de sustancias electroquímicamente activas determina la capacidad de energía de una batería, y en caso de las baterías de flujo, esta queda determinada directamente por el tamaño de los tanques electrolíticos. Alternativamente, la capacidad de potencia la determina la dimensión y número de celdas de la propia batería y de la electrónica de potencia asociada. Así, las dos variables de diseño (capacidad de energía y potencia) resultan independientes.

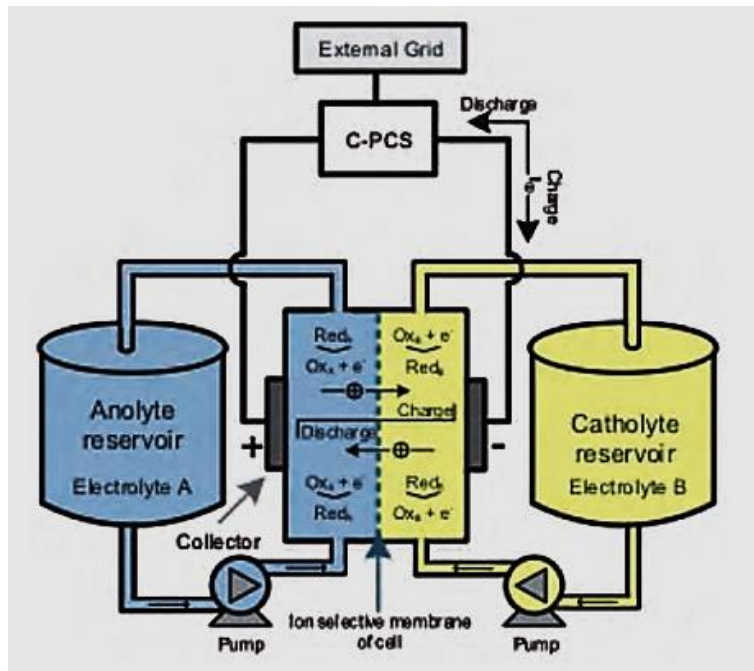


Figura 4. Batería de flujo.

Básicamente, en el mercado se pueden encontrar dos químicas para las baterías de flujo: las baterías de vanadio (HydraRedox, por ejemplo), y las de zinc-bromo. A nivel de investigación, no obstante, existen otras propuestas como las recientes baterías de Cloruro de Hierro (ESS Inc., por ejemplo). Los nombres de estos tipos comerciales precisamente indican las especies electro- químicamente activas en cada uno de los dos tipos de baterías.

La tensión de celda para las baterías VRB resulta alrededor de 1,6 V, mientras que alcanza 1,7 V para las de tipo ZBB. La tensión de celda resulta relativamente baja por el hecho



de utilizar electrolitos acuosos. En términos generales, se puede asegurar que la autodescarga es prácticamente nula en las baterías de flujo, y pueden ser descargadas totalmente sin acentuar la degradación de las celdas. La ciclabilidad también es una de las principales prestaciones de esta tecnología. Por ejemplo, las baterías tipo VRB pueden ser cargadas y descargadas hasta 13.000 veces, alcanzando una profundidad de descarga del 100%. En cuanto a la eficiencia energética (dc-dc), cabe destacar que ésta no resulta tan elevada como para las baterías de litio-ion, por ejemplo, pero resulta aceptable, en torno al 80% a una temperatura ambiente normal, entre los 10 y 35°C.

Las baterías de flujo están fabricadas en buena parte utilizando materiales reciclados, lo cual es un punto a su favor en términos medioambientales. En cambio, si bien los electrolitos utilizados son 100% reciclables en cualquiera de los dos casos de baterías de flujo mencionados, requieren cuidados especiales y medios de protección adecuados de las instalaciones ante cualquier tipo de incidentes que pueda ocurrir, ya que las sustancias electrolíticas pueden producir efectos nocivos para la salud de las personas al entrar en contacto con ellos y además pueden alterar activamente el medio ambiente ante la posibilidad de derrames durante un accidente. Siguiendo con los puntos a favor, requieren, por lo general, de muy poco mantenimiento. Tanto es así que el fabricante chino de baterías tipo VRB, Prudent Energy, indica en la especificación técnica de su producto tan sólo 10 periodos breves de mantenimiento (de 2 horas), y 3 periodos de 8 horas para toda la vida útil del producto, estimada en 90.000 horas.

Otros aspectos de operación incluyen la necesidad de periodos de precarga o “arranque” de la batería; en estado de desconexión la tensión de celda es 0 V. Estos periodos de precarga son también necesarios para habilitar el correcto funcionamiento de la electrónica de potencia asociada. Finalmente se ha de indicar que las mayores limitaciones de este tipo de baterías son: la baja energía específica, de aproximadamente 10 Wh/kg para las baterías VRB, hecho que dificulta enormemente la adopción de esta tecnología para aplicaciones no estacionarias, el elevado costo y la necesidad de llevar a cabo intensas



actividades de investigación y desarrollo para sus aplicaciones de forma acertada. Su desarrollo y comercialización está hoy mayoritariamente a cargo de tres empresas: Prudent Energy e HydraRedox para el caso de las baterías de VRB, y Redflow Limited para las de tipo ZBB.

Las baterías de flujo encuentran aplicación en sistemas modulares del orden de MW de potencia y MWh de capacidad de energía. En este sentido, se perfilan como el complemento ideal de la generación renovable.

#### *5.2.2.2. Almacenamiento electromecánico.*

##### *5.2.2.2.1. Volantes de inercia.*

Los volantes de inercia almacenan energía cinética. El sistema electromecánico que los conforma está formado por un disco de inercia, que gira mecánicamente acoplado a un servomotor. El bobinado estatórico del motor se conecta a una unidad de electrónica de potencia, que facilita la conexión e intercambio de potencia con la red eléctrica. Esta unidad permite el control de velocidad del rotor del motor y por lo tanto del disco de inercia acoplado. En estado estacionario, el sistema gira a una velocidad constante, consumiendo tan sólo la cantidad de energía eléctrica mínima para compensar las ineficiencias del sistema. El sistema aumenta la energía almacenada incrementando la velocidad de giro, y se consume potencia eléctrica de la red de forma sustancial tan sólo durante la aceleración del sistema. Contrariamente, se inyecta potencia eléctrica a la red durante una deceleración del volante de inercia.

Los volantes de inercia son hoy en día sistemas de alta tecnología. Se encuentran en el mercado sistemas de baja velocidad (miles de revoluciones por minuto) que ofrecen potencias del orden de diversos megavatios. También, se encuentran sistemas de alta velocidad (hasta 100.000 r.p.m.) alcanzando centenares de kilovatios de potencia pico. En los sistemas de baja velocidad, el disco de inercia suele ser de acero y puede girar soportado por rodamientos de bolas. Alternativamente, en los de alta velocidad el disco de inercia se fabrica de fibra de



carbono y gira soportado por rodamientos activos magnéticos. En ambos, el volante gira en una atmósfera a muy baja presión para reducir pérdidas por rozamiento mecánico y con el aire.

El diseño óptimo del volante de inercia depende de numerosos factores, entre los cuales se incluye el ámbito de aplicación. El punto de diseño óptimo se alcanza en un equilibrio entre, por ejemplo, la velocidad de giro y el material del volante; la energía almacenada aumenta con la velocidad de giro, pero también la tensión mecánica en el volante, restringiendo así los materiales elegibles para tal aplicación. Los rodamientos son los componentes de menor vida útil en el sistema de almacenamiento, tanto por los citados factores de carga, como por una gestión complicada de la temperatura de operación y lubricación, debido al encapsulado del sistema en una atmósfera de muy baja presión. El uso de rodamientos magnéticos (únicamente o en combinación con rodamientos de bolas) resuelve en parte los aspectos anteriormente citados.

En definitiva, y en términos generales, se puede concluir que la capacidad de almacenamiento de los volantes de inercia es reducida (tan sólo ofrecen su potencia nominal durante pocos segundos o minutos, según la velocidad de giro), y la tasa de autodescarga es considerable, pudiendo quedar totalmente descargado en un solo día sin una compensación activa de las ineficiencias propias del sistema. Por otra parte, entre las prestaciones del sistema se destaca la alta ciclabilidad (millones de ciclos) la alta eficiencia energética (90%), el corto tiempo de respuesta (milisegundos) y las elevadas rampas de potencia. Tales prestaciones configuran los volantes de inercia adecuados en diversos ámbitos de aplicación. Por ejemplo: como sistemas de respaldo en cargas críticas por periodos cortos de tiempo; como medida de eficiencia energética en vehículos eléctricos y trenes; a favor de la estabilidad de frecuencia en el sistema eléctrico de potencia (Reserva Rotante).





#### 5.2.2.2.2. Instalaciones reversibles de bombeo de agua, o “Pumped Hydro Storage” (PHS).

El principio de operación y tecnología de los sistemas PHS es ampliamente conocido. Pero cabe aclarar que existen diversas topologías de sistemas PHS: sistemas cerrados, semiabiertos y abiertos. Los sistemas cerrados constan de dos embalses artificiales, (o depósitos de agua en general) los cuales no tienen conexión con ningún río al cual evacuar o del cual abastecerse de agua. Alternativamente, los sistemas semiabiertos constan de un embalse artificial y de un depósito de agua, el cual es parte o tiene conexión con un río. Finalmente, en los sistemas abiertos ambos depósitos de agua forman parte de un río. Además de los citados sistemas, existen otras topologías como aquellas en las que el embalse inferior es directamente el mar. Otras propuestas piloto, revolucionan el diseño clásico de PHS, prescindiendo de la diferencia de altura entre los embalses o depósitos de agua superior e inferior.

En términos generales, los sistemas PHS tienen una gran capacidad de potencia (hasta cientos de megavatios) y de energía (cientos/miles de megavatios hora), presentan una gran madurez tecnológica y extensa vida útil (hasta los 50 años), y ofrecen elevadas rampas de potencia con una rapidez de respuesta remarcable. Los aspectos anteriormente indicados son algunos de los grandes baluartes de esta tecnología. Entre las principales barreras al despliegue de estos sistemas de almacenamiento, es necesario remarcar aspectos medioambientales tales como: i) la necesidad de llevar a cabo importantes obras civiles para, por ejemplo, la construcción de embalses o grandes depósitos de agua, con la consecuente alteración del entorno; ii) la necesidad de planear redes de transporte eléctrico desde la localización del almacenamiento a las zonas de consumo; iii) la escasez de localizaciones geográficamente adecuadas (con suficiente altura entre los depósitos de agua superior e inferior para el turbinado y bombeo de agua).



La generación hidroeléctrica y el almacenamiento de energía en instalaciones de bombeo, son sistemas ampliamente utilizados para la compensación entre la demanda y generación horaria en el sistema eléctrico de potencia.

5.2.2.2.3. Sistemas de almacenamiento basados en aire comprimido, o “Compressed-Air Energy Storage” (CAES).

Los sistemas CAES consumen energía eléctrica de la red para comprimir aire y almacenarlo a presiones de hasta 100 bares a temperatura ambiente en, normalmente, cuevas subterráneas. Cuando se requiere inyectar energía a la red eléctrica, la energía potencial del aire comprimido se transforma en energía mecánica en un grupo de turbinas de alta y baja presión, cuyo eje acciona un generador eléctrico conectado a red. A fin de aumentar la eficiencia del sistema, el aire comprimido se enriquece con gas natural, y esta mezcla combustiona previo paso por el grupo de turbinado. Además, la energía térmica residual del aire a la salida del grupo de turbinado se utiliza en un recuperador o intercambiador para precalentar el aire almacenado. Así, el principio de operación de los sistemas CAES es similar al de los generadores eléctricos de gas natural. No obstante, el consumo de gas natural en sistemas CAES resulta un 40% menor que el consumo de generadores eléctricos de gas natural.

A pesar de la madurez tecnológica de los componentes que conforman un sistema CAES, en la actualidad hay muy pocos sistemas a gran escala en operación en los sistemas eléctricos de potencia mundial (tan solo 15 proyectos). Las potencias instaladas de estos proyectos van desde los 80 kW hasta los 321 MW, con una capacidad de almacenamiento de energía muy variable, configurando sistemas con tiempos de descarga a potencia nominal de tan sólo 45 minutos, hasta las 250 horas. De esta manera, los sistemas CAES pueden considerarse competidores, en términos de capacidad de potencia y energía, con los sistemas PHS. No obstante, el nivel de implantación de los primeros, es mucho menor al bombeo de agua.

Uno de los motivos por los cuales se explica el escaso desarrollo de sistemas CAES a nivel mundial, es la dificultad de encontrar emplazamientos subterráneos naturales, como formaciones rocosas porosas, acuíferos o pozos de gas vacíos, con las condiciones geológicas adecuadas para el almacenamiento de aire comprimido.

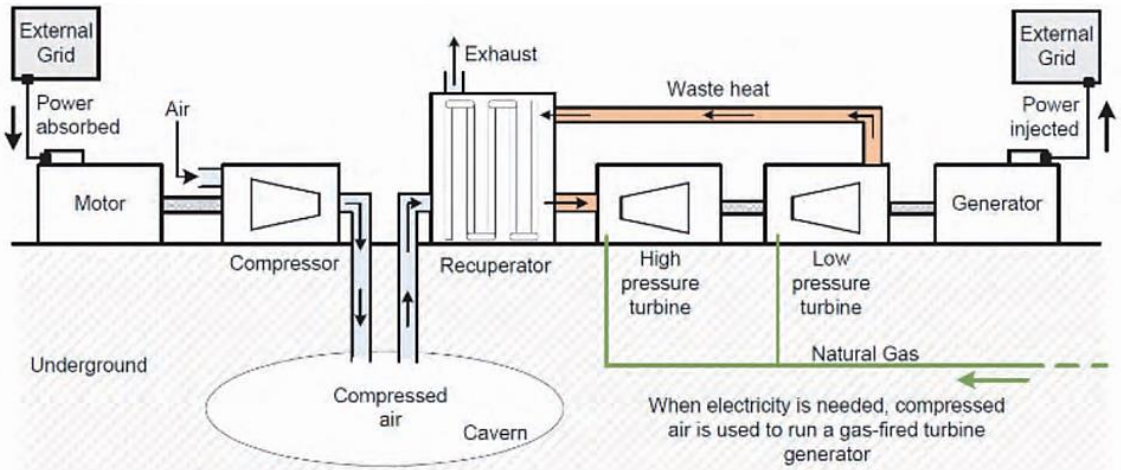


Figura 5. Sistema de almacenamiento basado en aire comprimido.

### 5.2.2.3. Almacenamiento electroestático.

#### 5.2.2.3.1. Supercapacitores.

A pesar de compartir una estructura de celda electroquímica similar, el principio de operación de las baterías y de los supercondensadores es totalmente diferente. La principal diferencia se encuentra en el hecho de que, en las baterías, la tensión de celda proviene de reacciones químicas entre las especies electroquímicamente activas de cátodo y ánodo. Sin embargo, en los supercondensadores, no se producen reacciones químicas, sino que la energía proviene de campos electroestáticos en la celda.

La capacidad de almacenamiento de energía de un supercondensador depende de dos factores: la capacidad (que puede alcanzar el orden de centenares de Faradios) y el cuadrado de la tensión de celda. Con el objetivo de maximizar la capacidad de almacenamiento, una de las principales líneas de investigación actualmente se centra en maximizar la tensión de celda, la cual depende directamente de la tensión de ruptura del dieléctrico. Entre los dos principales



tipos de dieléctricos, los de tipo acuoso proveen una tensión de celda de 1,0 V aproximadamente, mientras que los de tipo orgánico alcanzan los 2,5 V. Otra línea principal de investigación se centra en la búsqueda de materiales para electrodos. En este sentido se buscan materiales con una gran porosidad, a fin de maximizar el área efectiva de los electrodos, área en la cual acoger el mayor número posible cargas eléctricas que polaricen la celda y aumenten la capacidad de la misma.

Los sistemas comerciales actualmente cuentan con celdas capaces de proveer hasta 350 F de capacidad y 2,6 V, y por lo tanto alcanzando los 0,35 Wh. Estas celdas pueden ser conectadas en serie hasta alcanzar centenares de voltios de tensión de salida, facilitando su conexión y operación por inversores comerciales de electrónica de potencia. Las mayores ventajas de esta tecnología son: i) gran ciclabilidad (hasta decenas o centenares de miles de ciclos al 100% de descarga); ii) rapidez de respuesta y elevadas rampas de potencia; iii) gran modularidad; iv) gran potencia específica (del orden de 2.200 W/kg (Maxwell Inc., 2015)), lo que confiere estos sistemas como muy adecuados para aplicaciones móviles en las que peso y tamaño son restricciones fundamentales. Estas características definen a los supercondensadores como competidores tecnológicos de los volantes de inercia.

#### *5.2.2.4. Almacenamiento termoeléctrico.*

En general, los sistemas de almacenamiento térmico almacenan energía para suplir, cuando sea necesario, demandas térmicas en edificios o procesos industriales (por ejemplo, la calefacción o el ACS), pero también como medio para generar electricidad. Es éste un ámbito de conocimiento muy extenso, en el que, de forma concisa, se puede construir un amplio catálogo de tecnologías atendiendo a las transformaciones o cambios de estado, que sufre el material o medio de almacenamiento de energía durante la carga y descarga del sistema. En este sentido, se pueden definir sistemas de almacenamiento basados en calor sensible (cambios de temperatura), en calor latente (cambios de fase), y aquellos basados en reacciones termo-químicas.



En lo que sigue, este apartado trata los sistemas termoeléctricos, es decir, aquellos en los que, de forma reversible, se gestiona una reserva de energía térmica con el fin de generar o consumir electricidad. En el sistema eléctrico de potencia, los sistemas termoeléctricos más habituales son aquellos basados en calor sensible. Estos sistemas, baratos y tecnológicamente maduros, se basan en los cambios de temperatura de agua, sales fundidas o rocas, entre otros medios. La capacidad de almacenamiento del sistema es directamente proporcional al calor específico del medio.

El uso de las sales fundidas en centrales termosolares es una práctica extendida actualmente. Constituye, además, uno de los ejemplos más claros de la aplicación del almacenamiento termoeléctrico para la optimización de sistemas de generación eléctrica. En una planta termosolar, durante el día los colectores solares calientan un fluido de transferencia de calor, el cual suele ser un aceite sintético de alta temperatura (la temperatura de trabajo suele ser entre los 300°C y 400°C). Este aceite intercambia su calor con sales frías en un tanque (sales que se encuentran a una temperatura mínima de operación de alrededor 288°C en estado líquido). Al mismo tiempo, parte del aceite caliente se usa para generar vapor, el cual se turbiniza y mueve el rotor de un generador eléctrico, que inyecta potencia a la red. Durante la noche, la planta termoeléctrica extiende su aportación eléctrica utilizando el calor almacenado en las sales fundidas, las cuales fueron calentadas durante el día. Estas sales intercambian calor con el aceite sintético, que a su vez genera vapor de agua para turbinizar y activar el generador eléctrico.

Uno de los retos tecnológicos del almacenamiento en sales fundidas es la inestabilidad térmica de las mismas a altas temperaturas, pudiendo provocar incluso su combustión.

En el mundo se cuentan numerosos sistemas de plantas termosolares con sales fundidas. Son todas estas, generalmente, plantas de generación en el rango de decenas o centenares de megavatios de potencia. La capacidad de energía de las sales fundidas, es tal que permite extender la generación a potencia nominal de la planta durante varias horas. La planta termosolar de mayor potencia actualmente, equipada con sales fundidas es la planta

instalada por Abengoa, en Gila Bend (Arizona, EU). Esta planta, con una extensión de 777 hectáreas, proporciona 250 MW eléctricos de potencia pico, suministrando así energía a unas 91.000 viviendas. El sistema de sales fundidas, tiene capacidad para proporcionar la potencia nominal durante 6 horas, durante periodos nocturnos.

### 5.2.3. Sistema de Conversión de Potencia (PCS).

Las tecnologías de almacenamiento presentadas anteriormente requieren de sistemas de conversión de potencia para facilitar el intercambio energético con la red eléctrica a la cual son conectados. Estos sistemas de conversión de potencia presentan estructuras heterogéneas, atendiendo a diversos requerimientos de diseño como modularidad/escalabilidad, controlabilidad, eficiencia, costo y protección ante eventualidades, entre otros. Tales prestaciones pueden ser provistas por sistemas de conversión basados en electrónica de potencia, ya que pueden cumplir con creces todos los requerimientos, es por ello que la electrónica de potencia resulta una tecnología fundamental para la conexión a red de los sistemas de almacenamiento de energía.

El PCS normalmente es una envolvente con múltiples equipos en su interior, aunque también pueden estar separados dependiendo del fabricante. Un PCS se compone de los siguientes elementos:

#### 5.2.3.1. Inversor

El inversor CC/CA permite la conexión de las baterías, que operan en corriente continua, con la red eléctrica por la que circula corriente alterna. Permitiendo así el flujo de energía en los dos sentidos para la carga y descarga de las baterías. Una característica importante de los inversores en este tipo de sistemas, es que aceptan tensiones de entrada en el lado de continua dentro de un determinado rango mientras que la tensión de salida en alterna es un valor fijo, pero generalmente modificable en magnitud. Esta característica es necesaria, puesto que el voltaje en el lado de las baterías depende del estado de carga de las mismas. Lo

más común es que usen en la electrónica de potencia transistores IGBT, para una mejor modulación PWM.

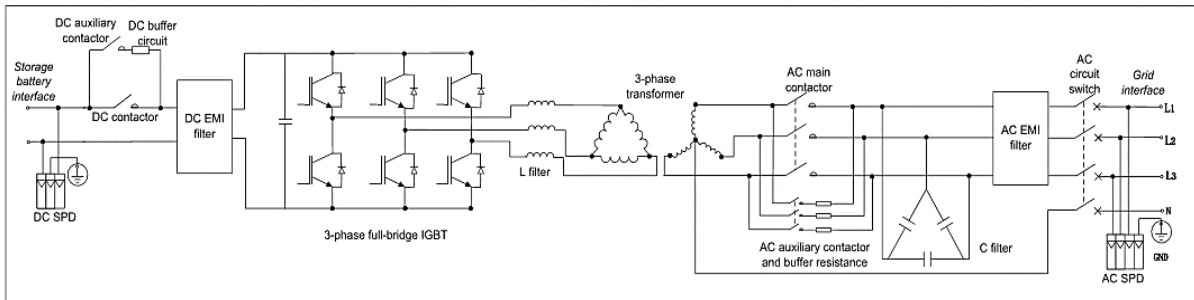


Figura 6. Diagrama esquemático de un inversor.

#### 5.2.3.2. Transformador.

Es ciertas ocasiones es necesario un transformador de potencia para elevar la tensión a la salida del inversor y realizar la interconexión con la red eléctrica, pero puede darse que algunos PCS se conecten directamente en paralelo con la red sin necesidad de transformadores de potencia intermedios.

Cabe destacar también que un mismo controlador de potencia puede que se comercialice en algunos mercados con transformador de potencia y en otros no, con el solo hecho de cumplir con las reglamentaciones vigentes en el lugar de aplicación.

#### 5.2.3.3. Protecciones CA y CC.

Engloba interruptores, transformadores de medida y relés que se encargan de proteger al sistema cuando se detecta alguna anomalía, tanto en el lado de corriente alterna como de corriente continua.

#### 5.2.3.4. Battery management system (BMS).

Es un componente esencial del BESS en conjunto, ya que realiza las funciones de control del estado del sistema y permite la comunicación con otros sistemas. Se encarga de medir algunos parámetros de las baterías, como la tensión, temperatura, estado de carga y además enviar las órdenes necesarias para que el sistema opere correctamente. Cada rack (arreglo



serie-paralelo de celdas) de baterías tiene su sistema BMS, que envía información para su monitorización al controlador global del BESS (EMS) para permitir el correcto funcionamiento del sistema.

#### **5.2.4. Controlador de carga y descarga (EMS).**

Este subsistema se encarga de asegurar el correcto funcionamiento integral del sistema completo. Recibe señales del BMS para ejecutar acciones según sea necesario, como activar las protecciones cuando se produce un defecto o controlar la temperatura del sistema. También, se encarga de las comunicaciones con otros sistemas ajenos al BESS, que en el caso en estudio se comunicará con el sistema SCADA de ENERSA. Cuenta además con una interfaz gráfica que permite a los encargados de operar el sistema visualizar todos los parámetros importantes y poder ejecutar acciones manualmente a través de él, entre otras cosas.

### **5.3. Principales funciones de los sistemas de almacenamiento**

Los sistemas de almacenamiento son muy versátiles, pudiendo cumplir diversas funciones según su ubicación en la red, su tipología y su tamaño. A continuación, detallamos las principales funciones que puede desarrollar un BESS:

#### **5.3.1. Nivelación de la curva de carga (Load leveling).**

La nivelación de carga suele involucrar almacenamiento de energía durante períodos de poca demanda (valle) en el sistema y de entrega de energía en periodos donde la demanda es alta (punta). Desde el punto de vista de la generación, durante estos períodos de alta demanda, el sistema BESS suministra potencia, reduciendo la carga de las centrales generadoras más costosas, permitiendo un ahorro; también desde el punto de vista de la distribución y transmisión puede verse este transporte de la energía en el tiempo, como una descongestión necesaria de ciertas líneas y redes que puedan llegar a estar fuera de los límites operativos óptimos en los momentos de alta demanda. Esto permite posponer inversiones



de todo tipo, desde nuevas centrales de generación para aumentar la capacidad del sistema, la realización de nuevas líneas y ET/SET, etc.

En la siguiente figura se puede apreciar los momentos de carga y descarga del sistema de almacenamiento y como esto impacta en la nivelación de la potencia de la carga.

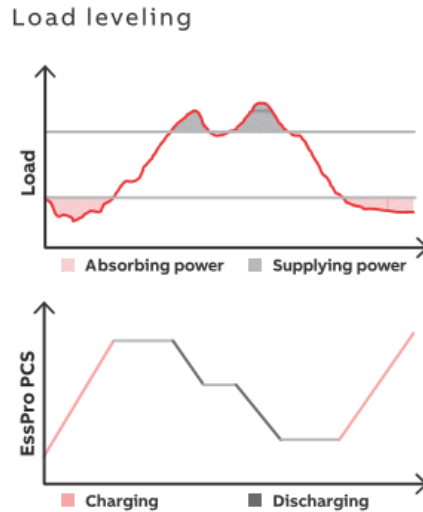


Figura 7. Nivelación de la curva de carga.

En referencia al aplazamiento de inversiones en ampliaciones del sistema, puede pensarse por ejemplo en las subestaciones de distribución o del sistema de transmisión, en las cuales los transformadores deben cumplir con el criterio técnico N-1. Es decir, cuando uno de los transformadores está fuera de servicio el otro debe ser capaz de operar toda la carga. Si la carga sobrepasa la capacidad máxima del transformador, se debería expandir la subestación añadiendo otro equipo. Esta solución, ineficiente desde el punto de vista económico, puede ser aplazada con el uso de sistemas de almacenamiento de energía, una forma que permite seguir operando los transformadores existentes durante algún tiempo más. Esta solución consiste en colocar en el lado de distribución sistemas de almacenamiento que puedan inyectar energía durante los picos de demanda que eventualmente sobrepasarían la capacidad de los transformadores. De esta forma se aplaza la inversión de transformadores nuevos por algunos años, y eventualmente cuando ello ocurriera, se podrían reutilizar los sistemas de almacenamiento en otra subestación que presente el mismo problema.

### 5.3.2. Seguimiento de carga.

Permite utilizar el sistema de almacenamiento como filtro o amortiguación, absorbiendo o inyectando energía para equilibrar las variaciones entre generación y consumo en intervalos cortos de tiempo. Funciona como Reserva Rotante Operativa<sup>1</sup>, garantizando la operatividad del sistema eléctrico y la capacidad de respuesta rápida ante una contingencia en el sistema de transporte o el parque generador.

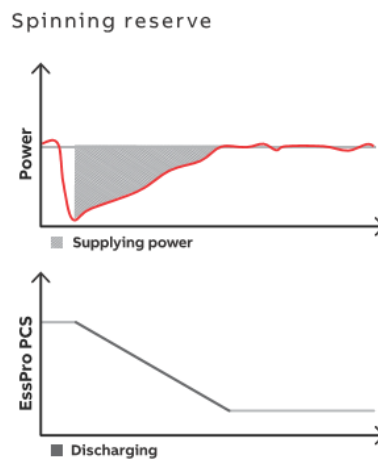


Figura 8. Seguimiento de carga.

### 5.3.3. Control de reservas activas.

Esta funcionalidad es muy próxima a la anterior, aunque la diferencia consiste en que el operador de la red activa el almacenamiento para compensar las diferencias entre la generación programada y el consumo real para asegurar la calidad de red. Podría compararse con la *Reserva Fría*<sup>2</sup>.

### 5.3.4. Mejora de la calidad de producto técnico.

Reducción de perturbaciones en la red (fluctuaciones e intermitencias), suavizando los efectos de las oscilaciones (flickers) y/o caídas de tensión. Esto proporciona robustez, ya que refuerza la estabilidad frente a transitorios, asegurando la consistencia de la tensión y

<sup>1</sup>Anexo 36, Los Procedimientos, CAMMESA; 2014.

<sup>2</sup> Anexo 36, Los Procedimientos, CAMMESA; 2014.

amortiguando cualquier oscilación de potencia. El elemento de almacenamiento puede ser utilizado para dar la forma de onda, para compensar potencia reactiva, entre otras. Además, conviene observar que esta funcionalidad requiere tiempos de respuesta muy rápidos, desde pocos milisegundos a segundos, con diferentes duraciones en su suministro, lo que define una amplia diferenciación entre los distintos sistemas de almacenamiento, con lo cual se debe pensar muy bien la solución a emplear en función del problema existente.

### 5.3.5. Gestión de la demanda.

El uso de sistemas de almacenamiento a nivel de usuario de la red, permite minimizar el costo de la energía o incluso obtener ganancias comprando energía fuera de los picos de consumo y gestionándolas de la forma más eficiente posible.

### 5.3.6. Mitigación de la intermitencia.

Utilizando sistemas de almacenamiento para facilitar el uso de las fuentes renovables, tales como la energía fotovoltaica y la eólica. El almacenamiento de la energía permite disminuir el impacto de su variabilidad sobre la red eléctrica. Además, le permite a este tipo de generadores renovables poder ofrecer potencia firme por un tiempo prudencial al sistema de potencia, si bien en argentina esto no es un requisito obligatorio para tales generadores, sí suele serlo en otros países.

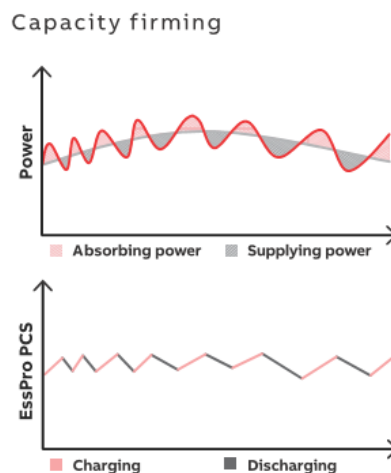


Figura 9. Mitigación de la intermitencia.

### 5.3.7. Recorte de picos (Peak Shaving).

Es un uso similar al nivelado de carga, pero su propósito es reducir el pico de demanda más que conseguir una gestión económica de la energía. El objetivo es evitar la instalación de más capacidad de generación y/o transporte para suministrar energía en los picos de demandas. Estas instalaciones suelen ser propiedad de grandes consumidores o empresas de distribución eléctricas. Entre los principales beneficios se destacan:

- La factura eléctrica de los clientes se ve reducida gracias a que la potencia pico demandada es menor, a la consumida por la instalación.
- Las empresas generadoras reducen el coste de generar energía durante las puntas de demandas.
- Desde el punto de vista de los distribuidores y transportistas, la inversión en infraestructura se ve reducida, puesto que la demanda de las cargas es más plana y los picos de demanda para las cuales se diseña el sistema son más pequeños.

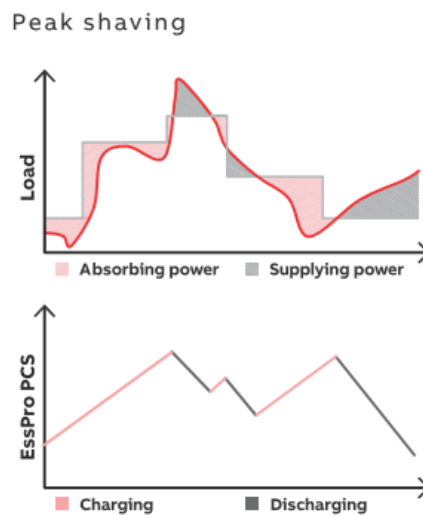


Figura 10. Recorte de picos.

### 5.3.8. Mejora de la calidad de servicio técnico.

Otra funcionalidad importante sería la seguridad de suministro ante emergencias, interrupciones de corta y media duración con el objetivo de mantener un muy alto nivel de fiabilidad respecto al consumidor. Esto se logra debido a que los sistemas de almacenamiento

tienen la posibilidad de trabajar en paralelo con la red o en modo aislado ante los requerimientos del sistema cuando se produce una pérdida de la misma.

También viene creciendo cada vez más la implementación de los sistemas modulares de almacenamiento en las centrales eléctricas convencionales (ciclo combinado, Hidroeléctricas, etc.) para abastecer los sistemas auxiliares de la central ante colapsos del sistema interconectado o por cualquier otro motivo. Así por ejemplo los BESS permiten el arranque en negro (black start) de estas centrales generadoras, cosa que hoy en día se logra en la mayoría de estas centrales por medio de grupos generadores diésel que requieren una operación y mantenimiento mucho más costosos y complejos que los sistemas de almacenamiento.

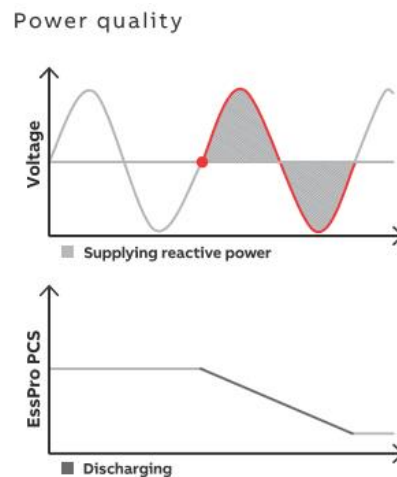


Figura 11. Mejora de la calidad del servicio técnico.

#### 5.4. Antecedentes de empleo de sistemas de almacenamiento electroquímico.

En la actualidad existen más de 944 proyectos ya en operación en todo el mundo, teniendo en cuenta todos los tipos de tecnologías descritas anteriormente, que en su totalidad suman una potencia de 145 GW. Además de aquellos en operación, se sabe que a la fecha hay al menos 400 en proceso de desarrollo, que sumarían en su conjunto 28,3 GW a los ya disponibles.

De todos los sistemas de almacenamiento en construcción a nivel mundial, en cantidad los del tipo de Bombeo Hidráulico abarcan aproximadamente el 92% de la potencia a instalar,

seguido por los sistemas de almacenamiento térmico con una participación del 5% y más atrás los siguen los del tipo electroquímico con el 1,2% del total. La gran participación de las tecnologías de bombeo y de almacenamiento térmico, que agrupan casi el total de la participación entre los proyectos, se debe básicamente a la madurez tecnológica de las mismas, las cuales llevan décadas presentes en el mercado industrial y el segundo es que ambas tecnologías son las más adecuadas económicamente para almacenar grandes cantidades de energía.

Cabe destacar que los sistemas de almacenamiento del tipo electroquímico, si bien tiene una pequeña participación en cuanto a cantidad de proyectos a nivel mundial, son los sistemas que mayor crecimiento han tenido en los últimos años y los que mayor proyección de crecimiento tienen, como puede observarse en la siguiente figura, donde son excluidas las centrales de bombeo:

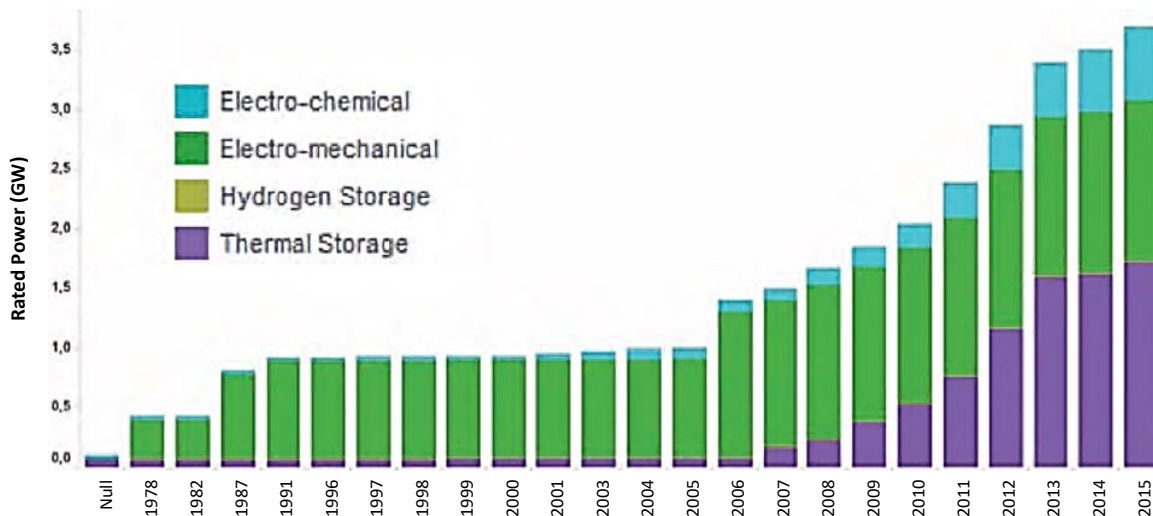


Figura 12. Potencia instalada por tipo de tecnología de almacenamiento (excluyendo centrales de bombeo).

En la actualidad, los sistemas de almacenamiento electroquímico ocupan alrededor del 40% de participación en cuanto a la implementación en redes secundarias de distribución (Baja y media tensión hasta 15 kV). Esto básicamente se debe a la flexibilidad de operación que estos sistemas presentan, la densidad energética, la modularidad y escalabilidad, destacándose en estos aspectos las baterías en base a Litio, alcalinas (NiCd) y las de sales



fundidas (NaS). A continuación, se enumeran algunos antecedentes exitosos de utilización de esta tecnología.

#### **5.4.1. Sistema de almacenamiento de 31,5 MW en Marseilles, Illinois.**

Fue el proyecto de almacenamiento más grande de Estados Unidos hasta el 2015. Está ubicado a unos 130 kilómetros al sur de Chicago donde se localiza un parque eólico de 210 MW, otro de generación solar de 20 MW y una unidad de almacenamiento de 1.5 MW instalada en 2012. El sistema de almacenamiento de 31,5 MW de los que 12.08 MWh están basados en la tecnología Ion-Litio-Fosfato tiene primordialmente funciones de control de frecuencia, debido a la variabilidad de la generación renovable instalada en el lugar. Gracias al éxito conseguido con la primera unidad de 1,5 MW instalada en el 2012, es que se optó por incrementar la capacidad de almacenamiento para seguir optimizando los servicios de control rápido de la frecuencia.

Su conexión tiene lugar en la misma subestación a la que conectan las fuentes de energía eólica y solar de la zona, minimizando así el coste económico del proyecto, el cual consta de 18 contenedores de 8 pies de altura. Uno de los retos más destacados de dicho proyecto fue el adecuado ajuste del sistema de comunicaciones entre los 18 módulos con sus correspondientes baterías e inversores para un control óptimo.

#### **5.4.2. Sistema de almacenamiento de baterías NaS en Presidio, Texas.**

Se trata de un sistema de baterías Sodio-Azufre de 4 MW / 32 MWh instalado en 2010 como apoyo a la ciudad de Presidio en Texas, alimentada por una línea de alta tensión radial en T de 69 kV y 100 kilómetros de longitud. Esta instalación, además de garantizar la continuidad en el suministro durante 8 horas en caso de pérdida de la única línea de abastecimiento, o incluso durante labores de mantenimiento de la misma, ha permitido posponer la inversión en nuevas líneas de transporte, además de aportar beneficios en relación a la calidad y fiabilidad de la señal eléctrica suministrada gracias a la rápida actuación de la batería.



Hay que tener en cuenta que las características de la alimentación a dicha ciudad, con una única línea de más de 50 años en servicio, propiciaba numerosas interrupciones en el suministro a las que se sumaban la elevada frecuencia de tormentas eléctricas que se producen en la zona (cerca de la frontera con México). A modo de ejemplo, entre 2001 y 2006 hubo 247 cortes de suministro, teniendo nueve de ellos una interrupción en el servicio de más de 6,8 horas de media. Además, entre el 8 de julio y el 8 de septiembre de 2007 se registraron 81 sucesos con un muy pobre valor de tensión. En el día de su implementación fue la primera batería en EEUU de esta tecnología y la más grande.

#### **5.4.3. Metlakatla Power and Light, Alaska.**

Este sistema de almacenamiento se encuentra en un sistema eléctrico aislado, operativo desde 1997 y actualizado en 2008 (después de más de 11 años de operación, por encima de su vida útil inicial fijada de antemano en 8 años), consta de una batería de Plomo de 1 MW de potencia y con capacidad para suministrar esa potencia durante 1 hora y 24 minutos. Está conectado al nivel de tensión de 12,47 kV en un sistema de potencia donde la generación de energía fundamental procede de dos unidades hidráulicas de 4,9 MW y un grupo diésel de 3,3 MW.

El sistema se instaló en una pequeña ciudad de Alaska de 1000 habitantes y con dos grandes consumos procedentes de una fábrica de conservas en frío y un gran aserradero. El objetivo fundamental del sistema de almacenamiento era buscar una fuente de generación rápida cuando el consumo industrial se disparaba y absorber los excesos de producción procedentes de la generación hidráulica, y que permitiera que ésta trabajara en un régimen de funcionamiento más estable. Así, es capaz de soportar cargas continuas de 800 kVA y puntas de carga de hasta 1200 kVA. Supuso por entonces una inversión de 1,6 millones de euros.

Aún en operación, existen numerosos datos del sistema que avalan el beneficio técnico y económico global resultante de la instalación del sistema de almacenamiento. Por ejemplo,



hasta 2008 se registró un ahorro total de más de seis millones y medio de dólares desde su instalación. Desde el punto de vista medio ambiental supuso evitar el consumo de más de 5,3 millones de litros de diésel, así como la contaminación producida por la combustión del mismo. Es importante destacar su funcionamiento continuo durante todo el año, así como un régimen de operación en el que se mantiene su SOC entre un 50% y un 80%, lo cual asegura una larga vida útil del sistema.

#### **5.4.4. Almacenamiento en la subestación de Rise Carr en Darlington, UK.**

Sistema de almacenamiento construido en 2013 y de 2.5 MW / 5 MWh, basado en baterías de Ión-Litio y conectado en el lado de 6 kV de una subestación de 6/33 kV. De la barra de 6 kV parten líneas de media tensión que alimentan una zona con más de 9.900 consumidores residenciales.

El transformador 33/6 kV de la SET posee un cambiador automático de tomas para la regulación de tensión, por lo cual el sistema de almacenamiento se opera de forma coordinada con dicho transformador, buscando optimizar el control de tensiones del sistema. De esta experiencia se están reuniendo numerosos resultados, destacando hoy por hoy dos:

- El uso del sistema de almacenamiento permite aumentar la penetración de coche eléctrico y bombas de calor (parte de las denominadas tecnologías bajas en carbón).
- La mejora notable en el control de tensiones del sistema de media tensión y la evidencia en la reducción de movimientos en el cambiador de tomas automático del transformador de subestación gracias a la regulación adicional que suministra la batería.

#### **5.4.5. Programa PERMER: Proyecto Mini Red San Juan de los Quillaques – Jujuy (Argentina).**

El proyecto consiste en un cambio en la provisión de energía eléctrica en la localidad de San Juan de Quillaques, Provincia de Jujuy, a través de una planta de generación fotovoltaica con acumulación y reserva fría que reemplazará el abastecimiento mediante pequeños sistemas fotovoltaicos individuales y autónomos actualmente instalados. Este nuevo proyecto



surge por la necesidad de suministrar energía eléctrica de calidad a los 100 habitantes del lugar, al pequeño centro de salud y a la escuela la cual sufrió una ampliación reciente junto con un acondicionamiento acorde a los nuevos sistemas de manejo de la información (PC, internet, etc.).

En cuanto a la pequeña urbe cabe destacar que se encuentra a 18 km lineales de la localidad con red eléctrica más cercana (Susques), pero la distancia está tomada por sobre las montañas de la zona lo cual es un dato no menor ya que es una determinante a la hora de cotizar cualquier línea de subtransmisión.

El suministro de energía eléctrica para esta comunidad se efectuará mediante la instalación de una planta de generación fotovoltaica de 120 kWp, un grupo de generación diésel de 100 kVA de potencia nominal y de un sistema de almacenamiento de 344 kWh del tipo LiFePO<sub>4</sub>. El sistema de almacenamiento en este caso en particular está dimensionado para lograr una participación solar cercana al 99% a lo largo de todo el año en función de condiciones de demanda máxima diaria estimada e insolación diaria media, contemplando una profundidad de descarga diaria del 80%.



## 6. Marco técnico legal

### 6.1. Consideraciones generales

Al comenzar este trabajo, se contempló la posibilidad de que el uso de la tecnología de almacenamiento de energía, por ser aún reciente en la región, entrara en conflicto con el marco regulatorio eléctrico.

A fin de evaluar estos posibles inconvenientes, y considerando además, la posibilidad de que se aproveche la experiencia piloto que propone este trabajo para incorporar generación de energía a partir de fuentes renovables por parte de la empresa distribuidora, se analizó en primer lugar el Régimen nacional de energía eléctrica, cuyas leyes fundamentales son las N° 15.336 del año 1960 y N° 24.065 del año 1992, y luego el Marco regulatorio provincial, constituido fundamentalmente por las leyes provinciales N° 6.879 del año 1982 y la N° 8.916 del año 1.995.

Del estudio de ambos marcos regulatorios surge que, estrictamente, las actividades relacionadas a la distribución de energía en el territorio de la provincia de Entre Ríos quedan sujetas a la jurisdicción provincial, siendo reglamentadas entonces por el Marco regulatorio provincial y no por el Régimen nacional de energía eléctrica. No obstante, la provincia mediante diferentes leyes ha adherido a algunos preceptos específicos del Régimen nacional de energía eléctrica, así como a otras leyes del ámbito de las energías renovables. Así, por ejemplo, la Provincia de Entre Ríos, a través de la Ley Provincial 8.708 del año 1.993, adhirió a los principios tarifarios establecidos para transportistas y distribuidores de energía eléctrica, en los artículos 40° y 41° de la Ley N° 24.065, conservando la jurisdicción provincial en la materia, a los efectos de dar cumplimiento al requisito establecido por el Art. 70° de la misma ley (adhesión a los principios tarifarios), con lo cual la Provincia acepta que la distribuidoras sean agente de retención del impuesto creado por el artículo 70, a partir del cual se constituye el Fondo Nacional de la Energía Eléctrica (FNEE), que se a su vez se destina a la creación del Fondo subsidiario para compensaciones regionales de tarifas a usuarios finales y al Fondo de



desarrollo eléctrico del interior, ambos administrados por el Consejo Federal de la Energía Eléctrica (CFEE).

El Marco regulatorio provincial, al igual que El Régimen nacional de energía eléctrica, incluye una restricción a las empresas distribuidoras, por la cual dichas empresas no pueden ser propietarias de unidades de generación. Esto responde a la política de segmentación del sector eléctrico y la preferencia por la privatización en los servicios de distribución y transporte.

Por otro lado, el Artículo 5° de la ley provincial N° 8.916 define la figura del generador, considerando como tal a quien sea titular de una central eléctrica ubicada en el territorio provincial, pero se atribuye expresa y taxativamente la jurisdicción sobre la generación aislada, no así sobre la generación interconectada (en paralelo con la red), que podría, en principio, optar por la jurisdicción a la cual someterse (provincial o nacional).

En ninguno de los marcos regulatorios citados se reconoce o se establece la figura del “acumulador de energía”.

En los próximos apartados establecemos algunos lineamientos alternativos sobre cómo podría encuadrarse la implementación de las tecnologías de almacenamiento de energía, y eventualmente la generación renovable, dentro de la jurisdicción provincial, con el fin de que puedan ser utilizadas por ENERSA, en su concepción de empresa del Estado provincial, sin producir interferencias con el régimen de energía nacional.

## **6.2. Encuadre legal de las tecnologías de acumulación de energía y/o generación a partir de fuentes renovables dentro de la jurisdicción provincial**

### **6.2.1. Asimilación a generación forzada. Concepto de aislación o desvinculación parcial de un área.**

Al no existir la figura del acumulador de energía, un riesgo del proyecto es que algún organismo de regulación intente asimilar el almacenamiento de energía a una central eléctrica, en virtud de que es capaz de proporcionar energía eléctrica, una vez que el sistema



tiene cierta carga. En ese caso, ENERSA quedaría imposibilitada de usar tal equipamiento debido a la restricción que impone el marco regulatorio a las empresas distribuidoras, por cuanto no pueden ser propietarias de unidades de generación. Es claro que, bajo esta visión, sería directamente imposible que ENERSA sea titular de unidades de generación, aun siendo a partir de fuentes renovables.

El planteo que realiza este proyecto, es el de la incorporación de tecnologías de acumulación, considerando además la eventual incorporación de energía renovable, estrictamente en situaciones de abastecimiento con restricciones activas de transporte en un sistema de subtransmisión o distribución, a los efectos de optimizar el uso de las redes y permitir así el abastecimiento dentro de los parámetros de calidad exigidos. Dicho esto, la generación o la incorporación de sistemas de almacenamiento de energía propuesta en estos términos, podría asimilarse a la generación aislada, con lo cual quedaría bajo jurisdicción provincial, desarrollando el concepto de “aislación o desvinculación parcial”.

Esta interpretación, si bien es conceptualmente admisible, es algo compleja y tal vez de difícil aceptación por las contrapartes, por lo que su implementación puede encontrar muchos obstáculos.

La solución legalmente más robusta a emplear, sobre todo en la pretensión de introducir generación renovable, sería la de la creación de una nueva empresa provincial, que podría participar como generador en el Mercado Eléctrico Mayorista o bien volcar su producción al sistema eléctrico provincial, con lo cual podría someterse exclusivamente a la jurisdicción provincial.

En cuanto al almacenamiento de energía, que es de lo que se ocupa fundamentalmente este proyecto, preferimos enmarcarlo en la interpretación técnico legal que se detalla en el siguiente apartado.



### **6.2.2. Incorporación de la acumulación de energía como un nuevo tipo de equipamiento del sistema de la distribuidora.**

Actualmente, no se encuentra en el marco regulatorio provincial, mención ni restricción alguna a la posibilidad de que una distribuidora utilice tecnologías de almacenamiento de energía en su sistema de distribución. Conceptualmente, el almacenamiento es diferente a la generación de energía, por cuanto su modo de empleo no supone una variación en el consumo neto de energía del área que afecta, si se considera un período de tiempo que incluya suficientes ciclos de carga y descarga del sistema de almacenamiento. El efecto resultante de su utilización es la manipulación de la forma del perfil de carga del área afectada, sin alterar el área bajo dicha curva.

La acumulación, de acuerdo a las anteriores consideraciones, podría considerarse como una tecnología complementaria a las que habitualmente utiliza la distribuidora para llevar a cabo su fin, no tratándose, estrictamente, de unidades de generación. Se podría decir que la distribuidora, además de distribuir la energía en el espacio, incorporaría la facultad de administrarla en el tiempo, a fin de optimizar el uso de sus propias redes.

Este argumento es más simple y robusto que el desarrollado en el apartado anterior, y no debería generar conflictos con el marco regulatorio provincial, por lo que el proyecto se apoyará en esta interpretación técnica y legal de la incorporación de tecnología de almacenamiento en los sistemas de distribución de energía.



## 7. Definición del caso de estudio

### 7.1. Introducción

Los objetivos de este trabajo requieren que se realice el presupuesto de una solución de abastecimiento basada en almacenamiento y/o regulación de tensión para una localidad pequeña o aglomerados de viviendas rurales, para evaluar la factibilidad y viabilidad económica del proyecto frente a otros proyectos tales como repotenciación de elementos de la red con construcción de nuevas líneas de transmisión y subestaciones transformadoras.

A su vez, para realizar ese presupuesto será necesario un diseño de anteproyecto, lo cual requiere una previa evaluación pormenorizada de la naturaleza de los problemas de abastecimiento que originan la necesidad de la inversión. Todo esto determinará finalmente el diseño y dimensionamiento.

Para lograr una solución lo más adaptada posible a la realidad de la región, se propone realizar un estudio de caso, el cual será una prueba piloto que podrá utilizarse en otras instancias como base para analizar casos de similar envergadura, o bien podrá servir como fundamento para un estudio más general, que abarque soluciones más completas o de mayor envergadura, por ejemplo, incorporando generación renovable. Elegiremos pues una localidad pequeña de Entre Ríos, abastecida por ENERSA, en la cual exista posibilidad de congestión en el sistema de subtransmisión que la abastece, a los efectos de determinar cualitativa y cuantitativamente las deficiencias a corregir.

### 7.2. Localidad Piloto (LP)

#### 7.2.1. Selección. Confidencialidad de los datos.

Luego de algunas conversaciones con autoridades de la empresa y otros empleados de cierta experiencia, pudimos identificar algunas localidades en las que se tiene conocimiento de problemas de abastecimiento, tales como baja tensión, frecuentes cortes de servicio, etc., de las cuales tomamos las que nos parece más interesante debido a que concurren al menos



dos elementos que la vuelven atractiva a la hora de implementar tanto lo estudios previos como la posible ejecución de la prueba piloto: en primer lugar, es una localidad pequeña, con una demanda del orden de los cientos de kW, con lo cual el proyecto tendría una escala bastante acotada, lo que nos permite pensar en inversiones de poca magnitud, y en caso de existir imprevistos no estaríamos afectando el servicio en una escala en la que sea difícil de sortearlos, pero a su vez consideramos que es lo suficientemente importante como para poner a prueba la tecnología. Por otra parte, la cercanía con Paraná facilita la toma de contacto, la inspección visual, las conversaciones con vecinos del lugar y finalmente la adquisición de datos.

Por motivos de confidencialidad de los datos técnicos que vamos a manejar en adelante, ENERSA nos ha comprometido a reservar la identidad de la localidad elegida como caso de estudio, por lo que en adelante la denominaremos Localidad Piloto o “LP”. No obstante ello, daremos algunas referencias demográficas y sociales de su población, para graficar mejor las características de su demanda.

### **7.2.2. Caracterización demográfica y social.**

La Localidad Piloto, de acuerdo a una caracterización demográfica utilizada por el INDEC, se encuadra como población rural (menos de 2.000 habitantes) y, dentro de ella como población rural aglomerada (PRA). Desde el punto de vista de la organización política, es una junta de gobierno de primera categoría (Wikipedia, 2019).

El acceso a la Localidad Piloto es de asfalto, sobre ruta provincial. Según lo referenciado por una funcionaria de la Junta de Gobierno, en la localidad habitan 2.000 personas, esto es, unas 400 familias aproximadamente (en su mayoría numerosas).

Hay dos poblaciones, también rurales, íntimamente relacionadas con Localidad Piloto, las cuales denominaremos Localidad M y localidad C: la localidad M se ubica a 7 km de la ruta provincial, con acceso de brosa, y a 13 km de LP, con acceso de tierra, en donde viven 350 personas, aproximadamente 70 familias (numerosas), y la localidad C, a 19 km de la ruta



provincial y a 16 km de LP, con un acceso de tierra, donde viven aproximadamente 180 habitantes, 35 familias.

La zona correspondiente a las tres localidades mencionadas cuenta con seis escuelas primarias, tres secundarias y una con los tres primeros años de la escuela secundaria, a saber: Escuela 1, ubicada a 3 km de ruta provincial, de enseñanza pública, nivel inicial y primario, con una matrícula de 13 alumnos (8 en nivel primario y 5 en el inicial). Escuela 2, ubicada a 10 km de ruta provincial; es de enseñanza pública, de nivel secundario con una matrícula de 40 alumnos que viven en las cercanías. Los días de lluvia no se dictan clases porque el acceso al lugar es de brosa y en ciertos lugares, de tierra. Escuela 3, ubicada a 7 km de ruta provincial; es de enseñanza pública, de nivel primario con una matrícula de 20 alumnos, todos de la zona de LP. Escuela 4, ubicada a 6 km de la ruta provincial, es de enseñanza privada con aportes estatales, con una matrícula de 120 alumnos. Además, tiene una extensión de los tres primeros años del nivel secundario (1°, 2°, 3°) donde concurren 50 alumnos. Escuela 5, ubicada en localidad C, a 20 km de ruta provincial; es de enseñanza pública con una matrícula de 20 alumnos, estos niños son de la zona y también cuenta con un comedor. Escuela 6, ubicada en localidad M, a 10 km de ruta provincial, siendo escuela NINA (jornada extendida) con enseñanza pública, con una matrícula de 50 alumnos. Escuela 7, ubicada en LP, a 3 km de ruta provincial; es de enseñanza pública de nivel secundario, los 60 alumnos que conforman la matrícula son de toda la zona de LP, localidad M y zonas aledañas. Escuela 8, secundaria para adultos, se encuentra funcionando en el Centro Integrador Comunitario de LP, es de enseñanza pública y tiene una matrícula de 30 alumnos, mayores a 18 años, y viven en LP y sus alrededores. Escuela 9, primaria de adultos, funciona en el establecimiento de la Escuela 3, con una matrícula de 10 alumnos. Programa especial: funcional en el Centro Integrador Comunitario de LP, brinda apoyo escolar a niños de la zona, además de darles contención e integración tanto en el sistema educativo como comunitario. Estimativamente, el 60% de los alumnos que inician sus clases en el sistema educativo logran completar sus estudios

secundarios, y de los que terminan la secundaria el 20 % sigue una carrera terciaria o universitaria.

En cuanto a la situación social y económica de la población de LP, un rasgo típico es que son familias numerosas, en gran parte, con condiciones de vida precarias y de pobreza. La actividad pesquera es la predominante, y la mayoría de las familias vienen de varias generaciones de pescadores. Del total de la población, un 70 % no accede al empleo formal, siendo en su mayoría trabajadores informales, si bien algunos se encuentran inscriptos en el régimen del Monotributo Social Agropecuario. Pero lo cierto es que la actividad no tiene regulación localmente, como tampoco la comercialización de los productos derivados. Generalmente los pescadores locales recurren a acopiadores que compran el producto de forma directa, pero a un muy bajo costo, prolongando de ese modo la precariedad de la actividad y del pescador en sí.

Otra actividad que se desarrolla localmente es la cría de ganado vacuno, porcino y ovino. También existen terrenos destinados a la cosecha de frutas y verduras de estación, a baja escala, que son comercializadas y para consumo personal. Existen además artesanos y emprendedores que fabrican diversos productos que comercializan en localidades cercanas, con lo que solventan la economía familiar. Tanto estos, como los horticultores, se encuentran acompañados por técnicos de INTA y Agricultura Familiar de la Provincia que les brindan asesoramiento. No obstante, existe un margen de la población que se encuentra desempleada, sobre todo mujeres entre los 20 y 50 años.

El 80 % de la población accede a los diferentes programas sociales que se ofrecen en la localidad: Centro Integrador Comunitario (CIC), que brinda atención primaria de salud con especialidades como medicina, nutrición, psicología, ginecología odontología, enfermería, etc. En dicho Centro también se dictan clases de taller textil y folklore, y además funciona un comedor comunitario que brinda a diario merienda y cena para más de 60 niños. Casi la totalidad de las madres es asistida con programas sociales, pensiones no contributivas, etc.; un 80% de la población estudiantil accede a becas provinciales. Los habitantes en su mayoría



son beneficiarios de programas provinciales de acción social, como ser planes de vivienda, entre otros.

### **7.3. Compromiso social del proyecto.**

Si bien este estudio persigue como fin la evaluación económica de la implementación de tecnologías de almacenamiento en la red de ENERSA a los fines de minimizar las inversiones necesarias en ciertas situaciones de abastecimiento, al observar la caracterización referida en el apartado anterior, el cual describe una población con muchas carencias en cuanto a su desarrollo, este proyecto adquiere un compromiso social, por cuanto se entiende que el desarrollo social y económico está íntimamente ligado al suministro eficaz de fluido eléctrico. Como futuros profesionales de la ingeniería nos vemos obligados a actuar con responsabilidad social, y entendemos que este proyecto brindará información útil para desarrollar alternativas de abastecimiento más económicas frente a las convencionales para localidades con déficit de calidad del servicio eléctrico, las cuales podrían, en virtud de requerir menores inversiones, ejecutarse más próximamente, lo que redundaría prontamente en mayor igualdad de oportunidades para el desarrollo en nuestra región, no representando solamente un beneficio para la empresa distribuidora.



## 8. Estudio de la necesidad

### 8.1. Adquisición y procesamiento de datos

#### 8.1.1. Topología de la red de abastecimiento y situación comercial.

Habiendo definido el caso de estudio, comenzamos la tarea de revisar diagramas unifilares y geográficos disponibles en ENERSA a los efectos de ir tomando contacto con el problema que nos compete resolver. También utilizamos las herramientas Google Earth y Google Maps para tener una visión más precisa de algunas características del sistema que abastece a la Localidad Piloto. De ésta revisión surge en primer lugar que la Localidad Piloto está abastecida en forma radial a partir de una SET 33/13,2 kV, por medio de un distribuidor en 13,2 kV (y no de un alimentador) de aproximadamente 32 km de extensión entre la SET y una bifurcación o “T” (en adelante, “*nodo T*”), de la cual salen dos ramas: una de ellas a la Localidad Piloto, de aproximadamente 5 km de longitud, y el otro continúa hacia otra localidad, a la que denominaremos Localidad Q. El hecho de que el abastecimiento sea a través de un distribuidor, el cual observamos que se emplea para la distribución rural a la vera de la ruta en todo su trayecto, añade un grado de dificultad al desarrollo del proyecto, ya que la aleatoriedad de las cargas alimentadas hace que resulte difícil analizar el perfil de tensión. Más adelante veremos cómo sorteamos esta primera dificultad.

Encontramos una segunda dificultad al advertir que el distribuidor de 32 km que vincula la SET 33/13,2 kV de ENERSA con el nodo T no pertenece a ENERSA, ni pertenece a su área de concesión el territorio que atraviesa. Dicho distribuidor pertenece a una distribuidora cooperativa, que en adelante denominaremos La Cooperativa, la cual compra la energía a ENERSA en la salida de la SET, la distribuye en su área de concesión en los 32 km de extensión y en el nodo T vuelve a entregar energía a ENERSA para su distribución en la Localidad Piloto, ya que ésta pertenece al área de concesión de ENERSA.

Lo detallado anteriormente puede resumirse en el siguiente esquema:

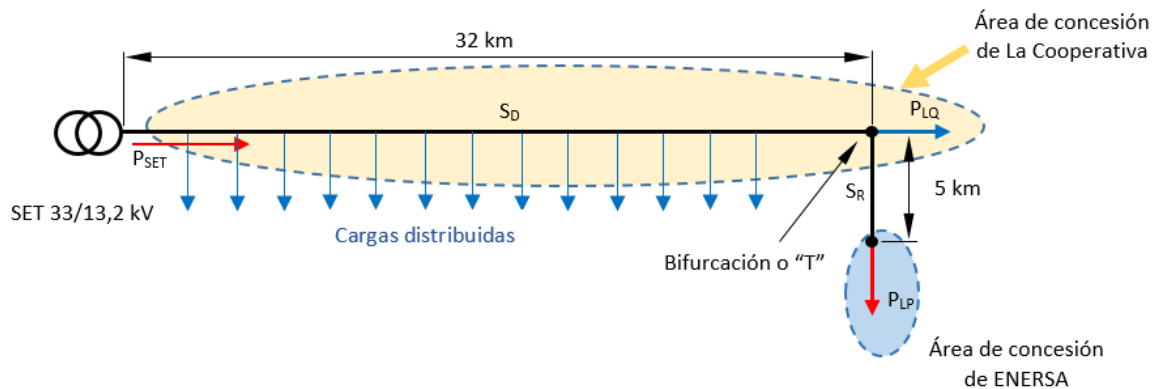


Figura 13. Red de abastecimiento de la Localidad Piloto.

### 8.1.2. Características de la SET 33/13,2 kV.

La subestación transformadora de 33/13,2 kV que abastece a la Localidad Piloto está conectada mediante dos líneas de 33 kV con dos ET 132/33/13,2 kV de ENERSA. A los fines de nuestro proyecto no influye significativamente la forma de conexión de la SET en 33 kV, por lo que nos centraremos en la descripción interna de la misma.

La SET cuenta con una barra en 33 kV y otra en 13,2 kV. La de menor tensión se alimenta con dos transformadores de potencia de 5 MVA conectados en paralelo con sus respectivas protecciones desde la barra de 33 kV. La barra de 13,2 kV actualmente cuenta con cinco campos, de los cuales uno se utiliza para conectar un banco de capacitores para compensación de potencia reactiva en la barra, otros tres son utilizados por los diferentes alimentadores de la ciudad donde se encuentra emplazada y el restante es el campo que se utiliza para la venta de energía a La Cooperativa. A este último campo se conecta el distribuidor que alimenta tanto a La Cooperativa como a la Localidad Piloto.

Especificaciones técnicas de los transformadores:

- U: 33/13,8 kV
- $S_n$ : 5 MVA
- Grupo conexión: Dyn11
- $U_{SC}$ : 6,8%



- $P_{cu}$ : 24,216 kW
- Tipo ref.: ONAN
- $T_{max}$ : 65°C
- RBC: Automático de 22 posiciones (+10/-15%)

### 8.1.3. Características de la línea de subtransmisión.

#### 8.1.3.1. Tramo D (Distribuidor) de La Cooperativa.

Es el tramo del distribuidor que se extiende entre la SET y el nodo T, propiedad de La Cooperativa.

- $U_n$ : 13,2 kV
- Tipo constructivo: coplanar horizontal
- Distancia entre fases: 0,7 m
- Distancia respecto a tierra: 9 m
- Tipo conductor: Aluminio, IRAM 63003
- Sección del conductor:  $S_D = 35 \text{ mm}^2$
- Longitud: 32 km

Efectuando un recorrido de la línea, observamos gran cantidad de postes inclinados y otros defectos detectables a simple vista, que evidencian un bajo mantenimiento por parte de la concesionaria. Estas condiciones afectan sensiblemente la confiabilidad del distribuidor.

#### 8.1.3.2. Tramo R (Rama) de ENERSA.

Es la rama del distribuidor que parte del nodo T y alimenta a la Localidad Piloto; es propiedad de ENERSA.

- $U_n$ : 13,2 kV
- Tipo constructivo: coplanar horizontal
- Distancia entre fases: 0,7 m
- Distancia respecto a tierra: 9 m
- Conductor: Aleación de aluminio, IRAM 2212
- Sección del conductor:  $S_R = 25 \text{ mm}^2$

- Longitud: 5 km

#### 8.1.4. Mediciones.

##### 8.1.4.1. Esquema de medición comercial.

Una vez identificado el sistema de abastecimiento, localizamos en el sistema comercial los dos medidores que nos permitieron realizar todos los análisis cuyos resultados presentaremos más adelante:

- Medidor A: emplazado en la SET, registra el total de energía erogada desde la barra de 13,2 kV hacia el distribuidor de La Cooperativa.
- Medidor B: emplazado en la T, de donde sale la rama que alimenta a la Localidad Piloto; el mismo registra la energía total que circula por dicha rama.

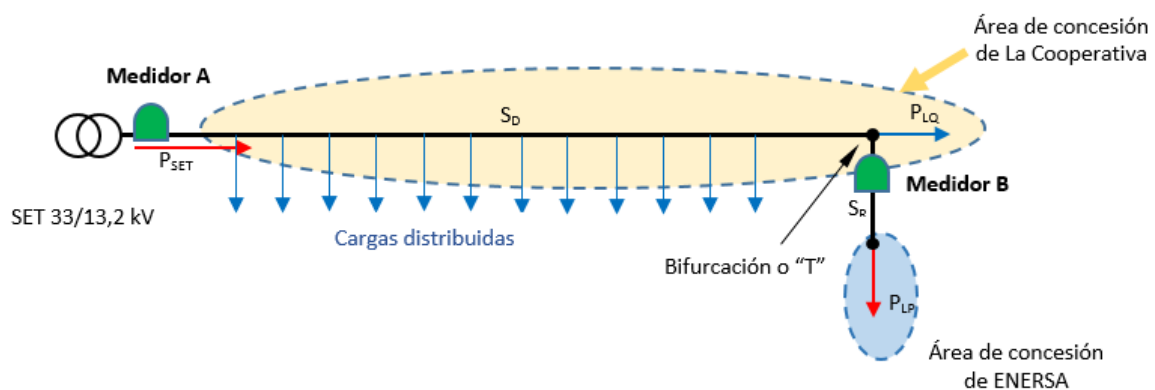


Figura 14. Esquema de medición comercial de ENERSA.

Los medidores A y B son propiedad de ENERSA, y permiten medir la energía neta intercambiada con La Cooperativa para su comercialización, la que se calcula como la diferencia entre lo registrado por el medidor A, que es lo que ingresa a su distribuidor, y lo registrado por el medidor B, que es la energía que vuelve a entregar a ENERSA aguas abajo. Dicha energía neta es la que ENERSA factura a La Cooperativa y que La Cooperativa distribuye a su vez entre sus usuarios.





#### *8.1.4.2. Medidores existentes al inicio del proyecto.*

Los medidores A y B que estaban instalados a enero de 2019, momento de nuestra toma de contacto con la situación, eran marca ABB Modelo Alpha Plus. Este tipo de medidor dispone de registros integrados de facturación múltiple tarifa, registro de eventos (tales como corte y reposición del servicio) y perfil de carga con resolución de 15 minutos con canal de energía activa y reactiva neta. Ambos medidores disponían ya de telemedición, con lo que es posible adquirir los registros a través del software de telemedición de ENERSA. Dicho software consulta a los medidores diariamente en forma automática, con lo cual los perfiles de carga se actualizan en la base de datos con esa frecuencia.

#### *8.1.4.3. Mejoras solicitadas en la medición.*

Advertimos de inmediato la conveniencia de cambiar los medidores al inicio del proyecto por otros de mayores prestaciones, por ejemplo, que sean capaces de registrar perfiles de carga de tensión y corriente, a los efectos de poder evaluar la calidad del producto disponible en la Localidad Piloto. El 4 de enero de 2019 solicitamos la mejora en los equipos de medición, y con la colaboración del personal de Mediciones, se reemplazaron los medidores existentes a mediados de febrero, con lo cual pudimos disponer de registros de las condiciones de la línea en momentos de alta sollicitación debido a la alta demanda de la temporada estival. Los nuevos medidores instalados son marca Landis&Gyr, los cuales además de registros de facturación y eventos, poseen perfil de carga de energía activa, reactiva, tensión y corriente por fase de acuerdo a la siguiente configuración de canales:

Tabla 2. Configuración de canales de perfil medidores Landis&Gyr

Canal	Parámetro registrado
1	Flags (interno del medidor)
2	Energía activa importada (+)
3	Energía reactiva importada (QI)
4	Energía activa exportada (-)
5	Energía reactiva exportada (QIII)
6	Energía reactiva (QII)
7	Energía reactiva (QIV)
8	Tensión fase 1
9	Tensión fase 2
10	Tensión fase 3
11	Corriente fase 1
12	Corriente fase 2
13	Corriente fase 3

Cada canal crea un registro cada 15 minutos de la magnitud medida en la memoria masa del medidor. La memoria masa del medidor tiene una capacidad de almacenamiento de datos del orden de los 60 días, por lo que los datos más antiguos se van desechando de la misma. Al estar estos medidores incorporados al sistema de teled medicación de ENERSA, estos perfiles se almacenan en una base de datos, por lo que es posible consultar registros históricos, no limitándonos a la capacidad de la memoria del medidor.

#### *8.1.4.4. Análisis preliminar de la información obtenida de los medidores.*

A continuación, referiremos las primeras observaciones a las que arribamos a partir del análisis de los datos de los nuevos medidores. El período de tiempo analizado comienza en la propia instalación de los medidores Landis&Gyr, es decir, desde el 19/02/2019 a las 12:00 para el medidor A y desde el 18/02/2019 a las 09:15 para el medidor B, y termina el 13/09/2019 a las 02:15, momento en que decidimos finalizar la toma de nuevos datos.

De resultar necesario, puede revisarse el archivo completo del cual se extraen los resultados que exponemos a continuación. Dicho archivo es una planilla de cálculo generada

con Microsoft Excel titulada “Modelo de la línea.xlsx” y se encuentra en la carpeta “01-Modelo de la línea” del respaldo digital de este trabajo.

#### 8.1.4.4.1. Mediciones de potencia.

Del análisis del período indicado supra, obtenemos los siguientes resultados:

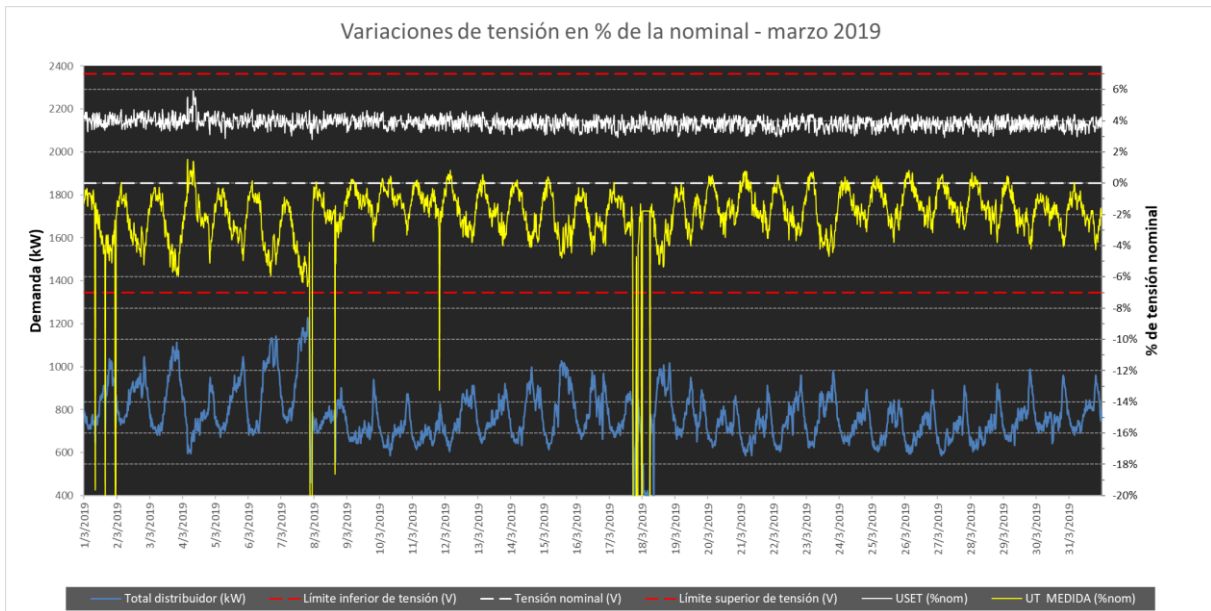
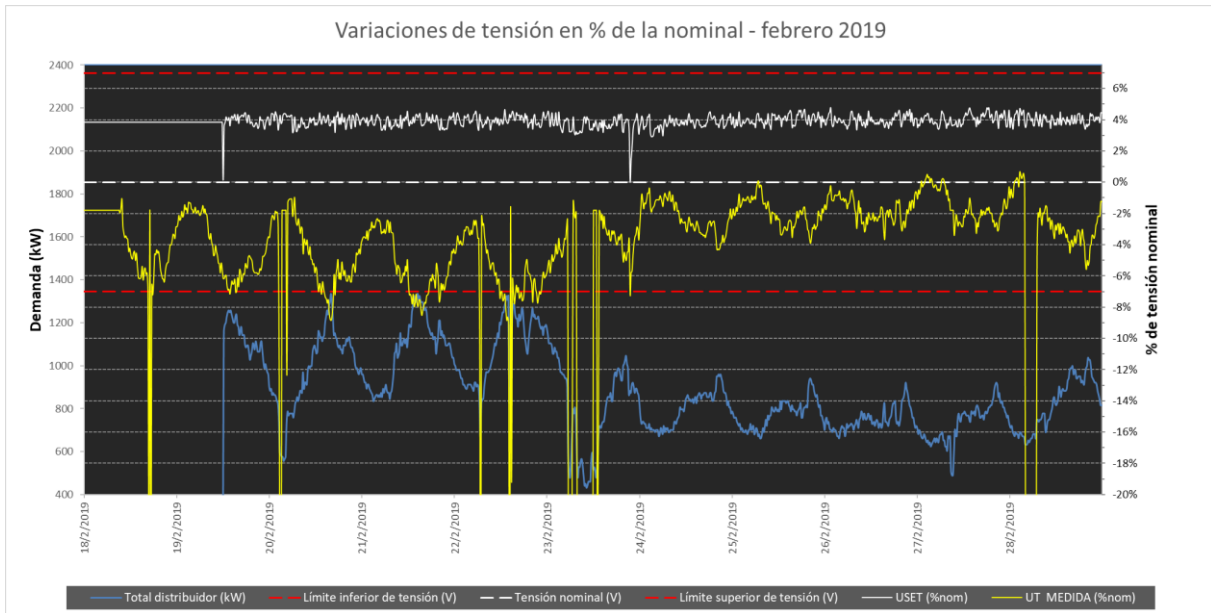
Tabla 3. Resumen de potencias máximas y medias.

Concepto	Total distribuidor (salida SET)	LP
Potencia máx. (no simultáneas)	1.334,4 kW	191,04 kW
Fecha/hora	20/02/2019 16:00	04/07/2019 19:45
Potencia media	738,8 kW	97,7 kW
Factor de carga	0,55	0,51
Participación de LP en la potencia media total del distribuidor	---	13,22 %

De los resultados obtenidos podemos inferir, dada la poca relevancia de la demanda de LP frente a las cargas alimentadas aguas arriba por el distribuidor de La Cooperativa, que la caída de tensión en el distribuidor depende muy poco de la curva de carga de la Localidad Piloto. La tensión disponible en LP, en términos prácticos, solo depende de la curva de carga agregada del distribuidor, constituida mayoritariamente por la demanda de las cargas atendidas por La Cooperativa.

#### 8.1.4.4.2. Mediciones de tensión.

A continuación, mostramos las gráficas de las tensiones del distribuidor en la salida de la SET y en el nodo T de los tres primeros meses registrados, así como los límites admisibles de tensión según el Anexo VI del Contrato de concesión de ENERSA. En el mismo gráfico, pero en escala de potencia, trazamos el perfil de carga total del distribuidor de la Cooperativa medido a la salida de la SET.



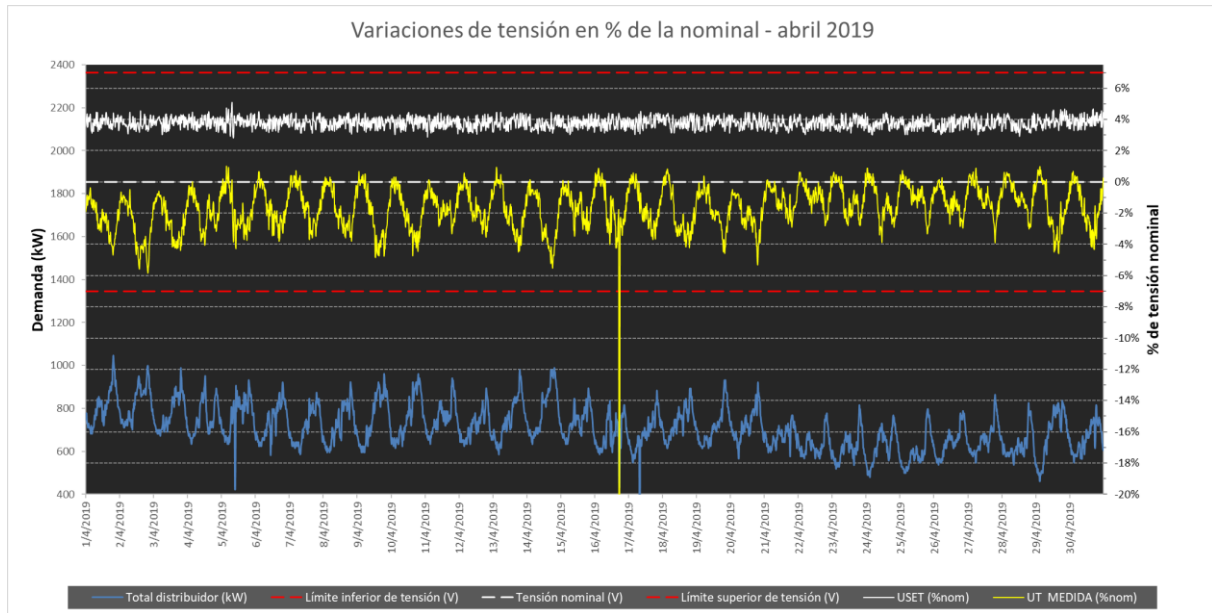


Figura 15. Tensiones medidas del distribuidor en la salida de la SET y en el punto T.

De las gráficas anteriores, podemos observar los siguientes comportamientos:

- La tensión en la salida de la SET está regulada en aproximadamente + 4 % de la nominal (13.730 V), oscilando en un pequeño margen. En ningún momento transgrede la banda de tolerancia de  $\pm 7$  % de la tensión nominal (Anexo VI – Contrato de concesión de ENERSA).
- La tensión en el nodo T tiene un comportamiento mucho más variable que la tensión en la salida de la SET, lo cual es razonable por depender prácticamente sólo de la caída de tensión provocada por las cargas alimentadas a lo largo del distribuidor. Se observa claramente, por ejemplo, en el mes de febrero, que la curva trazada es prácticamente simétrica con respecto a la curva de carga total del distribuidor. Ya habíamos anticipado este efecto al observar la baja participación de LP en la demanda agregada del distribuidor.
- Los valores de tensión en el nodo T transgreden el límite inferior de tensión de  $-7$  % de la nominal en períodos de alta demanda del distribuidor, por ejemplo, los registrados en los días 20, 21 y 22 de febrero. De acuerdo a las gráficas, los valores límite de la potencia



correspondientes a tensiones en el nodo T por debajo del 7 % están en el orden de los 1.200 kW, medidos a la salida de la SET.

- Las líneas verticales en las curvas trazadas son la primera evidencia de las interrupciones del suministro en el punto T, verificándose a su vez que dichas interrupciones no se originan en la salida de la SET, sino aguas abajo, a lo largo del distribuidor.

En resumen, se evidencia en las primeras gráficas obtenidas que el sistema de abastecimiento a la Localidad Piloto se encuentra ya restringido debido a problemas de caída de tensión en la línea en períodos de alta demanda, y que, además, sufre frecuentes interrupciones en el suministro debido a fallas en el distribuidor.

La calidad del producto entregado por ENERSA en LP está fuertemente condicionada por los consumos alimentados aguas arriba en el distribuidor, que representan la mayor parte de su demanda total.

## **8.2. Modelo de la línea de subtransmisión**

### **8.2.1. Esquema unifilar del modelo.**

A los fines de analizar el comportamiento actual y futuro de la línea en cuanto a caídas de tensión en función de las cargas, debemos en primer lugar definir un modelo que represente la naturaleza del distribuidor que abastece a la Localidad Piloto. Al tratarse de un distribuidor, tiene una gran cantidad de cargas distribuidas a lo largo de toda su extensión (32 km) y además tiene una carga adicional luego del nodo T: una de las ramas salientes, como ya mencionamos, alimenta a la Localidad Piloto (LP), y la otra rama a otra localidad que denominaremos de aquí en adelante Localidad Q (LQ). Bosquejamos el esquema unifilar correspondiente a esta topología de la siguiente manera:

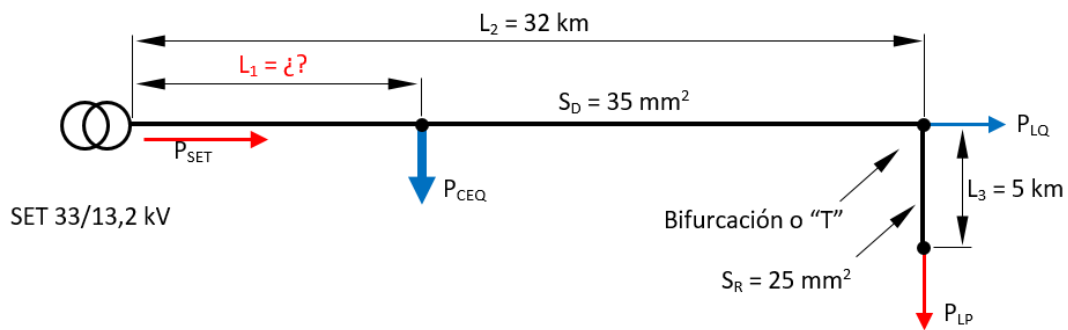


Figura 16. Esquema unifilar v. 1

Siendo

$P_{SET}$ : Potencia erogada en la SET; se mide con el medidor A mencionado anteriormente.

$P_{LP}$ : potencia demandada por la Localidad Piloto; se mide con el medidor B supra mencionado.

$P_{LQ}$ : Potencia demandada por la Localidad Q; no se dispone de medición integral en esa rama.

$P_{CEQ}$ : Potencia equivalente a la demandada de todas las cargas distribuidas a lo largo del distribuidor.

$S_D$ : sección del conductor que constituye el distribuidor,  $35 \text{ mm}^2$ .

$S_R$ : sección del conductor que constituye la rama que alimenta a la Localidad Piloto,  $25 \text{ mm}^2$ .

$L_1$ : distancia entre la SET y la carga equivalente  $P_{CEQ}$ ; a priori, desconocida.

$L_2$ : longitud del distribuidor entre la SET y el nodo T, 32 km.

$L_3$ : longitud de la rama que alimenta a la Localidad Piloto, 5 km.

### 8.2.2. Objeto del modelo.

El modelo esquematizado en el punto anterior es la base de todos los cálculos e inferencias que haremos más adelante sobre la performance del abastecimiento a la Localidad Piloto. Una vez definido, nos permitirá determinar la tensión disponible en la Localidad Piloto a partir de los perfiles de carga de los medidores A y B, esto es, con una resolución de 15 minutos, desde hace unos años atrás hasta la actualidad, y una vez realizadas las proyecciones de demanda, podremos también proyectar los niveles de tensión disponibles en el futuro.



También podremos inferir cuales son los límites de potencia operable por el distribuidor sin que las tensiones no caigan fuera de la banda de tolerancia de tensión permitida por los estándares de calidad de producto (Anexo VI del Contrato de concesión de ENERSA); por fuera de la misma, se ingresa en la zona de penalización, lo que conllevaría a ENERSA a tener que resarcir a los usuarios a través de multas impuestas por el Ente regulador de la energía de Entre Ríos (E.P.R.E.).

### 8.2.3. Expresión general aproximada de la diferencia de tensiones entre los extremos de una línea de distribución en función de las cargas y las respectivas distancias al punto de alimentación.

La expresión aproximada que estudiamos en la asignatura “Redes de distribución e instalaciones eléctricas en baja tensión”, que vincula la diferencia de tensiones en una línea inductiva de sección uniforme (línea corta, despreciando capacitancias en derivación) con las cargas conectadas y las distancias respectivas al punto de alimentación es la siguiente:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}\rho}{S} \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot i_i \cdot \cos \varphi_i) + \sqrt{3} \cdot x_L' \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot i_i \cdot \sen \varphi_i) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$\rho$ : resistividad del conductor.

$x_L'$ : reactancia inductiva de la línea por unidad de longitud.

$S$ : sección del conductor.

$l_i$ : distancia desde el punto de alimentación hasta la derivación de la carga  $i$ .

$i_i$ : corriente de la carga ubicada a la distancia  $l_i$  del punto de alimentación.

$\varphi_i$ : defasaje entre la tensión y la corriente de la carga  $i$ .

La resistencia de un conductor de sección  $S$  y longitud  $l$  está dada por:  $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$

Y la resistencia por unidad de longitud será  $r' = \frac{\rho}{S}$ , por lo tanto, reemplazando en la Ecuación

1 y extrayendo factores comunes obtenemos la siguiente expresión:



$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left[ r' \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot i_i \cdot \cos \varphi_i) + x_L' \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot i_i \cdot \sen \varphi_i) \right] \quad \text{Ecuación 2}$$

También podemos llegar a una forma expresada en función de la potencia activa en lugar de las corrientes de las cargas. La misma puede deducirse a partir de las expresiones de la potencia en sistemas trifásicos:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \therefore \quad I \cdot \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sen \varphi \quad \therefore \quad I \cdot \sen \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Incorporando estas identidades en la *Ecuación 2* obtenemos finalmente:

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \left[ r' \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot l_i) + x_L' \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot l_i) \right] \quad \text{Ecuación 3}$$

#### 8.2.4. Diferencia de tensiones en función de los parámetros del modelo.

Introduciendo los parámetros del modelo en la *Ecuación 3*, y teniendo en cuenta que el alimentador que abastece a la Localidad Piloto tiene dos tramos de diferente sección, resulta la siguiente expresión para la diferencia de tensiones desde la SET hasta la Localidad Piloto:

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{ r'_D \cdot [P_{CEQ} \cdot l_1 + (P_{LP} + P_{LQ}) \cdot l_2] + x_{L'D} \cdot [Q_{CEQ} \cdot l_1 + (Q_{LP} + Q_{LQ}) \cdot l_2] \\ + r'_R \cdot P_{LP} \cdot l_3 + x_{L'R} \cdot Q_{LP} \cdot l_3 \} \quad \text{Ecuación 4}$$

Siendo

$r'_D$ : resistencia por unidad de longitud del distribuidor (tramo entre la SET y la T).

$x_{L'D}$ : reactancia inductiva por unidad de longitud del distribuidor (tramo entre la SET y la T).

$r'_R$ : resistencia por unidad de longitud de la rama que abastece a la Localidad Piloto.

$x_{L'R}$ : reactancia inductiva por unidad de longitud de la rama que abastece a la Localidad Piloto.

$P_{CEQ}$ : Potencia activa equivalente a la demandada por todas las cargas alimentadas a lo largo del distribuidor, entre la SET y la T.

$P_{LP}$ : potencia activa demandada por la Localidad Piloto.



$P_{LQ}$ : Potencia activa demandada por la Localidad Q.

$Q_{CEQ}$ : Potencia reactiva equivalente a la demandada por todas las cargas alimentadas a lo largo del distribuidor, entre la SET y la T.

$Q_{LP}$ : potencia reactiva demandada por la Localidad Piloto.

$Q_{LQ}$ : Potencia reactiva demandada por la Localidad Q.

$l_1, l_2, l_3$ : longitudes indicadas en el esquema.

### 8.2.5. Aproximación de la expresión de la diferencia de tensiones en función de las mediciones disponibles.

Recordemos, observando el esquema unifilar y la *Ecuación 4*, que desconocemos la longitud  $l_1$ , la cual determinaría la ubicación de la carga equivalente  $P_{CEQ}$ , y no disponemos de mediciones que nos determinen los valores de potencia activa y reactiva de la demanda correspondiente a la Localidad Q, y por la misma razón, desconocemos la magnitud instantánea de la propia carga  $P_{CEQ}$ . Nuestro objetivo es entonces adecuar la *Ecuación 4* para que arroje resultados suficientemente aproximados, quedando sólo en función de las mediciones disponibles, es decir, que nos permita encontrar la diferencia de tensiones entre los extremos inicial y final del distribuidor, para luego obtener la tensión disponible en la Localidad Piloto a partir de los valores de potencia activa y reactiva registrados en los medidores A y B, a saber:  $P_{SET}$ ,  $Q_{SET}$ ,  $P_{LP}$  y  $Q_{LP}$ .

Para lograr dicho cometido, podemos deducir algunas relaciones y deberemos establecer algunas hipótesis. Por ejemplo, la primera deducción que realizamos observando los flujos instantáneos es la siguiente:

$$P_{CEQ} = P_{SET} - P_{LP} - P_{LQ} \quad \text{Ecuación 5}$$

La anterior ecuación tiene dos variables medidas,  $P_{SET}$  y  $P_{LP}$ , marcadas en rojo en el unifilar (se miden con los medidores A y B), y dos variables de las cuales no tenemos medición,  $P_{CEQ}$  y  $P_{LQ}$ , marcadas en azul, pero al menos observando los flujos podemos establecer la relación planteada en la *Ecuación 5*.

Adoptaremos la hipótesis de que la demanda instantánea de la Localidad Q es una fracción constante de la energía entregada en la SET al distribuidor. Esto es:

$$P_{LQ} = \beta \cdot P_{SET} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$Q_{LQ} = \beta \cdot Q_{SET} \quad \text{Ecuación 7}$$

Reemplazando la Ecuación 6 en la Ecuación 5 obtenemos:

$$P_{CEQ} = P_{SET} - P_{LP} - P_{LQ} = P_{SET} - P_{LP} - \beta \cdot P_{SET}$$

$$P_{CEQ} = P_{SET} \cdot (1 - \beta) - P_{LP} \quad \text{Ecuación 8}$$

Considerando igual razonamiento para la potencia reactiva:

$$Q_{CEQ} = Q_{SET} \cdot (1 - \beta) - Q_{LP} \quad \text{Ecuación 9}$$

Introduciendo las definiciones de  $P_{LQ}$ ,  $Q_{LQ}$ ,  $P_{CEQ}$  y  $Q_{CEQ}$  en función de  $P_{SET}$  y  $Q_{SET}$  según las ecuaciones anteriores en la Ecuación 4 obtenemos:

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{r'_D \cdot [P_{SET} \cdot (1 - \beta) \cdot l_1 - P_{LP} \cdot l_1 + (P_{LP} + \beta \cdot P_{SET}) \cdot l_2] + x'_L \cdot [Q_{SET} \cdot (1 - \beta) \cdot l_1 - Q_{LP} \cdot l_1 + (Q_{LP} + \beta \cdot Q_{SET}) \cdot l_2] + r'_R \cdot P_{LP} \cdot l_3 + x'_R \cdot Q_{LP} \cdot l_3\}$$

Desarrollando algunos productos y reagrupando términos:

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{r'_D \cdot [P_{SET} \cdot (1 - \beta) \cdot l_1 - P_{LP} \cdot l_1 + P_{LP} \cdot l_2 + \beta \cdot P_{SET} \cdot l_2] + x'_L \cdot [Q_{SET} \cdot (1 - \beta) \cdot l_1 - Q_{LP} \cdot l_1 + Q_{LP} \cdot l_2 + \beta \cdot Q_{SET} \cdot l_2] + r'_R \cdot P_{LP} \cdot l_3 + x'_R \cdot Q_{LP} \cdot l_3\}$$

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{r'_D \cdot [P_{SET} \cdot (l_1 - \beta \cdot l_1 + \beta \cdot l_2) + P_{LP} \cdot (l_2 - l_1)] + x'_L \cdot [Q_{SET} \cdot (l_1 - \beta \cdot l_1 + \beta \cdot l_2) + Q_{LP} \cdot (l_2 - l_1)] + r'_R \cdot P_{LP} \cdot l_3 + x'_R \cdot Q_{LP} \cdot l_3\}$$

Ecuación 10

La Ecuación 10 nos da la diferencia de tensión en la línea modelada, para el juego de variables medidas  $P_{SET}$ ,  $P_{LP}$ ,  $Q_{SET}$  y  $Q_{LP}$ , con parámetros  $\beta$ ,  $l_1$  y  $l_2$ , siendo  $\beta$  la relación constante entre la demanda de la Localidad Q con la potencia erogada en la SET al distribuidor (simultáneas entre sí). Cabe destacar que los únicos parámetros que desconocemos en la



expresión desarrollada, son  $\beta$  y  $l_1$ , indicando esta última la localización de la carga equivalente a las distribuidas a lo largo del distribuidor. En el apartado siguiente veremos cómo estimar dichos parámetros para ajustar lo mejor posible el modelo a la realidad.

### 8.2.6. Ajuste del modelo.

*8.2.6.1. Comparación de la diferencia de tensiones calculada mediante el modelo con la diferencia de tensiones obtenida de las lecturas de tensión de los medidores A y B.*

Como se detalló en el apartado 8.1.4.3, los nuevos medidores A y B instalados a partir de nuestra solicitud disponen de medición de tensión en las tres fases, con un registro del valor promedio de cada intervalo de 15 minutos, por lo que podemos determinar la diferencia *real* de tensiones en forma directa en cada momento (esta información no estaba disponible antes de la instalación de los nuevos medidores).

A los efectos de determinar los valores de  $\beta$  y  $l_1$ , haremos una simulación del modelo en Microsoft Excel, ingresando la *Ecuación 10* y calculando el resultado para cada juego de valores de  $P_{SET}$ ,  $P_{LP}$ ,  $Q_{SET}$  y  $Q_{LP}$ , ajustando los valores de  $\beta$  y  $l_1$  hasta que la diferencia de tensiones calculada con el modelo se aproxime lo suficiente a la diferencia *real* de tensiones.

*8.2.6.2. Ajuste de la resistencia del conductor en función de la temperatura.*

Como sabemos, la resistencia óhmica de un conductor varía en función de la temperatura, por lo que consideramos que la aproximación del modelo mejorará si tenemos en cuenta este fenómeno. Determinar el valor de dicha resistencia conociendo la temperatura de operación del conductor es simple, la misma puede calcularse con la siguiente expresión:

$$R_{\text{trab.}} = R_{\text{base}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{\text{cond.}} - T_{\text{base}})) \quad \text{Ecuación 11}$$

Siendo

$R_{\text{base}}$ : resistencia específica del conductor a  $T_{\text{base}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$\alpha$ : coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura (0,00402  $1/^\circ\text{C}$  para el aluminio).



La dificultad radica en que la temperatura de trabajo del conductor depende de múltiples factores climáticos, características del conductor y corriente circulante. Por ejemplo, si fuera necesario un análisis detallado del comportamiento termodinámico del conductor debería recurrirse a la norma IEEE Std. 738-2006 “Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors”, que presenta un método para calcular la relación entre la corriente y la temperatura de los conductores aéreos desnudos, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Las propiedades del material del conductor.
- Diámetro del conductor.
- Condiciones de la superficie del conductor.
- Condiciones climáticas ambientales.
- Corriente eléctrica circulante.

Interpretamos que el desarrollo que intentamos realizar no justifica la aplicación de un método tan complejo como el perfeccionado por la citada norma IEC, por lo que optamos por construir un modelo termodinámico simplificado. Para ello tomamos como base un análisis presentado en el “Catalogo general para redes de Media Tensión” de la firma Prysmian, el cual adecuamos con el agregado de algunos parámetros. Dicho modelo considera básicamente que el calor generado en el conductor por efecto Joule, junto con el calor absorbido por radiación solar, es disipado por convección con el ambiente. Las expresiones que determinan cada una de estas componentes son:

$$Q_{\text{Joule}} = R_{\text{trab.}} \cdot I^2 \text{ [W]} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$Q_{\text{rad.}} = \frac{P}{2} \cdot H \cdot \sigma \text{ [W]} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$Q_{\text{conv.}} = P \cdot h \cdot (T_{\text{cond.}} - T_{\text{amb}}) \text{ [W]} \quad \text{Ecuación 14}$$



Siendo:

I: corriente [A]

P: perímetro del conductor en m.

H: intensidad de radiación solar en  $W/m^2$  (aprox.  $900 W/m^2$  para la latitud de Entre Ríos).

h: coeficiente película del aire (aprox.  $25 W/m^2 \text{ } ^\circ C$  considerando para el verano y considerando una velocidad del viento de 3 a 5 m/s para nuestra zona).

$\sigma$ : absortividad del material (para el aluminio, entre 0.3 y 0.5).

Estas ecuaciones están expresadas en unidades específicas de longitud del conductor, por eso utilizamos el perímetro de conductor como variable y no el área externa del mismo. Si reemplazamos la *Ecuación 11* en la *Ecuación 12*, luego le sumamos la *Ecuación 13* y la igualamos con la *Ecuación 14*, obtenemos la siguiente expresión simplificada que describe el comportamiento termodinámico del conductor:

$$R_{base} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{cond.} - T_{base})) \cdot I^2 + \frac{P}{2} \cdot H \cdot \sigma = P \cdot h \cdot (T_{cond.} - T_{amb})$$

Operando algebraicamente despejamos la variable que nos interesa, que es la temperatura de equilibrio del conductor, la cual queda en función de la corriente circulante:

$$T_{cond} = \frac{I^2 \cdot R_{base} \cdot (2 - 40\alpha) + P \cdot (2 \cdot h \cdot T_{amb} + H \cdot \sigma)}{2 \cdot P \cdot h - 2 \cdot I^2 \cdot R_{base} \cdot \alpha} \quad \text{Ecuación 15}$$

Incorporando en la *Ecuación 11* la temperatura de trabajo así calculada, tenemos finalmente una relación funcional entre la resistencia por unidad de longitud del conductor y la corriente circulante, con lo que el modelo mejora su aproximación al comportamiento real de la línea de subtransmisión. Esta función será incorporada en las simulaciones del modelo.

#### 8.2.6.3. Simulación del modelo con Microsoft Excel.

La simulación se corrió para todos los datos disponibles a partir de los medidores. Este período es el comprendido entre el 19/02/2019 a las 12:00 y el 13/09/2019 a las 02:15 para el medidor A y entre el 18/02/2019 a las 09:15 y el 13/09/2019 a las 02:15 para el medidor B.



Se realizaron varias corridas de la simulación, ajustando sucesivamente en forma manual el par de valores de  $\beta$  y  $l_1$ . Se efectuaron comparaciones entre los resultados del modelo y la diferencia *real* de tensiones, calculando errores promedio y medidas de dispersión; además, se construyeron gráficas que permitieron observar la bondad del ajuste. Este procedimiento se realizó gran cantidad de veces hasta que encontramos el juego de valores de  $\beta$  y  $l_1$  óptimos. Dichos valores son:

$$\beta = 0,1$$

$$l_1 = 11 \text{ km}$$

A fin de ilustrar el trabajo de simulación con Microsoft Excel, a continuación, mostramos las tablas donde se ingresan los parámetros del modelo, resultados de la comparación y algunas de las gráficas obtenidas. El cálculo y resultados detallados pueden observarse en el archivo adjunto "Modelo de la Línea.xlsx", el cual se encuentra en la carpeta "01-Modelo de la línea" del respaldo digital de este trabajo.

Tabla 4. Datos de entrada para la simulación.

**Características del distribuidor (tramo entre la SET y la T)**

Conductor utilizado		
Conductor: Prysal Aluminio - IRAM 63003		
Sección nominal	35	mm <sup>2</sup>
Diámetro exterior aprox.	7,6	mm
Resistencia eléctrica máxima a 20 °C y c. c.	0,799	Ω/km
Intensidad de corriente admisible	171	A

**Características de la rama que sale de la T (tramo entre la T y LP)**

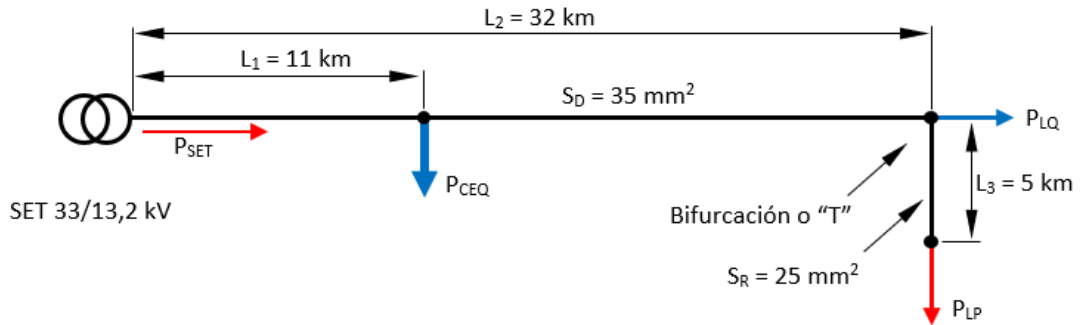
Conductor utilizado		
Conductor: Prysal (aleación de aluminio) - IRAM 2212		
Sección nominal	25	mm <sup>2</sup>
Diámetro exterior aprox.	6,5	mm
Resistencia eléctrica máxima a 20 °C y c. c.	1,31	Ω/km
Intensidad de corriente admisible	125	A

Reactancia Inductiva de la línea		
Distancia entre conductores	0,7	m
Distancia MG	0,882	m
r	3,8	mm
n (conductores por haz)	1	
μ	1,2566E-06	H/m
Frecuencia	50	HZ
$X_L'$	0,3580	Ω/km

Reactancia Inductiva de la línea		
Distancia entre conductores	0,7	m
Distancia MG	0,882	m
r	3,25	mm
n (conductores por haz)	1	
μ	1,2566E-06	H/m
Frecuencia	50	HZ
$X_L'$	0,3678	Ω/km

Los datos con fondo de color celeste se ingresan manualmente. El resto son resultados de cálculos de la planilla.

Tensiones de referencia C. Concesión		
Tipo alimentación:	Urbana	
Variación de tensión admisible:	+ - 7%	
Tensiones resultantes	Compuesta (V)	Simple (V)
Nominal	13200	7621
Mín. adm.	12276	7088
Máx. adm.	14124	8154



Parámetros del modelo		
Parámetro	Valor asignado	Unidad
$\beta$	0,1	
$l_1$	11	km
$l_2$	32	km
$U_{NOM}$	13200	V

Una vez ingresados los parámetros anteriores, se calculan los resultados para un juego de valores de  $P_{SET}$ ,  $P_{LP}$ ,  $Q_{SET}$  y  $Q_{LP}$  elegidos arbitrariamente del perfil de carga. Elegimos así un juego de valores para un momento de alta demanda, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados del modelo aplicados al juego de valores testigo.

Valores de las variables					
Variables independientes			Variables intermedias (calculadas)		
Parámetro	Valor asignado	Unidad	Parámetro	Valor asignado	Unidad
$U_{SET}$	13700	V	$P_{LQ}$	130	kW
$P_{SET}$	1296	kW	$Q_{LQ}$	45	kVAr
$Q_{SET}$	451	kVAr	$P_{CEQ}$	1035	kW
$P_{LP}$	132	kW	$Q_{CEQ}$	334	kVAr
$Q_{LP}$	72	kVAr			



<b>Resultados</b>		
$\Delta U_D$	1553	V
$U_T$	12147	V

Los valores mostrados corresponden a un solo juego de valores  $P_{SET}$ ,  $P_{LP}$ ,  $Q_{SET}$  y  $Q_{LP}$  elegidos como testigo de entre los miles de valores que conforman el perfil de carga, y corresponden en este caso al intervalo de 15 minutos a partir de las 16:15 del 20/02/2019. La diferencia de tensión calculada corresponde al distribuidor en el tramo desde la SET hasta el nodo T (tramo de sección D), y la tensión final es la del punto T, de donde se deriva la rama que abastece a la Localidad Piloto. El promedio de las tres tensiones compuestas medidas por el medidor B para este intervalo es  $U_{TM} = 12.083 V$ , con lo cual el error del modelo para este juego particular de valores es:

$$\varepsilon\% = \frac{(U_T - U_{TM})}{U_{TM}} \cdot 100\% = 0,5\%$$

Aplicando el modelo a todos los valores disponibles del perfil de carga, logramos un error medio global de 0,9 %, con una desviación estándar de 0,75.

Una vez que verificamos que el modelo tiene una aproximación suficiente a los fines que perseguimos, podemos calcular la caída de tensión en la rama que alimenta a la Localidad Piloto, obteniendo finalmente la tensión disponible en la misma. Para el juego de valores testigo resultan:

<b>Caída de tensión en rama LP</b>		
$l_3$	5	km
$\Delta U_R$	82	V
$U_{LP}$	12065	V

A continuación, presentamos la gráfica de las curvas en función del tiempo de las tensiones medidas y modeladas en porcentaje de la nominal, así como la demanda total del distribuidor (Demanda SET), para el mes de febrero, en el cual se registraron las mayores demandas. De su observación nos valimos para realizar el ajuste del modelo.

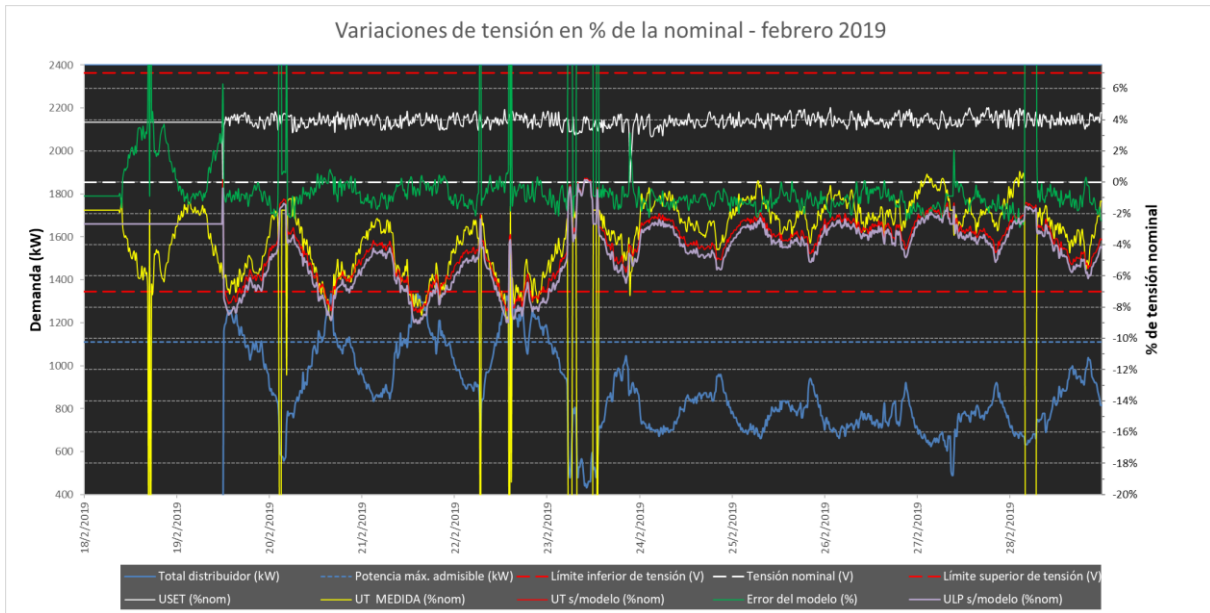


Figura 17. Variaciones de tensión en % de la nominal – febrero 2019

Obsérvense la curva en color amarillo, que corresponde a la tensión del nodo T obtenida con el medidor, y la curva en color rojo, que es la trazada con el modelo: aun considerando el efecto de la corriente en la temperatura del conductor, y a su vez el efecto de ésta en la resistencia, dicho cálculo no tiene en cuenta la variación de temperatura ambiente a lo largo del día, sobre todo el marcado descenso nocturno. Por lo tanto, no puede esperarse que el modelo siga la tensión medida con igual aproximación a lo largo de todo el día. De cualquier manera, lo que necesitamos es que el modelo nos dé la mejor aproximación en períodos de alta demanda, que es cuando el distribuidor puede llegar a la saturación por caída de tensión. Por ello, valiéndonos de la gráfica de febrero es que realizamos el ajuste de los parámetros de  $\beta$  y  $l_1$ , buscando que la gráfica de la tensión en el nodo T del modelo se aproxime lo más posible a la tensión medida. Esto puede observarse los días 20, 21 y 22 de febrero en los momentos de máxima demanda (curvas amarilla y roja). De esta manera, resignamos aproximación del modelo en momentos de baja demanda (o baja temperatura ambiente) para obtener una buena aproximación en períodos de alta demanda.



### 8.2.7. Verificación del modelo con ETAP®.

#### 8.2.7.1. Análisis con ETAP®.

Este trabajo se desarrolló con la asistencia principal de los softwares Microsoft Excel®, el cual no requiere mayores presentaciones, y ETAP®, que es un software de modelado, diseño, análisis y optimización de sistemas eléctricos de potencia. En una primera instancia, utilizamos ETAP® para verificar el modelo de la línea que desarrollamos anteriormente. Más adelante desarrollaremos las diferentes soluciones de abastecimiento alternativas, mediante diseño asistido con este software.

Se realizó entonces la validación con ETAP® de los cálculos realizados con el modelo que desarrollamos en base a los datos obtenidos de las mediciones en los puntos de compra-venta de energía de ENERSA y a la aplicación de los conocimientos adquiridos en las diferentes materias del rubro eléctrico de la carrera que cursamos. Para ello se parametrizó la arquitectura de la red en el software y luego se corrió un análisis de flujo de potencia, obteniendo como resultado una pequeña desviación entre los valores resultantes de caídas de tensión del orden del 0.25 % con respecto al modelo desarrollado con Microsoft Excel®.

#### 8.2.7.2. Parametrización.

La parametrización realizada para la simulación tuvo en cuenta los siguientes datos e hipótesis:

- Red 33 kV

$U_n$ : 33 kV

$S_{k3}$ : 750 MVA

X/R: 0,1

- Transformadores

U: 33/13,8 kV

Sn: 5 MVA

Grupo conexión: Dyn11



USC: 6,8%

Pcu: 24,216 kW

Tipo ref.: ONAN

Tmax: 65°C

RBC: Automático de 22 posiciones (+10/-15%)

- Campos de salida de SET

Además de la salida de la línea de la Cooperativa, existen tres alimentadores de ENERSA presentes en la barra, los cuales se modelaron tomando los valores de corriente observados en el SCADA de ENERSA. Sus valores máximos fueron estimados extrapolando los valores observados asumiendo proporcionalidad con los valores correspondientes a la demanda del distribuidor de La Cooperativa.

En la barra de 13.2 kV se conecta un banco de capacitores de forma permanente con sus respectivas protecciones; el mismo es de 1,2 MVAR.

- Distribuidor de la cooperativa

$U_n$ : 13,2 kV

Tipo constructivo: coplanar horizontal

Distancia entre fases: 0,7 m

Distancia respecto a tierra: 9 m

Conductor: 35 mm<sup>2</sup>, Aluminio

Longitud: 32 km

- Alimentador Localidad Piloto

$U_n$ : 13,2 kV

Tipo constructivo: coplanar horizontal

Distancia entre fases: 0,7 m

Distancia respecto a tierra: 9 m

Conductor: 25 mm<sup>2</sup>, Aluminio

Longitud: 5 km

- Cargas sobre la línea de la Cooperativa

Las cargas utilizadas para la simulación son las obtenidas de las mediciones correspondientes y de los valores calculados de acuerdo al modelo de la línea.

### 8.2.7.3. Esquema unifilar.

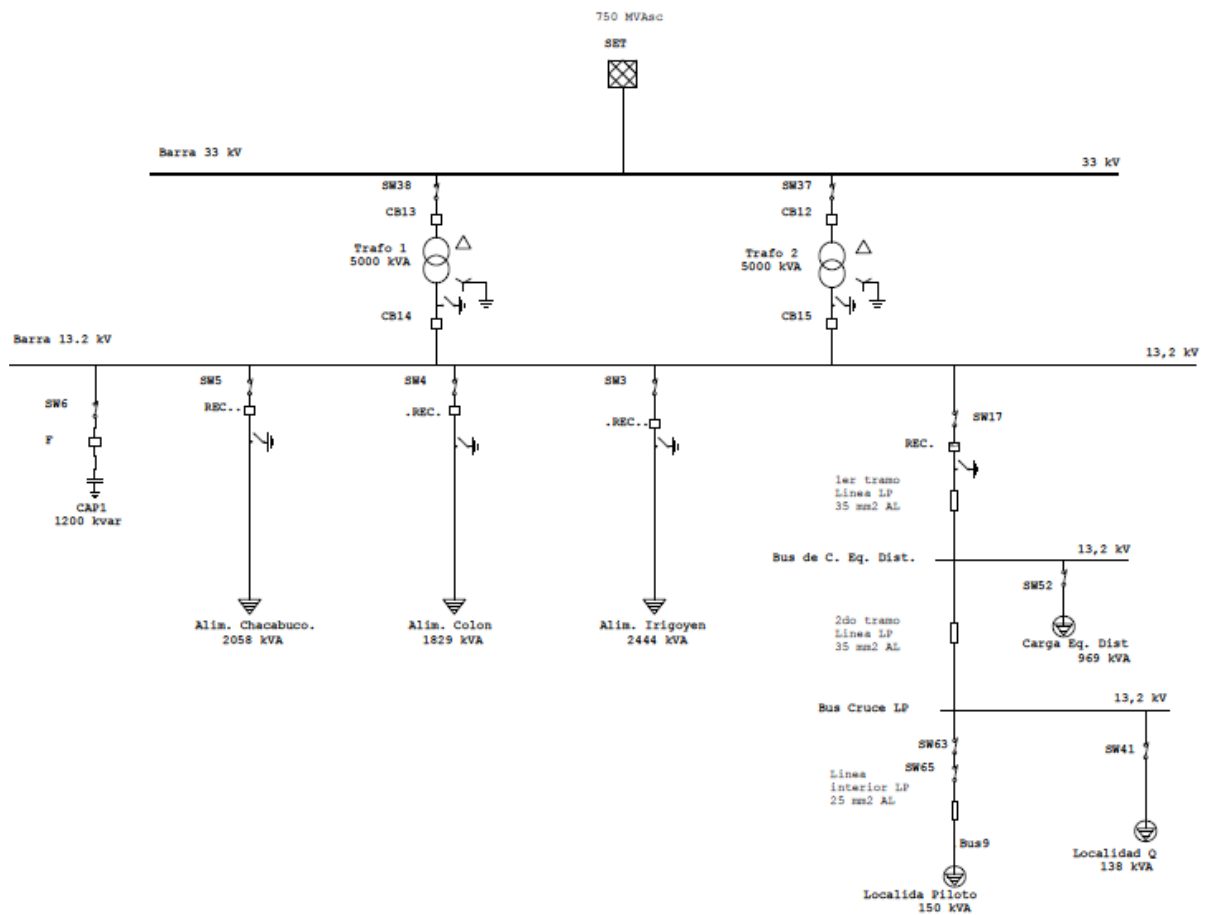


Figura 18. Esquema unifilar ETAP® – Sistema de abastecimiento en condiciones actuales.

### 8.2.7.4. Resultados obtenidos.

Realizando la simulación del flujo de potencia para el mismo juego de valores testigo con el que ajustamos el modelo, obtenemos los siguientes resultados:



Tabla 6. Resultados ETAP – Flujo de potencia.

Barra	Tensión			Generación		Carga		Flujo de Carga				XFMR		
	ID	kV	% Mag.	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma
Barra 13.2 kV	13.200	103.633	-2.8		0	0	6.459	0.834	Bus de C. Eq. Dist.	1.296	0.444	57.8	94.6	
									Barra 33 kV	-3.878	-0.639	165.9	98.7	
									Barra 33 kV	-3.878	-0.639	165.9	98.7	
*Barra 33 kV	33.000	100.000	0.0		7.804	1.687	0	0	Barra 13.2 kV	3.902	0.843	69.8	97.7	-5.000
									Barra 13.2 kV	3.902	0.843	69.8	97.7	-5.000
Bus Cruce LP	13.200	91.825	-2.8		0	0	0.130	0.045	Bus de C. Eq. Dist.	-0.263	-0.115	13.7	91.6	
									Bus LP	0.133	0.070	7.1	88.5	
Bus de C. Eq. Dist.	13.200	95.409	-2.9		0	0	0.920	0.305	Barra 13.2kV	-1.194	-0.413	57.9	94.5	
									Bus Cruce LP	0.274	0.108	13.5	93.0	
Bus LP	13.200	91.156	-2.7		0	0	0.132	0.072	Bus Cruce LP	-0.132	-0.072	7.2	87.8	

\* Indica una barra con tensión regulada (con máquinas de tensión controlada o máquinas de referencia conectadas)

# Indica una barra con tiene un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

La tensión resultante en LP de acuerdo al modelo desarrollado en Microsoft Excel para el juego de valores testigo fue:

$$U_{LP} = 12.065 \text{ V}$$

Refiriendo ese valor al valor nominal, obtenemos:

$$U\%_{LP} = \frac{12.065 \text{ V}}{13.200 \text{ V}} \times 100\% = 91.4\%$$

La diferencia de este valor porcentual con respecto al entregado por ETAP® para el Bus LP (91.16 %) es de 0.24 %, error que podemos considerar insignificante, por lo que aceptaremos como confiables los resultados del software, y además, validamos el modelo que implementamos para describir el comportamiento de la red de abastecimiento de la Localidad Piloto. Más adelante utilizaremos este software para modelar más detalladamente el comportamiento del sistema de abastecimiento y determinaremos el impacto de las nuevas alternativas que propondremos para abastecer a la Localidad Piloto.

### 8.3. Límite de potencia operable por el distribuidor.

#### 8.3.1. Límite de potencia operable por caída de tensión.

##### 8.3.1.1. Desarrollo de la fórmula.

Como ya adelantamos en apartados anteriores, la tensión disponible en la Localidad Piloto depende mucho de la demanda total del distribuidor y muy poco de la demanda de LP en sí misma, dadas las magnitudes relativas de las mismas. Podemos entonces establecer un

límite de potencia admisible por el distribuidor, superado el cual la tensión disponible en la Localidad Piloto caería por debajo de  $-7\%$  de la nominal.

Para hallar una expresión que nos permita encontrar dicha potencia límite, debemos asumir algunas hipótesis adicionales que simplifiquen la Ecuación 10 (apartado 8.2.5), de manera que pueda despejarse la demanda de potencia total del distribuidor en función de la caída de tensión. Dichas hipótesis son producto del propio desarrollo del modelo y del análisis de las mediciones disponibles, y están orientadas al uso de  $P_{SET}$  como única variable, a los efectos de posibilitar su despeje, ya que es la variable que registra la demanda total del distribuidor.

Recordemos que ya habíamos adoptado las hipótesis:

$$P_{LQ} = \beta \cdot P_{SET} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$Q_{LQ} = \beta \cdot Q_{SET} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$P_{CEQ} = P_{SET} \cdot (1 - \beta) - P_{LP} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$Q_{CEQ} = Q_{SET} \cdot (1 - \beta) - Q_{LP} \quad \text{Ecuación 9}$$

Siendo  $\beta$  la relación constante entre la demanda de la Localidad Q con la potencia erogada en la SET al distribuidor.

Adoptaremos las siguientes hipótesis adicionales:

- Utilizando una hipótesis análoga a la que usamos para la demanda de LQ, diremos que la demanda de la Localidad Piloto es proporcional a la demanda total del distribuidor. Siendo  $\alpha$  menor que la unidad:

$$P_{LP} = \alpha \cdot P_{SET} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Q_{LP} = \alpha \cdot Q_{SET} \quad \text{Ecuación 17}$$

- Además, adoptaremos un factor de potencia constante para la demanda total del distribuidor, con lo cual podemos expresar la potencia reactiva del distribuidor en función de la potencia activa:

$$Q_{SET} = P_{SET} \cdot \tan \varphi_{SET} \quad \text{Ecuación 18}$$

Los parámetros  $\alpha$  y  $\varphi_{SET}$  se fijarán adoptando valores promedio de acuerdo a las mediciones disponibles.

Reemplazando la Ecuación 16 en la Ecuación 8 y la Ecuación 17 en la Ecuación 9 tenemos:

$$P_{CEQ} = P_{SET} \cdot (1 - \alpha - \beta) \quad \text{Ecuación 19}$$

$$Q_{CEQ} = Q_{SET} \cdot (1 - \alpha - \beta) \quad \text{Ecuación 20}$$

Repetiremos a continuación la Ecuación 4, en la que operaremos introduciendo este conjunto de hipótesis a los efectos de obtener una expresión de la caída de tensión en función exclusivamente de  $P_{SET}$ .

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{r'_D \cdot [P_{CEQ} \cdot l_1 + (P_{LP} + P_{LQ}) \cdot l_2] + x_{L'D} \cdot [Q_{CEQ} \cdot l_1 + (Q_{LP} + Q_{LQ}) \cdot l_2] + r'_R \cdot P_{LP} \cdot l_3 + x_{L'R} \cdot Q_{LP} \cdot l_3\} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{r'_D \cdot [P_{SET} \cdot (1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha \cdot P_{SET} + \beta \cdot P_{SET}) \cdot l_2] + x_{L'D} \cdot [Q_{SET} \cdot (1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha \cdot Q_{SET} + \beta \cdot Q_{SET}) \cdot l_2] + r'_R \cdot \alpha \cdot P_{SET} \cdot l_3 + x_{L'R} \cdot \alpha \cdot Q_{SET} \cdot l_3\}$$

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{r'_D \cdot P_{SET} \cdot [(1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha + \beta) \cdot l_2] + x_{L'D} \cdot Q_{SET} \cdot [(1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha + \beta) \cdot l_2] + r'_R \cdot \alpha \cdot P_{SET} \cdot l_3 + x_{L'R} \cdot \alpha \cdot Q_{SET} \cdot l_3\}$$

Extrayendo factores comunes:

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{[(1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha + \beta) \cdot l_2] \cdot (r'_D \cdot P_{SET} + x_{L'D} \cdot Q_{SET}) + \alpha \cdot l_3 \cdot (r'_R \cdot P_{SET} + x_{L'R} \cdot Q_{SET})\}$$

Por último, introduciendo la Ecuación 18 en la expresión anterior obtenemos:

$$\Delta U = \frac{1}{U} \cdot \{[(1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha + \beta) \cdot l_2] \cdot (r'_D \cdot P_{SET} + x_{L'D} \cdot P_{SET} \cdot \tan \varphi_{SET}) + \alpha \cdot l_3 \cdot (r'_R \cdot P_{SET} + x_{L'R} \cdot P_{SET} \cdot \tan \varphi_{SET})\}$$

Extrayendo factor común  $P_{SET}$  y ordenando:

$$\Delta U = \frac{P_{SET}}{U} \cdot \{[(1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha + \beta) \cdot l_2] \cdot (r'_D + x_{L'D} \cdot \tan \varphi_{SET}) + \alpha \cdot l_3 \cdot (r'_R + x_{L'R} \cdot \tan \varphi_{SET})\} \quad \text{Ecuación 21}$$





La expresión obtenida nos da la diferencia de tensión en la línea modelada en función de la potencia erogada en la SET, con parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $l_1$ ,  $l_2$  y  $\tan \varphi_{SET}$  predeterminados.

Si despejamos  $P_{SET}$  de la expresión anterior, podremos calcular la potencia límite para una caída de tensión predeterminada, objeto de este desarrollo:

$$P_{SET} = \frac{\Delta U \cdot U}{[(1 - \alpha - \beta) \cdot l_1 + (\alpha + \beta) \cdot l_2] \cdot (r' + x'_L \cdot \tan \varphi_{SET}) + \alpha \cdot l_3 \cdot (r'_D + x'_{LD} \cdot \tan \varphi_{SET})} \quad \text{Ecuación 22}$$

*8.3.1.2. Determinación de la potencia máxima operable por el distribuidor, limitada por caída de tensión.*

Para obtener el valor de la potencia máxima operable por el distribuidor limitada por la caída de tensión, debemos en primer lugar adoptar valores medios representativos de los parámetros  $\alpha$  y  $\tan \varphi_{SET}$ . Se elige  $\alpha$  como el promedio de los valores de participación de la demanda de LP en la demanda total del distribuidor, calculados a partir de los perfiles de carga, para los cuales la tensión en LP oscila entre  $-8\%$  y  $-6\%$  de la nominal. En cuanto al valor de la  $\tan \varphi_{SET}$ , se elige el valor promedio obtenido a partir de los perfiles de carga, correspondientes a demandas del distribuidor  $P_{SET} > 1.100 \text{ kW}$ . Los valores resultantes de estos dos parámetros promedio son:

$$\alpha = 0.1245$$

$$\tan \varphi_{SET} = 0.31$$

Lo que sigue es el cálculo con la planilla Excel:

Tabla 7. Cálculo de potencias límite por caída de tensión.

<b>Parámetros del modelo</b>		
Parámetro	Valor asignado	Unidad
$\alpha$	0.1245	
$\beta$	0.1	
$l_1$	11	km
$l_2$	32	km
$l_3$	5	km
$U_{NOM}$	13200	V
$\tan(\phi_{SET})$	0.31	

<b>Diferencia de tensión admisible</b>		
Variables independientes		
Variable	Valor asignado	Unidad
$U_{SET}$	13700	V
$U_{MIN\_ADM}$	12276	V
$\Delta U_{ADM}$	1424	V

<b>Resultados</b>		
$P_{SET\_MAX\_ADM}$	1111	kW
$V_{LP}$	12276	V
$I_{SET}$	51	A

En los resultados se observa que también se calculó la corriente resultante para la potencia límite del distribuidor. Todos los cálculos presentados pueden consultarse en el archivo adjunto “Modelo de la Línea.xlsx”, el cual se encuentra en la carpeta “01-Modelo de la línea” del respaldo digital de este trabajo.

### 8.3.2. Límite de potencia operable por sollicitación térmica.

De acuerdo a las características relevadas del distribuidor, el conductor utilizado sería compatible con el Prysal Aluminio de Prysmian, bajo norma IRAM 63003. De acuerdo al catálogo Prysmian, la corriente admisible de este tipo de conductor para la sección de 35 mm<sup>2</sup> es:

$$I_{adm35_n} = 171 A$$

Como la línea es ya antigua y evidencia gran cantidad de empalmes, reduciremos la corriente admisible de catálogo en un 20 %, a fin de reducir los efectos de las dilataciones y contracciones térmicas que podrían provocar fallas mecánicas del conductor, obteniendo la siguiente corriente admisible asignada:

$$I_{adm35_r} = 171 A \times 0.8 = 136.8 A$$

Luego calculamos en Microsoft Excel los valores de potencia correspondientes a ésta corriente, de acuerdo a los parámetros del modelo prefijados anteriormente:

Tabla 8. Cálculo de potencias límite por solicitud térmica.

<b>Parámetros del modelo</b>		
Parámetro	valor asignado	Unidad
$\alpha$	0,1245	
$U_{NOM}$	13200	V
$\tan(\phi_{SET})$	0,31	

<b>Resultados</b>		
$I_{ADM35_n}$	171	A
$I_{ADM35_r}$	137	A
$P_{SET\_MAX\_I}$	<b>2987</b>	kW

20% de margen de seguridad

Surge a las claras que la capacidad de transmisión del distribuidor está limitada por caída de tensión y no por solicitud térmica.

## 8.4. Proyección de la demanda

### 8.4.1. Método de proyección utilizado.

Existen diversos métodos para realizar la proyección de la demanda de una región o localidad, desde los más simples basados en el crecimiento de la demanda sólo en función del tiempo, hasta los más complejos, de doble o triple correlación, que tienen en cuenta la dinámica de variables económicas tales como el PBI o PBG y crecimientos demográficos.

En este trabajo nos inclinamos por la utilización por el método autónomo, basado en la evolución histórica de la demanda, que es el más sencillo y a la vez el más difundido. Entre otras razones que justifican el uso de este método, podemos mencionar que la escala del

proyecto no amerita un análisis más complejo, y que, por otro lado, el contexto macroeconómico argentino a fines de 2019 no permite establecer pronósticos confiables de las variables económicas, lo cual, sumado a las características demográficas de la localidad piloto, configuran un escenario futuro bastante incierto en cuanto al comportamiento de su demanda de energía eléctrica. No obstante, es vital realizar una proyección de la demanda, basada al menos en la evolución histórica, a fin de dimensionar las ampliaciones necesarias del sistema de abastecimiento.

El desarrollo de la proyección se realizará aplicando el método autónomo tal como fue estudiado en la asignatura Centrales y sistemas de transmisión.

#### **8.4.2. Recopilación de datos históricos.**

##### *8.4.2.1. Datos extraídos del sistema de telemedición, a partir de perfiles de carga.*

Como ya hemos indicado en apartados anteriores, ENERSA determina las transacciones económicas con La Cooperativa a través del balance de las energías registradas por los medidores A y B. La telelectura de dichos medidores fue implementada en el año 2013, por lo que contamos con el perfil de carga en la base de datos de ENERSA desde septiembre de 2013 para el medidor A, y desde junio del mismo año para el B.

Aún con esta disponibilidad de los datos en el sistema de telemedición, la tarea de recopilación fue ardua, entre otros motivos, porque que el medidor correspondiente al punto B fue reemplazado varias veces debido a fallas del mismo, y al no existir un adecuado registro de estos movimientos, resultó difícil reconstruir el trazado histórico. Además, debido a fallas en la telemedición y en los propios medidores, existen períodos de tiempo en los que no se cuenta con el perfil de carga de alguno de los dos medidores.

Una vez trazado el historial de medidores del punto B, logramos conformar una serie histórica consolidada de consumos y potencias máximas registradas mensuales desde septiembre de 2013 para el medidor A y desde junio 2013 para el medidor B, hasta la actualidad, además de consumos discriminados por banda tarifaria (pico, valle y resto), así



como cálculos de potencias medias y factores de carga. Dichas series se sintetizan en la siguiente tabla:

Tabla 9. Resumen de datos obtenidos del sistema de telemedición.

Año	Demanda total distribuidor (salida SET)				Demanda LP				Participación LP en distribuidor
	Energía total (MWh)	Potencia máx. (kW)	Potencia media (kW)	Factor de carga	Energía total (MWh)	Potencia máx. (kW)	Potencia media (kW)	Factor de carga	
2013	2.219	1.244,4	#####	#####	377	156,1	#####	#####	#####
2014	6.507	1.210,3	742,8	0,61	749	190,6	85,6	0,45	11,52%
2015	6.644	1.301,0	758,4	0,58	812	187,5	92,7	0,49	12,22%
2016	6.692	1.306,3	764,0	0,58	879	217,4	100,3	0,46	13,13%
2017	6.616	1.371,1	755,3	0,55	824	209,7	94,1	0,45	12,46%
2018	6.458	1.317,1	737,2	0,56	885	208,3	101,0	0,48	13,70%
2019	4.925	1.334,4	#####	#####	614	191,0	#####	#####	12,47%
<b>Factor de carga promedio</b>				<b>0,58</b>					<b>0,47</b>

Años incompletos

Estos primeros datos son importantes porque nos permitieron calcular los factores de carga promedio de las demandas del distribuidor y de LP, que utilizaremos más adelante en la proyección de las potencias máximas. A los efectos del cálculo de estos valores, los períodos en los que existen faltantes de datos fueron estimados cruzando los datos con los del sistema comercial, excepto en los años 2013 y 2019 en los que faltan meses completos en los perfiles de carga (año de implementación del sistema de telemedición y año en curso respectivamente), por lo que no pueden obtenerse resultados válidos.

#### 8.4.2.2. Datos extraídos del sistema comercial, a partir de la facturación.

El sistema comercial dispone del historial de consumo mensual de La Cooperativa (balance neto de los medidores A y B) desde el año 1996 al menos, y, además, puede calcularse la facturación agregada de los clientes localizados en LP, con similar disponibilidad histórica. Con estos datos, en primer lugar, pudimos contrastar y verificar la información obtenida del sistema de telemedición, salvando también los faltantes de información de los perfiles de carga; además, pudimos extender la recopilación histórica, la que decidimos acotar al año 1998 inclusive.

En cuanto a la serie histórica de los datos de LP, hay que tener en cuenta que el sistema comercial computa la demanda agregada *facturada* de los clientes que habitan LP, mientras



que el medidor B ubicado al inicio de la rama del distribuidor, registra la demanda total *incluyendo las pérdidas en la propia rama*. Dicha particularidad fue tenida en cuenta al realizar el empalme, calculando el promedio de pérdidas para los años en los que se dispone de la información de los dos sistemas y aplicándolo a la serie de datos de facturación para los años anteriores.

En referencia a la medición del punto A, es decir, la demanda agregada del distribuidor, se obtuvo como la suma de los consumos facturados históricos de La Cooperativa y los consumos de LP calculados como se detalló anteriormente, incluyendo las pérdidas en la rama del distribuidor.

#### *8.4.2.3. Empalme de datos históricos del sistema comercial con el sistema de telemedición.*

Como resultado de las contrastaciones y estimaciones indicadas en los apartados anteriores, se obtuvo la serie histórica que servirá de base para las proyecciones de demanda agregada del distribuidor, así como de La Cooperativa y la de la Localidad Piloto. Como no extrajimos los registros de potencia máxima del sistema comercial, los mismos fueron estimados en la serie histórica para los años anteriores al 2014 mediante la aplicación del factor de carga promedio previamente calculado con los registros disponibles del sistema de telemedición.

Tabla 10. Serie histórica de consumos consolidada.

	Año	Demanda total distribuidor (salida SET)				Demanda LP				Participación LP en distribuidor
		Energía total (MWh)	Potencia máx. (kW)	Potencia media (kW)	Factor de carga	Energía total (MWh)	Potencia máx. (kW)	Potencia media (kW)	Factor de carga	
Datos del sistema comercial	1998	2.690	531,0	307,1	<b>0,58</b>	284	69,4	32,5	<b>0,47</b>	10,57%
	1999	2.414	476,4	275,6	<b>0,58</b>	291	71,1	33,2	<b>0,47</b>	12,06%
	2000	2.183	430,8	249,2	<b>0,58</b>	307	75,0	35,1	<b>0,47</b>	14,08%
	2001	2.326	459,0	265,5	<b>0,58</b>	318	77,7	36,3	<b>0,47</b>	13,68%
	2002	2.324	458,8	265,3	<b>0,58</b>	310	75,6	35,3	<b>0,47</b>	13,32%
	2003	2.800	552,7	319,7	<b>0,58</b>	312	76,1	35,6	<b>0,47</b>	11,13%
	2004	3.636	717,6	415,1	<b>0,58</b>	336	82,0	38,3	<b>0,47</b>	9,24%
	2005	4.509	890,0	514,8	<b>0,58</b>	386	94,2	44,0	<b>0,47</b>	8,55%
	2006	4.327	853,9	493,9	<b>0,58</b>	411	100,2	46,9	<b>0,47</b>	9,49%
	2007	3.599	710,2	410,8	<b>0,58</b>	453	110,6	51,7	<b>0,47</b>	12,59%
	2008	3.834	756,6	437,6	<b>0,58</b>	498	121,6	56,8	<b>0,47</b>	12,99%
	2009	4.444	877,0	507,3	<b>0,58</b>	539	131,5	61,5	<b>0,47</b>	12,12%
	2010	4.690	925,7	535,4	<b>0,58</b>	571	139,4	65,2	<b>0,47</b>	12,17%
2011	5.121	1.010,7	584,6	<b>0,58</b>	561	136,9	64,0	<b>0,47</b>	10,95%	
2012	5.564	1.098,1	635,2	<b>0,58</b>	610	149,0	69,7	<b>0,47</b>	10,97%	
2013	6.095	1.244,4	695,8	<b>0,58</b>	635	156,1	72,4	<b>0,47</b>	10,41%	
Datos del sistema de telemedición	2014	6.507	1.210,3	742,8	0,61	749	190,6	85,6	0,45	11,52%
	2015	6.644	1.301,0	758,4	0,58	812	187,5	92,7	0,49	12,22%
	2016	6.692	1.306,3	764,0	0,58	879	217,4	100,3	0,46	13,13%
	2017	6.616	1.371,1	755,3	0,55	824	209,7	94,1	0,45	12,46%
	2018	6.458	1.317,1	737,2	0,56	885	208,3	101,0	0,48	13,70%
2019 (*)	6.533	1.334,4	745,7	<b>0,58</b>	795	191,0	90,7	<b>0,47</b>	12,16%	
		<b>Factor de carga promedio</b>				<b>0,58</b>				<b>0,47</b>

(\*) Año 2019 cerrado con estimación de los últimos tres meses, basada en el crecimiento acumulado hasta el mes de septiembre.

A continuación, graficamos las series de consumos anuales históricas consolidadas de la demanda agregada del distribuidor, de la Localidad Piloto y de la Cooperativa. En el mismo gráfico, pero en una escala mayor (eje secundario), trazamos las curvas agregadas correspondientes a ENERSA y a la provincia de Entre Ríos a fin de visualizar las distintas evoluciones históricas.

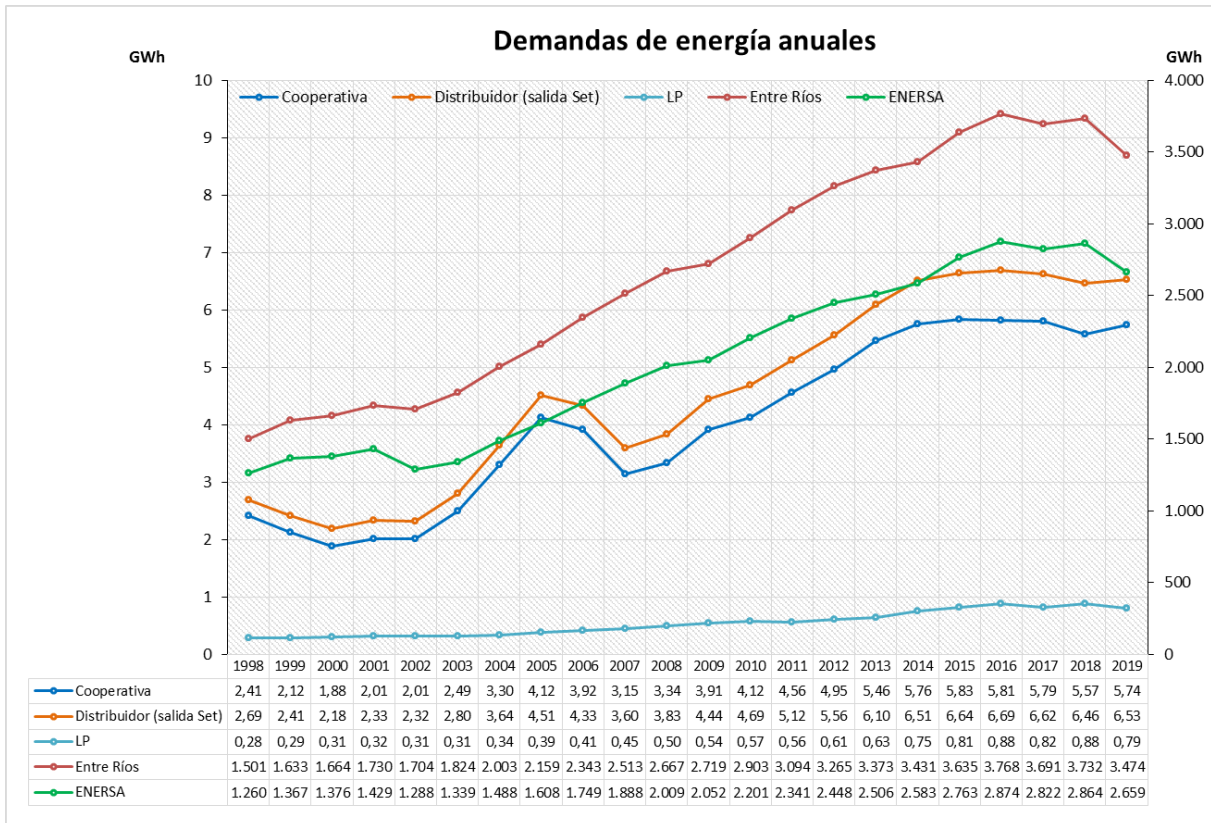


Figura 19. Consumos anuales históricos.

Se observa que, más allá de algún comportamiento singular del consumo de La Cooperativa entre los años 2003 y 2007, producto quizá de la recuperación económica luego de la gran crisis argentina del 2001, la evolución de la demanda agregada del distribuidor es similar a la de Entre Ríos o ENERSA, todas íntimamente ligadas al contexto económico de la provincia y el país.

#### 8.4.3. Proyección de la demanda.

A los fines de determinar el margen del actual para sostener el crecimiento de la demanda, será necesario proyectar las demandas agregada máximas del distribuidor, que es la variable que más condiciona la tensión disponible en LP, para compararla con las potencias límite determinadas por caída de tensión. También será menester determinar el margen remanente del distribuidor en cuanto a solicitud térmica, ya que el límite térmico





condicionaría el abastecimiento de LP, aun cuando se instalase equipamiento local de regulación de tensión.

También será necesario proyectar la demanda de LP, ya que esto determinará el dimensionamiento del equipamiento local de almacenamiento de energía y de regulación de tensión, como veremos más adelante.

#### *8.4.3.1. Consumos anuales de energía.*

Tomando como base las series históricas consolidadas y aplicando el método autónomo, se obtienen las siguientes proyecciones:

Tabla 11. Proyección de la demanda de energía.

Proyección de la demanda (MWh)							
Año	Total distribuidor (Salida SET)		LP		Cooperativa		
	Energía	Crecimiento %	Energía	Crecimiento %	Energía	Crecimiento %	
SERIE HISTÓRICA CONSOLIDADA	1998	2.690	####	284	####	2.406	####
	1999	2.414	-10,3%	291	2,4%	2.123	-11,8%
	2000	2.183	-9,6%	307	5,6%	1.876	-11,6%
	2001	2.326	6,5%	318	3,5%	2.008	7,0%
	2002	2.324	-0,1%	310	-2,7%	2.015	0,4%
	2003	2.800	20,5%	312	0,6%	2.489	23,5%
	2004	3.636	29,8%	336	7,8%	3.300	32,6%
	2005	4.509	24,0%	386	14,8%	4.124	25,0%
	2006	4.327	-4,1%	411	6,5%	3.916	-5,0%
	2007	3.599	-16,8%	453	10,4%	3.145	-19,7%
	2008	3.834	6,5%	498	9,9%	3.336	6,0%
	2009	4.444	15,9%	539	8,1%	3.905	17,1%
	2010	4.690	5,6%	571	6,0%	4.119	5,5%
	2011	5.121	9,2%	561	-1,8%	4.560	10,7%
	2012	5.564	8,7%	610	8,8%	4.954	8,6%
	2013	6.095	9,6%	635	4,0%	5.461	10,2%
	2014	6.507	6,7%	749	18,1%	5.757	5,4%
	2015	6.644	2,1%	812	8,4%	5.832	1,3%
	2016	6.692	0,7%	879	8,2%	5.814	-0,3%
	2017	6.616	-1,1%	824	-6,2%	5.792	-0,4%
2018	6.458	-2,4%	885	7,3%	5.573	-3,8%	
2019	6.533	1,2%	795	-10,2%	5.738	3,0%	
PROYECCIÓN	2020	8.257	26,4%	1.000	25,8%	7.255	26,4%
	2021	8.751	6,0%	1.063	6,3%	7.686	5,9%
	2022	9.274	6,0%	1.130	6,3%	8.143	5,9%
	2023	9.829	6,0%	1.201	6,3%	8.628	5,9%
	2024	10.416	6,0%	1.277	6,3%	9.141	5,9%
	2025	11.039	6,0%	1.357	6,3%	9.684	5,9%
	2026	11.700	6,0%	1.442	6,3%	10.260	5,9%
	2027	12.399	6,0%	1.533	6,3%	10.870	5,9%
	2028	13.141	6,0%	1.630	6,3%	11.517	5,9%
	2029	13.927	6,0%	1.733	6,3%	12.201	5,9%
	2030	14.759	6,0%	1.842	6,3%	12.927	5,9%
	2031	15.642	6,0%	1.958	6,3%	13.696	5,9%
	2032	16.577	6,0%	2.081	6,3%	14.510	5,9%
	2033	17.569	6,0%	2.212	6,3%	15.373	5,9%
	2034	18.619	6,0%	2.351	6,3%	16.287	5,9%
	2035	19.733	6,0%	2.499	6,3%	17.255	5,9%

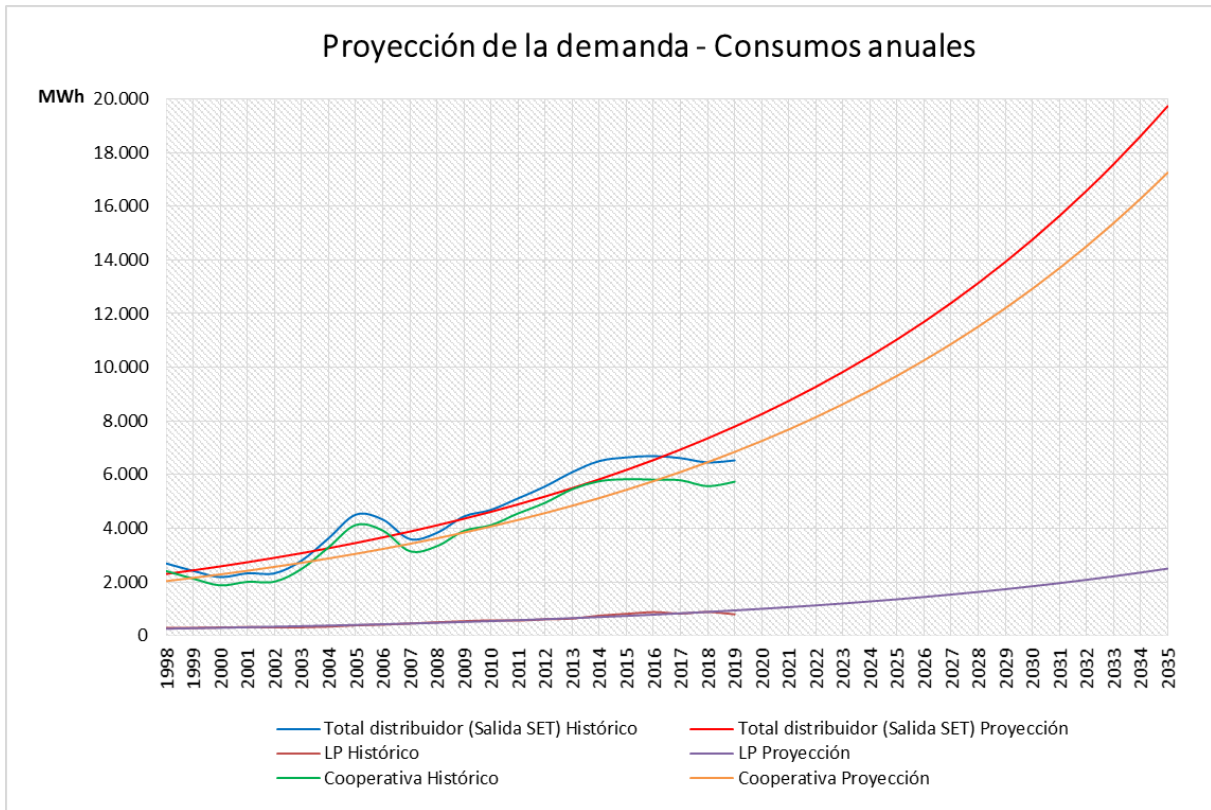


Figura 20. Proyección de la demanda – Consumos anuales.

#### 8.4.3.2. Potencias máximas.

Con las proyecciones de los consumos anuales de energía y los factores de carga calculados se calcularon las potencias máximas, valores necesarios para decidir futuras ampliaciones de las redes eléctricas. A continuación, se sintetizan estos resultados.

##### 8.4.3.2.1. Potencias máximas del distribuidor.

Tabla 12. Potencias máximas del distribuidor.

		Potencias máximas proyectadas - Total distribuidor (Salida SET)															
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Pot. Máx. (kW)	1.289	1.630	1.727	1.830	1.940	2.056	2.179	2.309	2.447	2.593	2.749	2.913	3.087	3.272	3.467	3.675	3.895
Factor de carga	0,58																

Potencias máximas operables por el distribuidor		
Por mínima tensión en LP	$P_{SET\_MAX\_ADM}$	1111 kW
Por solicitud térmica	$P_{SET\_MAX\_I}$	2987 kW

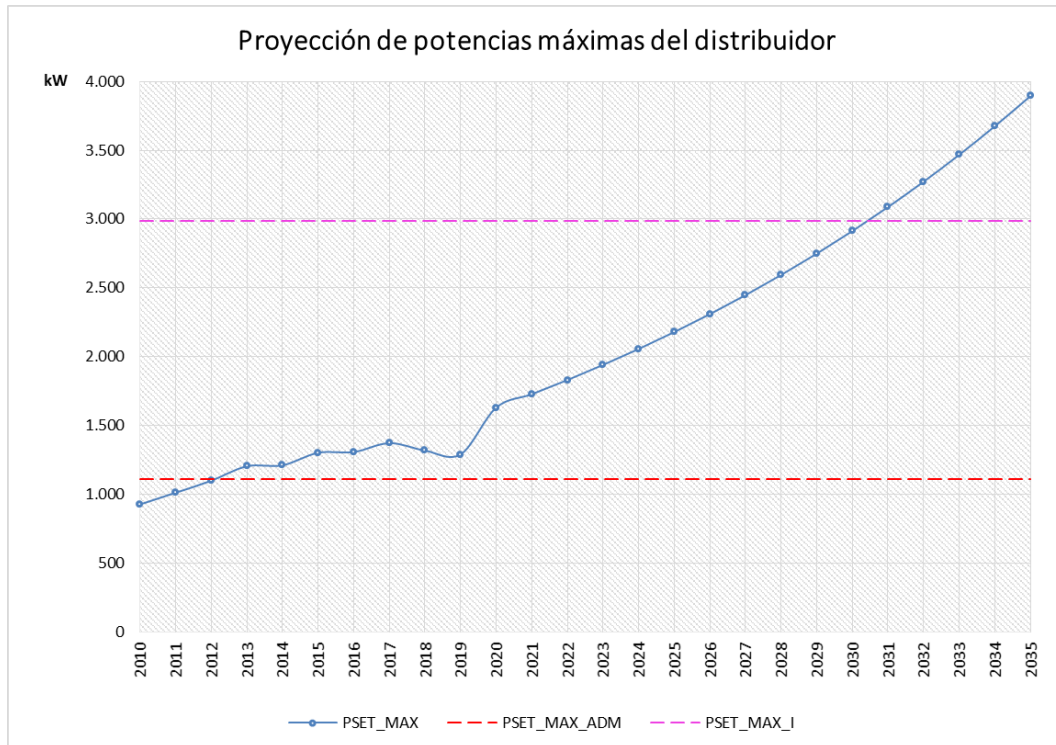


Figura 21. Proyección de potencias máximas del distribuidor.

En la gráfica anterior puede verificarse que el distribuidor ha operado por sobre el límite de potencia máxima determinado por la mínima tensión admisible en LP, desde el año 2013 al menos, hecho que determina que es necesario implementar de inmediato una mejora en el sistema de abastecimiento de la Localidad Piloto. Dicha limitación podría resolverse con la instalación de un banco de reguladores automáticos de tensión en el punto T.

Advertimos además que el límite térmico del distribuidor nos impone un horizonte insalvable del sistema de abastecimiento: la capacidad remanente del distribuidor para conducir la corriente sólo nos permite el crecimiento, de acuerdo a la proyección, hasta el año 2030. A partir de ese año será imprescindible considerar la ampliación de la red (cambio de conductores, construcción de nuevas líneas de subtransmisión, etc.). Nuestro estudio se limitará a solucionar el abastecimiento entre los años 2020 y 3030, aplazando así las inversiones en la ampliación de la red de distribución/subtransmisión, que se volverán imprescindibles a partir del año 2030.

### 8.4.3.2.2. Potencias máximas de la rama que alimenta a LP.

Tabla 13. Potencias máximas de la rama que alimenta a LP.

		Potencias máximas proyectadas - Localidad Piloto																
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
Pot. Máx. (kW)	194	244	259	276	293	312	331	352	374	398	423	450	478	508	540	574	610	
Factor de carga	0,47																	

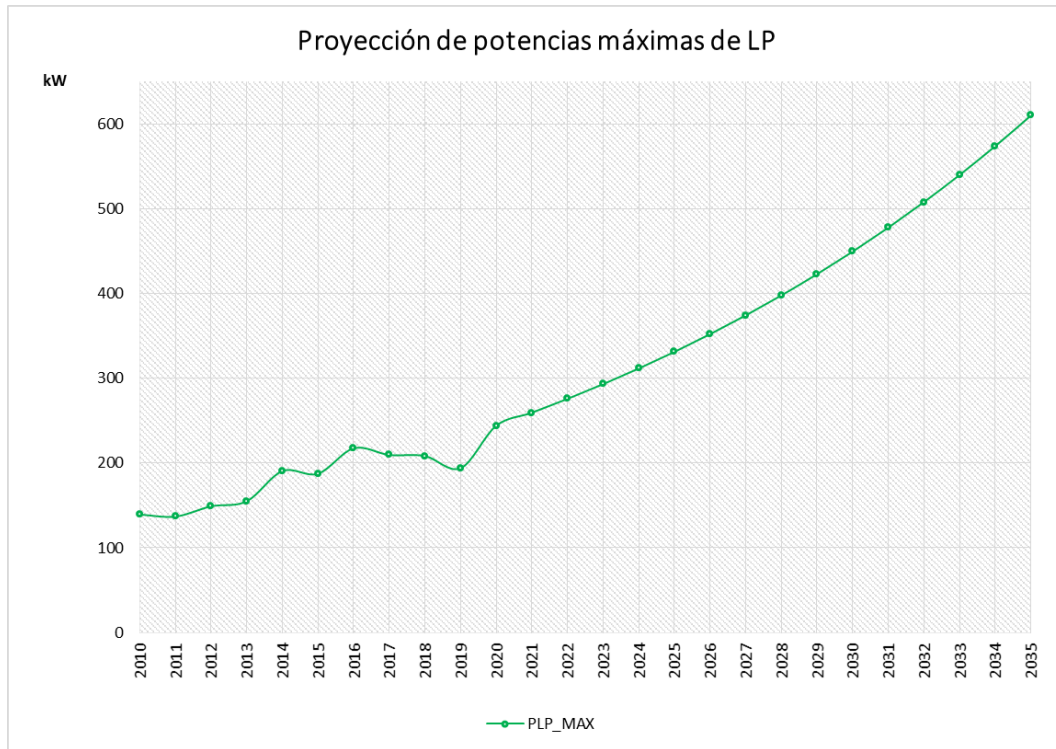


Figura 22. Proyección de potencias máximas del tramo R del distribuidor.

La proyección de la potencia demandada por la localidad piloto será imprescindible para el dimensionamiento de los equipos que emplearemos para solucionar los problemas de abastecimiento en el período comprendido entre el 2020 y el 2030, los cuales se emplazarán en la T, donde nace la rama del distribuidor que conduce la energía hasta LP.

## 8.5. Calidad del servicio público de distribución

### 8.5.1. Obligaciones de la distribuidora. Marco Legal.

De acuerdo a lo estipulado por el Artículo 2° del Contrato de Concesión de ENERSA, el cual fue aprobado el 29/03/2012 por el Decreto N° 734 GOB del Poder Ejecutivo Provincial, ENERSA está obligada a atender todo incremento de demanda dentro del área concedida, ya



sea solicitud de nuevo servicio o aumento de la capacidad de suministro, en las condiciones de calidad especificadas en el Anexo VI - Normas de Calidad del Servicio Público y Sanciones del mencionado contrato. También en el Artículo 7° se expresa que es exclusiva responsabilidad de la distribuidora realizar las inversiones necesarias para asegurar la prestación del servicio público de distribución conforme al nivel de calidad exigido en el Anexo VI - Normas de Calidad del Servicio Público y Sanciones, así como la de celebrar los contratos de compraventa de energía eléctrica en bloque que considere necesarios para cubrir el incremento de demanda dentro de su área de concesión.

El Anexo VI – Normas de Calidad del Servicio Público y Sanciones del Contrato de Concesión de ENERSA prescribe que el Ente Provincial Regulador de la Energía es el encargado de controlar el fiel cumplimiento de las pautas de calidad, que abarcan los siguientes aspectos:

- Calidad del producto técnico: queda caracterizada por el nivel de tensión en el punto de alimentación y las perturbaciones (variaciones rápidas y caídas lentas de tensión, y armónicas).
- Calidad del servicio técnico: se determina en base a la medición de la frecuencia y duración de las interrupciones en el suministro.
- Calidad del servicio comercial: se establece el control de los tiempos utilizados para responder a pedidos de conexión, a errores en la facturación y facturación estimada, y a las demoras en la atención de los reclamos del usuario.

El no cumplimiento de las pautas preestablecidas daría lugar a la aplicación de multas, cuyos montos se calculan de acuerdo a la metodología detallada en el Anexo VI del Contrato de Concesión, basadas en el perjuicio económico que ocasiona al usuario recibir un servicio en condiciones no satisfactorias.

#### *8.5.1.1. Modalidad de la prestación*

A los efectos del control de calidad se distinguen las siguientes modalidades de prestación del servicio:

- Servicio urbano: es aquél que se presta dentro de los límites determinados por los Municipios como ejidos urbanos o bien fuera de ellos, siempre que la división catastral correspondiente no supere el manzanado.
- Servicio rural: es aquél que se presta en las áreas ubicadas fuera del ejido municipal, siempre que su división catastral sea superior al manzanado.

En el caso que nos ocupa, la Localidad piloto está dividida en manzanas, por lo que adoptaremos las exigencias de un servicio urbano.

#### 8.5.1.2. Calidad del producto técnico.

Las variaciones porcentuales de tensión respecto a su valor nominal admitidas por el Anexo VI del Contrato de Concesión son las siguientes:

TENSION (kV)	TIPO DE ALIMENTACION	VARIACION DE TENSION (%)
132		+5 % -5 %
19,05 / 33 y 7,62 / 13,2	Urbana	+7 % -7 %
19,05 / 33 y 7,62 / 13,2	Rural	+10 % -10%
0,220 / 0,380	Urbana	+10 % -8 %
0,220 / 0,380	Rural	+10 % -8 %

En nuestro caso, las variaciones de tensión no pueden estar fuera del rango de  $\pm 7 \%$  respecto de la nominal. Consideramos esta restricción como una condición de diseño, que establece una condición límite de operación.

#### 8.5.1.3. Calidad del servicio técnico.

La calidad del servicio técnico se evaluará en base a:

- a. La frecuencia de las interrupciones (cantidad de veces que se interrumpe el suministro a un usuario en un período determinado).
- b. La duración total de la interrupción (tiempo total sin suministro en un período determinado).



Si los valores de los indicadores calculados trimestralmente exceden los límites prefijados, se aplican sanciones a la distribuidora. A fin de calcular dichos indicadores se computarán solamente las interrupciones de servicio cuya duración supere los 3 (tres) minutos.

#### **8.5.2. Calidad del servicio público de distribución en LP.**

El estudio de la necesidad se completa con el relevamiento de la calidad con la que se presta actualmente el servicio de distribución en la Localidad Piloto. La performance del abastecimiento se revisará mediante el análisis de las mediciones de tensión y los eventos de corte y restablecimiento del servicio registrados por el medidor. Así podremos determinar el grado de cumplimiento de las pautas de calidad previstas en el Contrato de Concesión.

Si resultara que se incumple con dichas pautas, se calcularán, a título informativo, las sanciones aplicables de acuerdo a la metodología detallada en el Anexo VI - Normas de Calidad del Servicio Público y Sanciones del Contrato de Concesión de ENERSA.

##### *8.5.2.1. Calidad del producto técnico.*

Aplicando el modelo a los perfiles de carga disponibles, logramos obtener una serie de valores de tensión en LP, a la cual le aplicamos el procedimiento detallado en el Anexo VI del Contrato de Concesión de ENERSA para obtener las penalidades aplicables hasta el año 2019 inclusive. A partir de allí, se estimaron las sanciones futuras en base a la proyección de demanda. Los resultados de estos cálculos y estimaciones para el período 2013 – 2030 son los siguientes:



Tabla 14. Multas estimadas por calidad de producto técnico.

	Año	Energía LP (MWh)	Cantidad de intervalos fuera de tolerancia	Días fuera de tolerancia	Multa anual estimada (\$)
Datos históricos	2013	635	0	0	\$ 0
	2014	749	150	2	\$ 0
	2015	812	931	10	\$ 14.483
	2016	879	1069	11	\$ 19.040
	2017	824	851	9	\$ 17.273
	2018	885	420	4	\$ 9.322
	2019	795	329	3	\$ 6.782
Proyección	2020	1000	7300	76	\$ 147.040
	2021	1063	10545	110	\$ 225.105
	2022	1130	14665	153	\$ 331.777
	2023	1201	19526	203	\$ 468.168
	2024	1277	24627	257	\$ 625.785
	2025	1357	29182	304	\$ 785.875
	2026	1442	32294	336	\$ 921.691
	2027	1533	33839	352	\$ 1.023.543
	2028	1630	34358	358	\$ 1.101.390
	2029	1733	34577	360	\$ 1.174.696
	2030	1842	34698	361	\$ 1.249.303

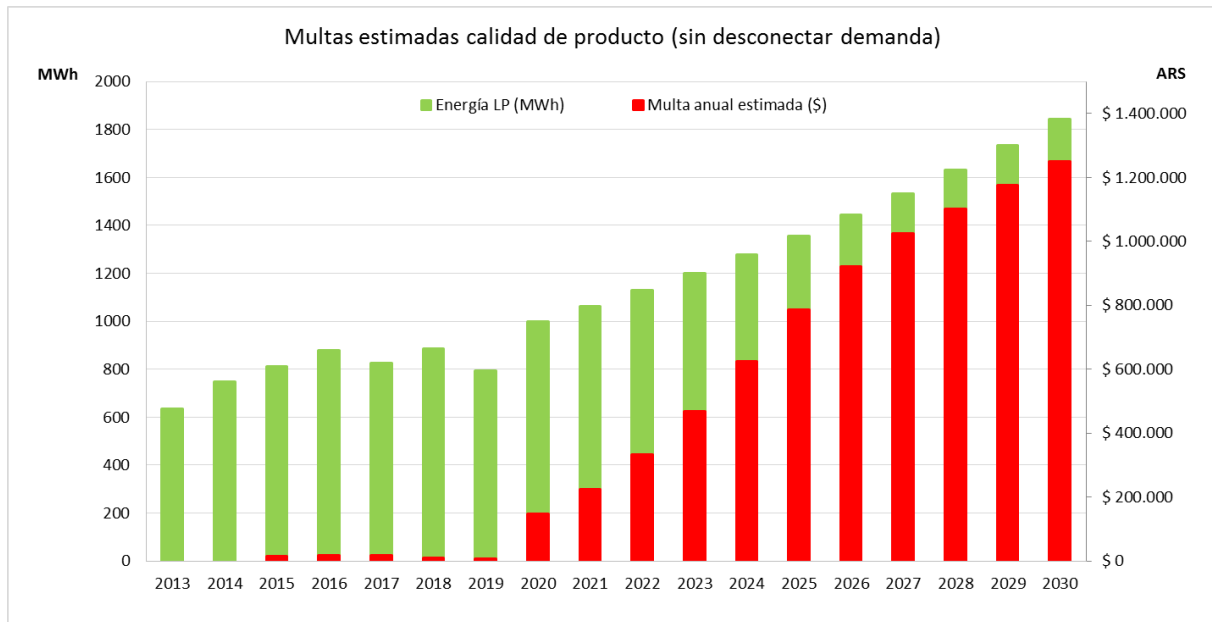


Figura 23. Multas estimadas por calidad de producto técnico.

Cabe aclarar que las multas aquí estimadas son meramente ilustrativas, y no pueden ser utilizadas para cálculos económicos definitivos, ya que el método de estimación no considera desconexión de demanda, cuando en realidad, a niveles demasiado bajos de tensión, sería inevitable dicha desconexión para lograr sostener niveles de tensión seguros para el uso de artefactos eléctricos. Los cortes de servicio resultantes penalizarían como deficiencias de calidad de servicio técnico.

Hechas las salvedades anteriores, esta evaluación nos permite observar que hasta el año 2019, la penalidad por calidad de producto, de haberse aplicado, no hubiera sido significativa, pero sí comenzará a serlo a partir de 2020, que es cuando las potencias demandadas por el distribuidor comenzarían a provocar tensiones por debajo de los valores admisibles durante períodos de tiempo inaceptablemente prolongados.

Puede observarse en la gráfica de barras que los montos anuales de las multas crecen en mayor proporción que la demanda de energía. Este tipo de evolución resulta evidente si se trazan las curvas ordenadas proyectadas de demanda:

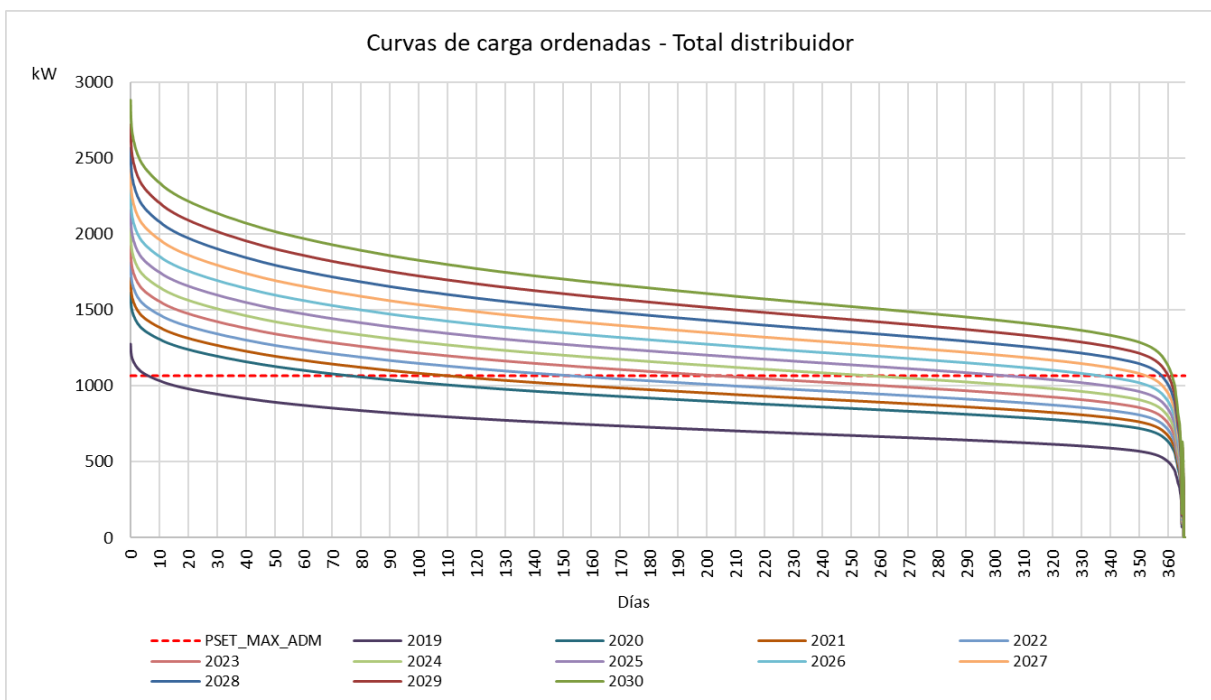


Figura 24. Curvas de carga ordenadas – total distribuidor.

La curva ordenada correspondiente a 2019 se construyó promediando todas las disponibles, y normalizándola para que el área bajo la misma coincida con la energía anual estimada para este año. El resto de las curvas son múltiplos de la correspondiente a 2019, de modo que las energías abarcadas coinciden con la proyección de demanda de energía. De acuerdo a la curva de ajuste proyectada para la demanda del distribuidor (*Figura 20*), tenemos que entre el año 2020 proyectado y el 2019 real hay un salto abrupto en el crecimiento (26,4 %), que luego se ve normalizado para los años subsiguientes a valores del 6 % interanual.

En la misma gráfica se trazó la recta de potencia máxima admisible para el distribuidor, que de acuerdo al cálculo referenciado en el apartado 8.3.1.2 resultaba:

$$P_{SET\_MAX\_ADM} = 1.111 \text{ kW}$$

Este valor debió reducirse en un 4 % para ajustar el esquema de penalización basado en el Anexo VI del Contrato de Concesión a un esquema simplificado que nos permitiera realizar la proyección, resultando la recta graficada  $P_{SET\_MAX\_ADM} = 1066.56 \text{ kW}$ .

La propia forma de las curvas de carga hace que, al elevarse, un pequeño incremento en las ordenadas de la curva de demanda anual, desplace la abscisa del punto de intersección con la recta de la potencia límite en una proporción bastante mayor, haciendo que aumenten desmedidamente los períodos anuales en que la potencia está por sobre el límite establecido por la tensión mínima.

Por todo lo expresado, la necesidad de invertir de inmediato en la mejora del sistema de abastecimiento de la Localidad Piloto es evidente.

#### 8.5.2.2. Calidad del servicio técnico.

##### 8.5.2.2.1. Análisis de datos históricos.

La revisión de la calidad del servicio técnico fue posible mediante la recopilación histórica de los eventos de corte y restablecimiento registrados por los medidores A y B, para lo cual fue necesario empalmar los datos de los diferentes medidores que fueron instalados a lo largo de los años en el punto B. Como resultado de esta revisión obtuvimos el siguiente

resumen de la situación de la calidad del servicio técnico, con detalle trimestral, de los datos disponibles desde 2013 hasta la actualidad:

Tabla 15. Calidad de servicio técnico – resumen histórico.

Frecuencia de interrupciones LP					
Cuatrimestre	ene-mar	abr-jun	jul-sep	oct-dic	Total anual
Año	1	2	3	4	
2013	0	6	6	10	22
2014	12	5	11	18	46
2015	23	11	7	18	59
2016	19	12	6	20	57
2017	20	11	7	16	54
2018	10	6	7	13	36
2019	11	9	8	15	43

Tiempo total de interrupciones LP (horas)					
Cuatrimestre	ene-mar	abr-jun	jul-sep	oct-dic	Total anual
Año	1	2	3	4	
2013	0,0	4,2	8,0	17,4	29,5
2014	12,5	32,8	10,4	23,4	79,1
2015	62,3	41,9	6,5	56,7	167,4
2016	46,2	10,1	9,0	37,6	102,9
2017	35,5	10,9	7,2	29,5	83,1
2018	6,5	16,3	5,5	15,9	44,3
2019	5,9	15,6	10,2	18,0	49,7

Datos incompletos

Datos estimados



Figura 25. Frecuencia y tiempo total de interrupciones – resumen histórico anual.



Aplicando el procedimiento detallado en el Anexo VI del Contrato de Concesión de ENERSA a la matriz de datos trimestrales, considerando la aplicación de la tarifa media resultante para LP de los meses agosto y septiembre de 2019, tenemos que las multas aplicables hasta 2019 inclusive resultan:

Tabla 16. Penalizaciones por calidad de servicio hasta 2019.

Año	ENS (kWh)	Penalización total (\$)
2014	11.816	\$ 340.766,51
2015	28.733	\$ 828.603,09
2016	18.693	\$ 539.077,91
2017	14.569	\$ 420.149,76
2018	6.716	\$ 193.683,84
2019	7.530	\$ 217.154,71

Con tarifa media  $T_r = 4.12 \$/kWh$

Como puede verse, las penalidades por calidad de servicio son mucho más significativas que las aplicables por calidad de producto para los mismos años.

#### 8.5.2.2.2. Proyección de energía no suministrada (ENS) y penalizaciones.

Para realizar estimaciones a futuro sobre la frecuencia y duración de las interrupciones, debemos en primer lugar asumir alguna hipótesis sobre la naturaleza de las mismas, o de su relación con otra variable de la cual pueda predecirse su evolución. A priori, se entiende que las interrupciones no dependen del nivel de demanda, salvo que la misma se encuentre cercana a los límites admisibles de solicitud térmica del distribuidor, cosa que no sucede al menos en los primeros años a partir del 2020.

Podemos conjeturar que las interrupciones están más relacionadas por ejemplo con cortes de conductores por efectos del viento, ramas de árboles y vegetación en general que entra en contacto con la línea, aisladores con defectos superficiales o volumétricos; causas todas mejorables mediante un adecuado mantenimiento preventivo, y cuyos efectos se magnifican por factores climáticos adversos como la lluvia y las tormentas. A fin de verificar la

relación de las interrupciones con los factores climáticos, analizamos los registros de precipitaciones de un pluviómetro ubicado en la traza del distribuidor, cuyos datos certificados solicitamos oportunamente a la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos. El resumen de los datos obtenidos del pluviómetro es el siguiente:

Tabla 17. Precipitaciones en la zona de la traza del distribuidor.

Días de precipitación					
Cuatrimestre	ene-mar	abr-jun	jul-sep	oct-dic	Total anual
Año	1	2	3	4	
2013	12	7	5	10	34
2014	18	7	9	13	47
2015	13	5	14	14	46
2016	12	21	7	16	56
2017	16	12	13	20	61
2018	6	15	10	16	47
2019	16	15	5	16	52

Precipitación total					
Cuatrimestre	ene-mar	abr-jun	jul-sep	oct-dic	Total anual
Año	1	2	3	4	
2013	233	155	35	533	956
2014	433	298	96	207	1.034
2015	370	183	195	353	1.101
2016	545	486	75	449	1.555
2017	430	164	140	274	1.007
2018	45	329	127	552	1.053
2019	441	307	81	400	1.229

Valores estimados

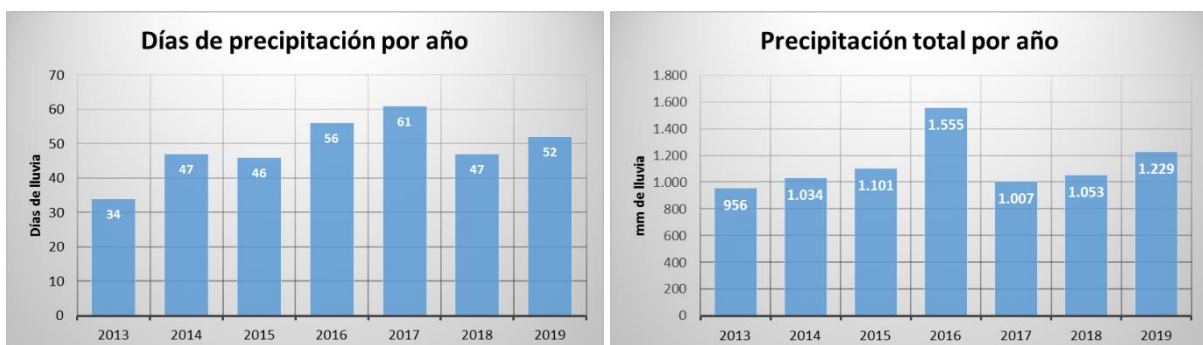


Figura 26. Precipitaciones en la traza del distribuidor – resumen histórico anual.



Es notable el parecido entre los gráficos de frecuencia de interrupción y de días de precipitación por año, incluso en los valores promedio anuales, los cuales, considerando años completos (desde el 2014) resultan:

- Cantidad promedio de interrupciones anuales: 49,17
- Días promedio de lluvia por año: 52

Como conclusión, podemos indicar que, de no mejorar el mantenimiento preventivo de la línea, la frecuencia y duración de las interrupciones dependerán únicamente de factores meteorológicos, los cuales son aleatorios y podrían proyectarse tomando el promedio histórico calculado.

Lo que sí evolucionará con el tiempo es la energía no suministrada debido a estas interrupciones, debido a que la potencia media cortada irá en progresión interanualmente, conforme las proyecciones previamente estudiadas.

Considerando estas últimas apreciaciones, se realizó una estimación de las penalidades por calidad de servicio técnico, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 18. Proyección de multas por calidad de servicio.

Año	Demanda anual proyectada (kWh)	ENS proyectada (kWh)	Penalización proyectada (\$)
2020	999.900	17.908	\$ 516.448,56
2021	1.062.874	19.036	\$ 548.974,45
2022	1.129.814	20.235	\$ 583.548,82
2023	1.200.969	21.510	\$ 620.300,68
2024	1.276.606	22.864	\$ 659.367,18
2025	1.357.007	24.304	\$ 700.894,07
2026	1.442.471	25.835	\$ 745.036,33
2027	1.533.318	27.462	\$ 791.958,67
2028	1.629.886	29.192	\$ 841.836,16
2029	1.732.536	31.030	\$ 894.854,95
2030	1.841.651	32.984	\$ 951.212,85

Graficando las multas calculadas según los datos históricos y realizando el empalme con la proyección, obtenemos:

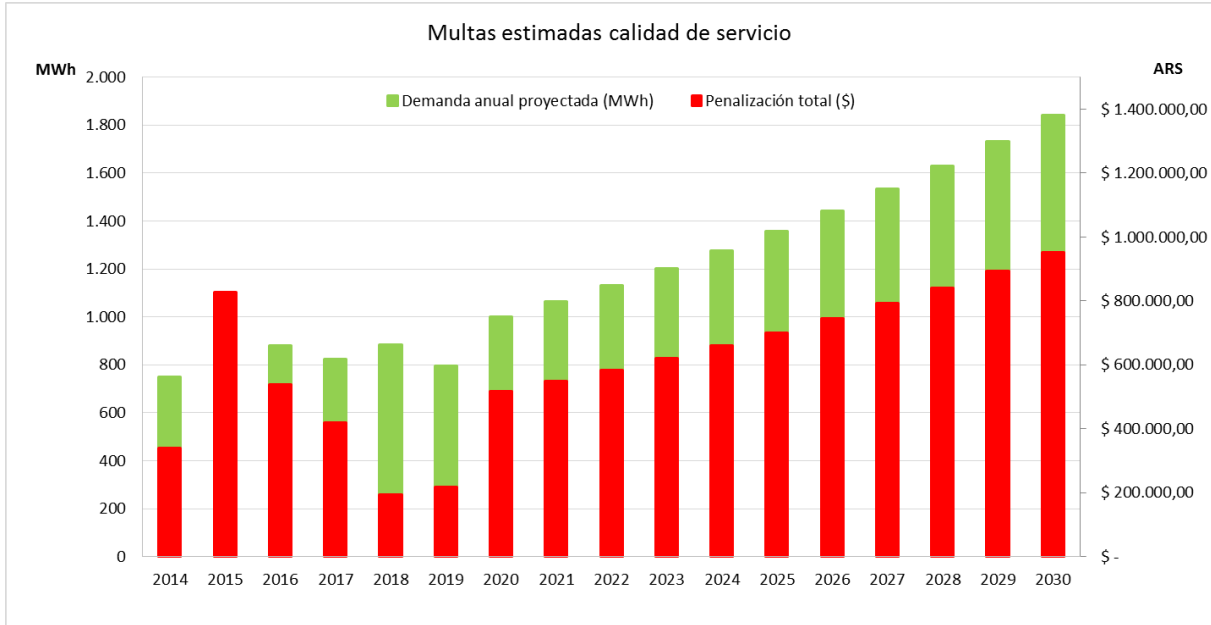


Figura 27. Multas estimadas por calidad de servicio técnico.

Como puede verse, el crecimiento esperado de las multas aplicables por calidad de servicio técnico crece en una menor proporción que el crecimiento estimado de las multas aplicables por calidad de producto técnico, teniendo una evolución necesariamente igual al crecimiento de la demanda anual, pero en cambio, dichas penalidades son significativas desde el comienzo del período de estudio, a diferencia de lo que ocurría con las multas aplicables por calidad de producto técnico que eran despreciables en los cálculos hasta el año 2019.

### 8.5.3. Comentarios finales sobre penalizaciones aplicables y su proyección.

Tal como se adelantó, las diferentes estimaciones de las penalizaciones, tanto las por calidad de producto técnico como las por calidad de servicio técnico, se calcularon a modo ilustrativo y no serán utilizadas en los posteriores análisis económicos y financieros. Dicha determinación responde a que, por ejemplo, las penalidades por calidad de producto técnico están basadas en esquemas y valores fijos definidos en \$ (pesos, moneda nacional), y no prevén ajustes por inflación o variación de otros índices de ajuste de precios. Teniendo en cuenta que el contrato de concesión vigente fue aprobado en el año 2012, resulta bastante desvirtuada la señal de penalización a la distribuidora. En cuanto al esquema propuesto para





la penalización por calidad de servicio técnico, la situación es algo más ajustada a las variaciones económicas, ya que los precios de la energía no suministrada son múltiplos de valores de tarifa media, con lo cual, está prevista la actualización automática, siempre y cuando la tarifa refleje adecuadamente las variaciones de los costos de la ENS. Esto último es muy difícil de proyectar, dada la gran incertidumbre imperante en el aspecto tarifario, producto de la imprevisibilidad en la política energética y en la regulación del mercado.

Considerando estas particularidades y teniendo en cuenta las debilidades de los métodos de estimación detalladas oportunamente, preferimos descartar el uso de las proyecciones de las sanciones por calidad de producto y servicio en los análisis económicos, empleándolas sólo a modo indicativo de los estados actual y futuro de la calidad de la prestación del servicio de distribución. Para efectuar los análisis económicos emplearemos un método más simple, robusto y a la vez más realista con respecto al abastecimiento, que tiene en cuenta la energía no suministrada determinada en base a la confiabilidad del sistema, y la energía no suministrada debido a las interrupciones en la demanda que deberían ejecutarse programadamente a fin de sostener los niveles de tensión requeridos por el servicio en caso de saturación del sistema de abastecimiento.





## 9. Definición de soluciones alternativas

Para cumplir con los objetivos de este trabajo, será necesario plantear algunas soluciones alternativas para el abastecimiento de la Localidad Piloto. Se desarrollará con mayor detalle la solución cuya viabilidad queremos evaluar, es decir, la solución basada en almacenamiento de energía y regulación de tensión con equipamiento emplazado en el punto de demanda, a la que denominaremos de aquí en adelante Alternativa 1. El desarrollo detallado de la misma es necesario debido a que no hay antecedentes conocidos de su uso en la región, por lo que no se dispone de datos precisos en cuanto a montos de inversión necesarios ni de confiabilidad del sistema. Una vez diseñado y dimensionado el sistema, podremos confeccionar un presupuesto de la solución y además podremos determinar su nivel de confiabilidad, lo que nos permitirá cuantificar la energía no suministrada.

En el caso del planteo de las soluciones más convencionales, de las cuales desarrollaremos dos alternativas, que serán indicadas como Alternativa 2 y Alternativa 3, se definirán las características principales de cada una, las suficientes para determinar su performance, sin realizar un proyecto detallado. El dimensionamiento y las verificaciones pertinentes se realizarán mediante simulación con ETAP®, como se verá en los siguientes apartados. El presupuesto se realizará en base a precios típicos de líneas por km y de subestaciones transformadoras, cuando corresponda, recopilados de diferentes obras ya realizadas por ENERSA. La energía no suministrada podrá calcularse en base a la confiabilidad de cada configuración, a partir de datos empíricos ya disponibles en las bases de datos de ENERSA.



## **9.1. Alternativa 1: Sistema de almacenamiento de energía y banco de reguladores de tensión.**

### **9.1.1. Generalidades.**

Esta solución de abastecimiento contempla la continuidad de la utilización del distribuidor de 13,2 kV como principal vía de abastecimiento. Como ya se analizó en la proyección de demanda, dicho distribuidor está operando actualmente, y ya desde hace algunos años, en condiciones de saturación en los momentos de máxima demanda anual, debido a la caída de tensión resultante en el conductor, que determina valores de tensión inadmisiblemente bajos en la Localidad Piloto. Además, la extensión y la antigüedad de la línea, sumados a un precario mantenimiento preventivo, configuran un funcionamiento con frecuentes interrupciones, algunas de muy larga duración, que están muy por fuera de los valores tolerables de acuerdo al Anexo VI del Contrato de Concesión de ENERSA, tal como fuera analizado en los apartados referidos a la calidad del servicio técnico.

Dicho lo anterior, para continuar aprovechando el distribuidor para el abastecimiento de la Localidad Piloto, el cual asumimos que no mejorará sus prestaciones en el corto o mediano plazo (recordemos que no es propiedad de ENERSA sino de La Cooperativa, por lo que ENERSA no tiene competencia en cuanto a su mantenimiento), y al mismo tiempo, entregar un producto y servicio acorde a los requerimientos del Anexo VI del Contrato de concesión de ENERSA, la Alternativa 1 considera la construcción y montaje de lo que denominaremos “Estación de Regulación y Almacenamiento de Energía”, a la cual nos referiremos también por su acrónimo “E.R.A.E.”, de la cual no existen antecedentes en la región. Dicha estación, la cual ocupará un predio de una superficie similar a la de una SET 33/13,2 kV, deberá emplazarse en proximidades del Nudo T, donde nace la rama que abastece exclusivamente a la Localidad Piloto.

La E.R.A.E. es una estación de similar complejidad a una SET 33/13,2 kV, cuyo equipamiento principal comprende, además de los equipos típicos necesarios para la



protección y maniobra, un banco de reguladores automáticos de tensión monofásicos, conectados en estrella, cuyo fin es corregir los valores de tensión entregada, y un sistema de almacenamiento de energía, que será el encargado de suministrar el 100% de la energía demandada por la Localidad Piloto cuando se produzcan salidas de servicio del distribuidor; es decir, funcionaría como sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).

La utilización de reguladores monofásicos conectados en banco trifásico en estrella, permitirá que la tensión pueda ser regulada en cada fase de manera independiente, lo cual es una gran ventaja en presencia de cargas desequilibradas. Esta configuración permite, en reguladores estándares, obtener una regulación de  $\pm 10\%$  de la tensión de entrada por fase.

El sistema de almacenamiento de energía, eventualmente también podrá actuar en caso de que la tensión disponible de la red sea tan baja que no pueda ser elevada hasta valores aceptables mediante el banco de reguladores de tensión, conmutando la alimentación proveniente del distribuidor, con lo cual también se disminuiría la carga y mejoraría la performance aguas arriba de la Localidad Piloto. Este modo de funcionamiento podría ser cada vez más necesario conforme se aproxime el año 2.030.

La configuración de abastecimiento así planteada permitiría continuar usando el distribuidor como principal vía de abastecimiento hasta al menos el año 2.030, postergando así inversiones de mayor envergadura en ampliaciones de la red. A partir de ese año será imprescindible contar con la ampliación de la red de transmisión o subtransmisión.

A continuación, expondremos detalladamente la elección del tipo de tecnología, el dimensionamiento y las especificaciones del sistema de almacenamiento de energía. Más adelante, se detallarán las características principales de la E.R.A.E. en su conjunto.

#### **9.1.2. Elección de la tecnología de almacenamiento de energía.**

La elección del tipo de tecnología de almacenamiento para un uso en particular, depende de diversos factores, como ser la cantidad de energía a almacenar, la potencia demandada, el tiempo de respuesta, la vida útil, el tamaño físico, entre otros.



El caso que nos ocupa requiere de una capacidad de almacenamiento de energía y una demanda de potencia de una escala relativamente baja, en comparación con la potencia media mundial de estos sistemas que se encuentran conectados a redes de distribución y subtransmisión, valor calculado en 600 kW. Esta característica ya orienta la decisión hacia los sistemas de almacenamiento electroquímico, debido a que estos sistemas son los únicos que ofrecen un rango de aplicación tan amplio, y dentro de este rango se encuadra muy bien el tamaño del sistema que requerimos; además son los únicos sistemas que permiten simple escalabilidad, y también son los que menor costo de capital representan en los tamaños en cuestión.

Dentro de los sistemas electroquímicos para aplicaciones estacionarias de energía, se destacan comercialmente tres tipos de sistemas: los de base litio, los de base sodio-azufre y los de flujo redox.

Luego de estudiar las diferentes alternativas, optamos por utilizar baterías de base litio, debido a las siguientes ventajas que ofrecen frente a las otras tecnologías:

- Tienen los electrodos en estado sólido, lo que implica una ventaja sustancial en caso de incidentes. Por ejemplo, en el caso de las baterías de sodio-azufre (NaS), los electrodos deben permanecer en estado líquido, para lo cual deben mantenerse a alta temperatura ( $>300^{\circ}\text{C}$ ), lo que implica un autoconsumo de energía constante y cierto riesgo en caso de accidentes, de los cuales existen antecedentes. En el caso de los sistemas de flujo redox, en los que las sustancias electroquímicamente activas se encuentran en estado líquido, existe un alto riesgo medioambiental en caso de derrames, debido a que el pentóxido de vanadio, elemento básico de este tipo de sistema de almacenamiento, es altamente nocivo tanto para el medio ambiente como para las personas expuestas al mismo. La hoja de seguridad del pentaóxido de divanadio puede consultarse en el Apéndice 14.1.
- Madurez de la tecnología: las tres tecnologías mencionadas están en su etapa de comercialización e implementación a nivel global y de todas hay antecedentes de



utilización. Entre ellas, se destaca la de base litio, por ser la de mayor madurez tecnológica y la de mayor aplicación en movilidad eléctrica, generación renovable, etc.

- Alta densidad energética: las baterías de litio aventajan al resto por su mayor densidad energética. En segundo lugar, en este aspecto se encuentran las NaS, y muy atrás aparecen las baterías de flujo.
- Escalabilidad / modularidad.
- Bajo mantenimiento del sistema de almacenamiento.
- Alto ciclaje.
- Bajo efecto memoria.
- Aptitud de operar con grandes profundidades de descarga.
- Son las más económicas y las que mayor perspectiva de descenso del precio tienen, debido a los grandes desarrollos que se siguen realizando y al descubrimiento de nuevos yacimientos de litio en la región.

### 9.1.3. Dimensionamiento del banco de baterías

Como ya adelantamos, el modo de operación principal del banco de baterías será como sistema de alimentación ininterrumpida (SAI, o UPS en inglés). Por ello, el banco deberá ser capaz de abastecer la energía demandada por la Localidad Piloto durante un corte de la alimentación proveniente del distribuidor durante un tiempo determinado. La capacidad de almacenamiento se calculará entonces en base a una potencia media determinada a erogar, representativa de la demanda de energía anual, y a un período de tiempo (autonomía) que estableceremos luego de analizar los registros de las interrupciones y su duración.

#### 9.1.3.1. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones del servicio.

Los eventos de corte y restablecimiento registrados en los puntos de medición A y B (en especial el B, que es donde se mide la calidad de servicio final en LP), se analizaron para el mismo período en el que se analizó la calidad del servicio de distribución, esto es, desde



mediados del 2013 hasta mediados de septiembre de 2019, es decir, un período de aproximadamente 6 años.

En particular, el medidor B registró un total de 599 interrupciones durante ese período, con un amplio rango de duraciones: la mayor parte de ellas, de una duración de unos pocos minutos hasta alrededor de dos horas, un rango importante con duraciones de hasta 12 horas y algunas interrupciones extraordinarias con una duración de un día completo o aún más. Para manejar esta información de manera más precisa, se construyó la distribución de frecuencia de las duraciones de los cortes. Los resultados pueden observarse en las siguientes tablas y gráficas.

Tabla 19. Rango de la muestra (minutos).

Duración máxima:	2.337,80
Duración mínima:	0,017
Rango	2.337,78
Valor medio	54,00

Considerando solamente las interrupciones mayores a 3 minutos, que son las que se tienen en cuenta en la aplicación de sanciones, y de acuerdo al rango de la muestra, construimos la distribución de frecuencia de las siguientes clases:



Tabla 20. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos.

Límites de clase (minutos)	Marca de clase (minutos)	Frecuencia	Frecuencia %	Frecuencia % acumulada
0 - 150	75	254	84,11%	84,11%
150 - 300	225	27	8,94%	93,05%
300 - 450	375	8	2,65%	95,70%
450 - 600	525	2	0,66%	96,36%
600 - 750	675	5	1,66%	98,01%
750 - 900	825	2	0,66%	98,68%
900 - 1050	975	0	0,00%	98,68%
1050 - 1200	1125	1	0,33%	99,01%
1200 - 1350	1275	1	0,33%	99,34%
1350 - 1500	1425	0	0,00%	99,34%
1500 - 1650	1575	0	0,00%	99,34%
1650 - 1800	1725	1	0,33%	99,67%
1800 - 1950	1875	0	0,00%	99,67%
1950 - 2100	2025	0	0,00%	99,67%
2100 - 2250	2175	0	0,00%	99,67%
2250 - 2400	2325	1	0,33%	100,00%
<b>Total</b>		<b>302</b>	<b>100,00%</b>	

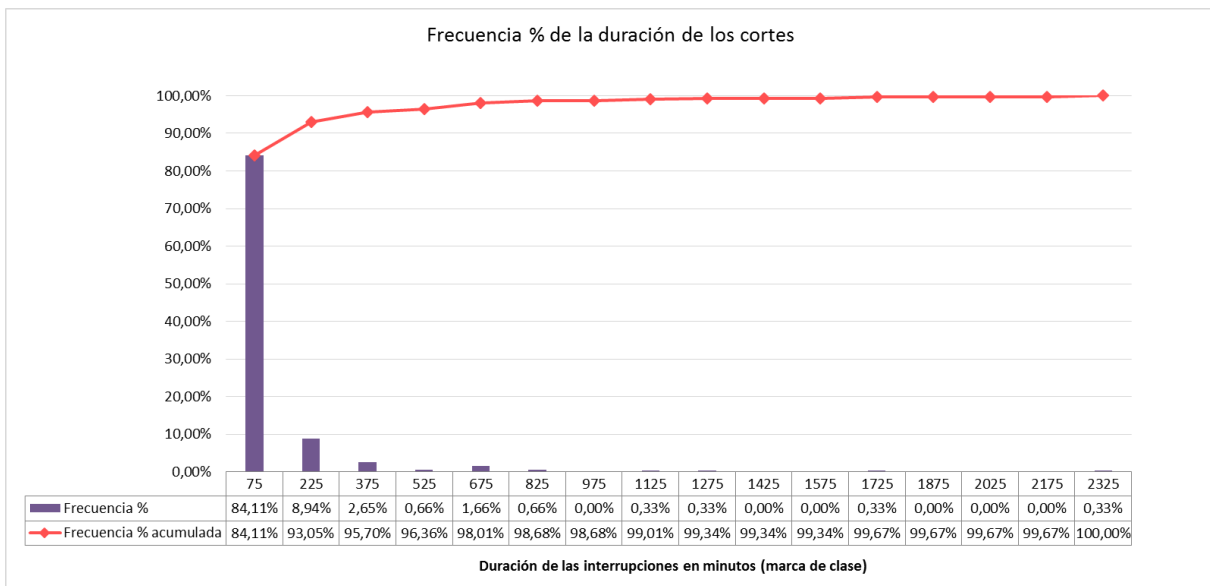


Figura 28. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos.

Como puede apreciarse, la mayor parte de las observaciones se encuentran en la primera clase, la que va de 0 a 150 minutos. A continuación, mostramos una subdivisión de esta clase para analizarla con mejor detalle, la cual se realiza en 15 clases con un intervalo de 10 minutos cada una:

Tabla 21. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos. Expansión de la clase de 0 a 150 minutos.

Límites de clase (minutos)	Marca de clase (minutos)	Frecuencia	Frecuencia %	Frecuencia % acumulada
0 - 10	5	36	11,92%	11,92%
10 - 20	15	45	14,90%	26,82%
20 - 30	25	34	11,26%	38,08%
30 - 40	35	41	13,58%	51,66%
40 - 50	45	17	5,63%	57,28%
50 - 60	55	15	4,97%	62,25%
60 - 70	65	15	4,97%	67,22%
70 - 80	75	7	2,32%	69,54%
80 - 90	85	12	3,97%	73,51%
90 - 100	95	11	3,64%	77,15%
100 - 110	105	4	1,32%	78,48%
110 - 120	115	2	0,66%	79,14%
120 - 130	125	3	0,99%	80,13%
130 - 140	135	6	1,99%	82,12%
140 - 150	145	6	1,99%	84,11%
<b>Total</b>		<b>254</b>	<b>84,11%</b>	
<b>Total (rango completo)</b>		<b>302</b>		

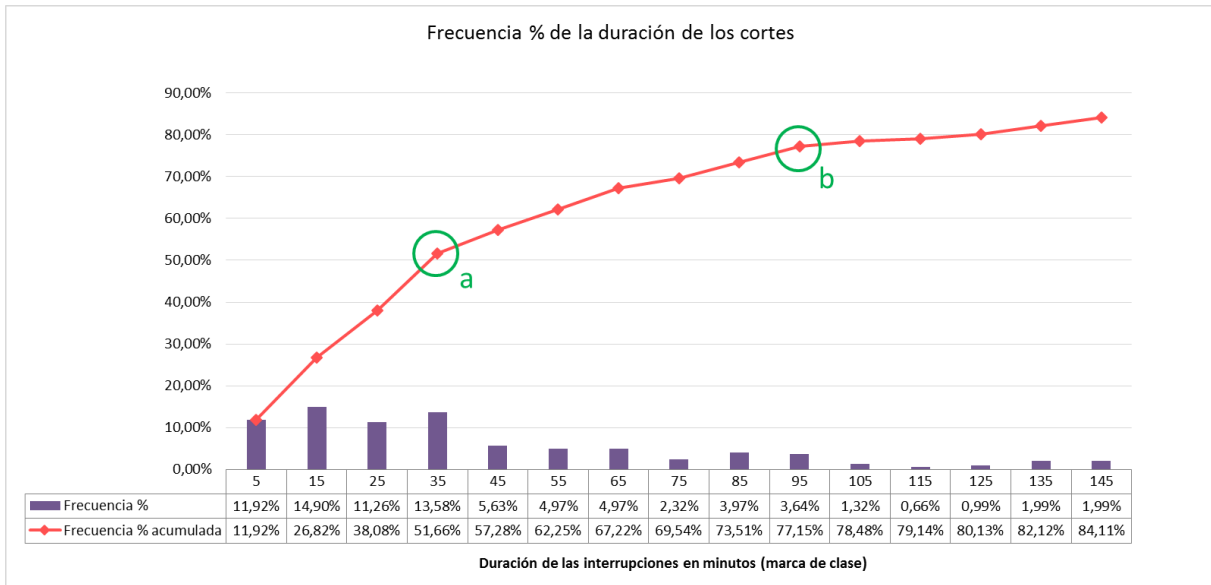


Figura 29. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos. Expansión de la clase de 0 a 150 minutos.

Analizando estas nuevas clases, que acumulan en total el 84,11 % de las observaciones del rango completo, notamos que existen dos puntos en la curva de la frecuencia % acumulada en los que es evidente una disminución del ritmo en que las clases aportan observaciones al



total; en términos prácticos, que las interrupciones de mayores tiempos son cada vez menos frecuentes, observándose dos puntos de quiebre bastante claros, los puntos a y b en la curva de frecuencia % acumulada. En el punto a, el cual acumula las interrupciones de hasta 40 minutos, se encuentra el 51.66 % de la cantidad de cortes en el período de estudio. En el punto b, que acumula las interrupciones de hasta 100 minutos, se encuentra el 77,15 % de la cantidad de interrupciones. A partir de este punto, al aumentar el tiempo de interrupción, la cantidad acumulada de cortes obviamente continúa incrementándose, pero en una proporción no tan significativa con respecto al incremento del tiempo de interrupción.

#### *9.1.3.2. Autonomía del banco de baterías.*

El tamaño del banco dependerá directamente del tiempo de interrupción que se pretenda cubrir (además de la potencia media a erogar), por ello es de suma importancia elegir adecuadamente dicho tiempo. De acuerdo al análisis de la distribución de frecuencia de las interrupciones, a priori bastaría con que el banco tenga una autonomía superior a los 100 minutos para garantizar una cobertura de la cantidad de cortes mayor al 77 %. No es conveniente sobredimensionar el banco, ya que el precio del mismo está relacionado directamente con su capacidad de almacenamiento, y ya vimos que superados los 100 minutos de autonomía, se requieren aumentos de capacidad proporcionalmente mayores a los anteriores para cubrir iguales incrementos en la duración del corte cubierto.

En las siguientes tablas y gráficas se resume el estudio del impacto que tendría la instalación del banco de baterías, según su autonomía, en los valores promedio anuales de cantidad de interrupciones y tiempos totales fuera de servicio para el período de estudio, del cual excluimos el año 2013 por no contar con los registros del año completo. Los valores del último trimestre del 2019 fueron estimados.



Tabla 22. Cantidad de interrupciones y tiempos fuera de servicio anuales según autonomía del banco de baterías.

Año	Cantidades de interrupciones anuales													
	Sin banco de baterías		Con banco de baterías - según minutos de autonomía											
	Cortes > 0 min	Cortes > 3 min	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
2014	82	46	12	9	9	8	5	5	4	3	3	3	3	2
2015	95	59	17	16	16	16	15	12	11	11	11	10	10	9
2016	151	57	13	13	12	11	11	11	11	10	10	10	9	8
2017	106	54	12	12	11	11	9	8	7	6	5	5	5	4
2018	79	36	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2019	52	43	9	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7
<b>Promedio anual</b>	<b>94</b>	<b>49</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Año	Tiempos fuera de servicio anuales (horas)													
	Sin banco de baterías		Con banco de baterías - según minutos de autonomía											
	Cortes > 0 min	Cortes > 3 min	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
2014	79,3	79,1	38,2	36,4	34,9	33,5	32,4	31,6	30,9	30,3	29,8	29,3	28,8	28,4
2015	167,5	167,4	110,4	107,6	105,0	102,3	99,7	97,5	95,7	93,8	92,0	90,2	88,6	86,9
2016	103,2	102,9	56,3	54,1	51,9	50,1	48,3	46,4	44,6	42,9	41,2	39,5	37,9	36,6
2017	83,3	83,1	42,0	40,0	38,0	36,2	34,6	33,1	31,9	30,8	29,9	29,1	28,2	27,5
2018	44,4	44,3	17,8	17,1	16,5	15,8	15,1	14,5	13,8	13,1	12,5	11,8	11,1	10,5
2019	49,7	49,7	12,8	13,9	11,1	10,3	9,4	7,7	7,1	6,4	5,7	5,2	4,7	4,2
<b>Promedio anual</b>	<b>87,9</b>	<b>87,7</b>	<b>46,2</b>	<b>44,9</b>	<b>42,9</b>	<b>41,4</b>	<b>39,9</b>	<b>38,5</b>	<b>37,3</b>	<b>36,2</b>	<b>35,2</b>	<b>34,2</b>	<b>33,2</b>	<b>32,3</b>

Duración media	Duración media de las interrupciones (horas)													
	Sin banco de baterías		Con banco de baterías - según minutos de autonomía											
	Cortes > 0 min	Cortes > 3 min	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	0,93	1,78	4,1	4,3	4,2	4,2	4,5	4,8	5,0	5,2	5,1	5,3	5,2	5,7

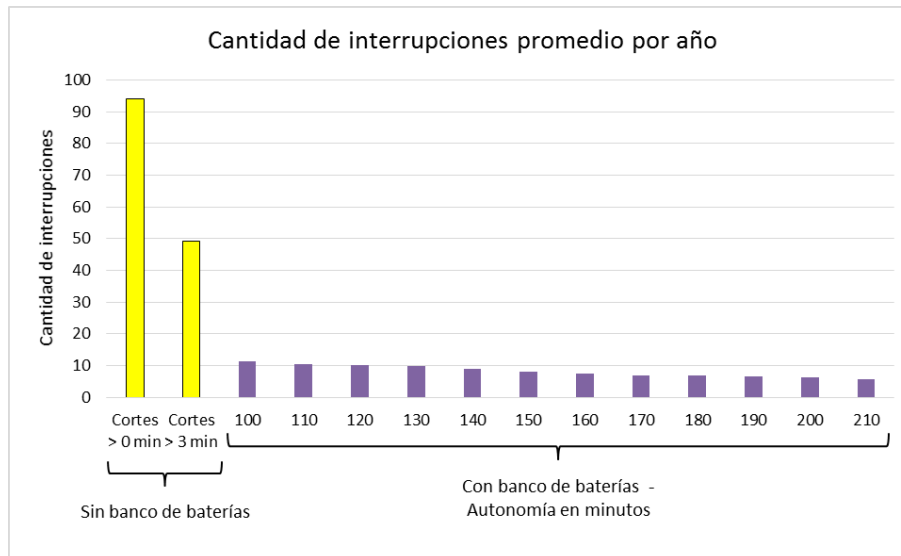


Figura 30. Cantidad de interrupciones promedio anuales según autonomía del banco de baterías.

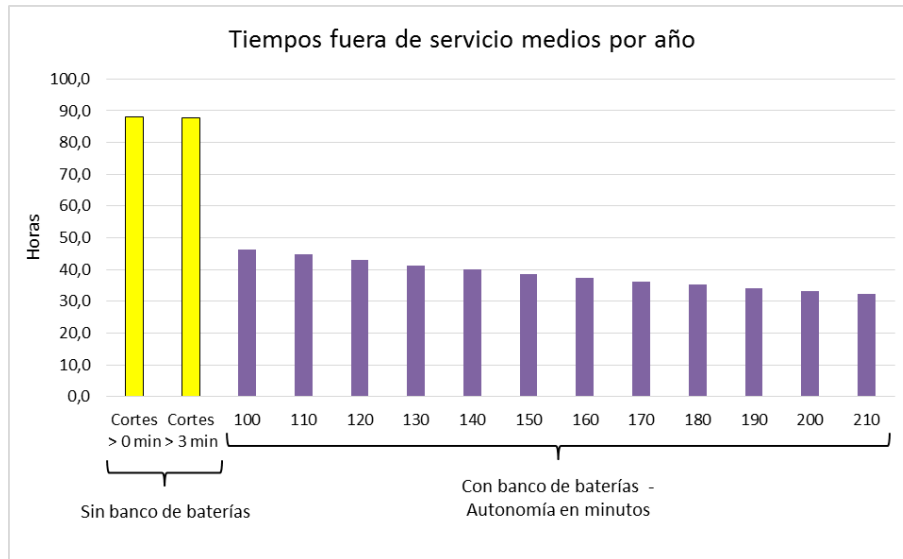


Figura 31. Tiempos fuera de servicio medios anuales según autonomía del banco de baterías.

Los tiempos medios anuales fuera de servicio representan la confiabilidad del sistema de abastecimiento. La tasa de fallas que define la confiabilidad es el cociente entre la cantidad de horas fuera de servicio esperadas y el total de horas del año (8.760 hs). Este concepto será utilizado en los análisis económicos, para determinar la Energía No Suministrada en cada caso.

### 9.1.3.3. Capacidad del banco de baterías. Dimensionamiento.

#### 9.1.3.3.1. Selección del tipo de equipamiento.

La aplicación objeto de este proyecto es de una escala reducida a nivel distribución, por lo que será deseable un sistema basado en módulos de baterías relativamente pequeños.

Revisando la información provista por los fabricantes más importantes de BESS, resolvimos adoptar a priori un sistema contenedorizado de módulos marca ABB, basado en módulos de 65 kWh. La reducida capacidad de estos módulos permite obtener un tamaño del banco correctamente ajustado para proyectos de escalas reducidas tal como el que nos ocupa, permitiendo incluso realizar oportunas ampliaciones conforme la demanda de energía se vaya incrementando, a diferencia de otros sistemas provistos por la firma ABB o bien de otros fabricantes, cuyos sistemas se basan en módulos de baterías con capacidades mínimas del



orden del orden de cientos de kWh y de hasta varios MWh, los cuales son más apropiados y rentables para aplicaciones de mayores escalas.

A continuación, determinaremos la cantidad requerida de módulos de 65 kWh para satisfacer las necesidades del proyecto.

#### 9.1.3.3.2. Capacidad de almacenamiento de energía.

Para determinar la capacidad de almacenamiento requerida del banco de baterías, presentamos en primer lugar una tabla de doble entrada construida a los efectos de calcular las capacidades requeridas en kWh, en función de las potencias medias anuales representativas de la proyección de demanda efectuada en el apartado 8.4.3.1 y de un vector de autonomías, adoptadas a priori a partir de las observaciones realizadas anteriormente, cuyo valor mínimo se fija en 100 minutos.

A la derecha de la tabla de capacidades en kWh, se tabula la cantidad mínima de módulos de 65 kWh necesaria para sostener los mismos tiempos de autonomía adoptados, de acuerdo a las demandas anuales proyectadas.

Tabla 23. Capacidad de almacenamiento requerida del banco de baterías.

Capacidad requerida del banco de baterías (kWh)									Cantidad necesaria de módulos (65 kWh c/u)						
Año	Demanda anual proyectada (kWh)	Potencia media (kW)	Autonomía (minutos)						Autonomía (horas)						
			100	110	120	130	140	150	100	110	120	130	140	150	
			Autonomía (horas)						Autonomía (horas)						
			1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	
Años base	2014	749.433	86	143	157	171	185	200	214	3	3	3	3	4	4
	2015	812.121	93	155	170	185	201	216	232	3	3	3	4	4	4
	2016	878.779	100	167	184	201	217	234	251	3	3	4	4	4	4
	2017	824.329	94	157	173	188	204	220	235	3	3	3	4	4	4
	2018	884.737	101	168	185	202	219	236	252	3	3	4	4	4	4
	2019	794.585	91	151	166	181	197	212	227	3	3	3	4	4	4
Proyección	2020	999.900	114	190	209	228	247	266	285	3	4	4	4	5	5
	2021	1.062.874	121	202	222	243	263	283	303	4	4	4	5	5	5
	2022	1.129.814	129	215	236	258	279	301	322	4	4	4	5	5	5
	2023	1.200.969	137	228	251	274	297	320	343	4	4	5	5	5	6
	2024	1.276.606	146	243	267	291	316	340	364	4	5	5	5	6	6
	2025	1.357.007	155	258	284	310	336	361	387	4	5	5	6	6	6
	2026	1.442.471	165	274	302	329	357	384	412	5	5	6	6	6	7
	2027	1.533.318	175	292	321	350	379	408	438	5	5	6	6	7	7
	2028	1.629.886	186	310	341	372	403	434	465	5	6	6	7	7	8
	2029	1.732.536	198	330	363	396	429	461	494	6	6	7	7	8	8
	2030	1.841.651	210	350	385	420	456	491	526	6	6	7	8	8	9

A la vista de estas tablas, y luego de estudiar diferentes alternativas, determinamos que la solución más conveniente es realizar una inversión inicial en el año 2020 en un banco de baterías de 5 módulos de 65 kWh, totalizando una capacidad de almacenamiento nominal de 325 kWh, considerando una ampliación en el año 2025 de dos módulos adicionales, con lo cual el banco de baterías alcanzaría una capacidad total de 455 kWh.

#### 9.1.3.3.3. Autonomía real del sistema adoptado.

La autonomía del sistema adoptado, que consta inicialmente de 5 módulos de 65 kWh, al cual se le añaden dos módulos en el año 2025, tendrá una autonomía que irá variando en función de la potencia media representativa de la demanda de energía anual. En las siguientes tablas y gráficas se representa la variación de la autonomía a lo largo de la vida útil del proyecto.

Tabla 24. Autonomía proyectada del banco de baterías.

Año	Compra de módulos	Cantidad total de módulos	Energía disponible (kWh)	Potencia media proyectada (kW)	Autonomía proyectada (minutos)	Autonomía proyectada (horas)
2020	5	5	325	114	171	2,8
2021		5	325	121	161	2,7
2022		5	325	129	151	2,5
2023		5	325	137	142	2,4
2024		5	325	146	134	2,2
2025	2	7	455	155	176	2,9
2026		7	455	165	166	2,8
2027		7	455	175	156	2,6
2028		7	455	186	147	2,4
2029		7	455	198	138	2,3
2030		7	455	210	130	2,2

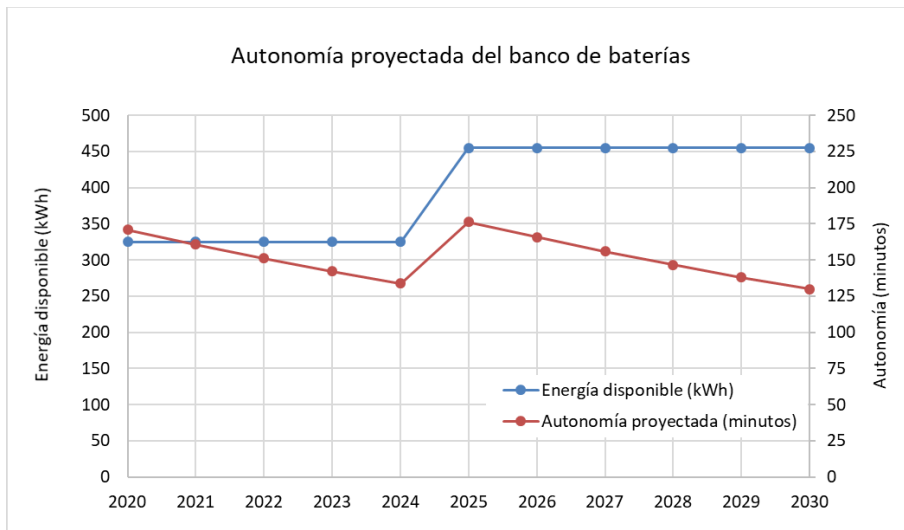


Figura 32. Autonomía proyectada del banco de baterías.

El plan de compra de módulos considera cierto margen por sobre los 100 minutos de autonomía que habíamos propuesto a priori como autonomía mínima, lo cual por un lado garantiza conservadoramente el valor propuesto originalmente, y, por otra parte, permitirá operar el banco de baterías con menores profundidades de descarga, lo cual prolonga su vida útil. Como se observa en la tabla anterior y su gráfica, el sistema así dimensionado ofrece una autonomía mínima de 130 minutos, la cual se da en el año 2.030 y una máxima de 176 minutos en el año 2.025.



#### 9.1.4. Especificaciones del sistema de almacenamiento de energía en baterías (BESS).

Tabla 25. Especificaciones técnicas del BESS.

Especificaciones técnicas del BESS		
Tipo de baterías		Basada en iones de litio
Montaje		Desmontable, en racks
Capacidad de almacenamiento inicial	$W_{2020}$	325 kWh (5 x 65 kWh)
Capacidad de almacenamiento a partir de 2.025	$W_{2025}$	455 kWh (7 x 65 kWh)
Profundidad de descarga de trabajo		> 80 %
Vida útil		> 4.000 ciclos
Eficiencia global en un ciclo completo de trabajo	$\eta$	> 95 %
Potencia nominal del PCS inicial	$S_{n2020}$	300 kVA (3 x 100 kVA)
Potencia nominal del PCS a partir de 2.025	$S_{n2025}$	500 kVA (5 x 100 kVA)
Tensiones de salida del inversor	$U_n$	3 x 208-690 V
Capabilidad		0.6 inductivo a 0.6 capacitivo
Corriente de cortocircuito máxima admisible en la entrada	$I_{k' in}$	6 kA
Aporte a la corriente de cortocircuito	$I_{k' out}$	2,27 kA <sub>rms</sub> , duración 10,15 s 3,08 kA <sub>peak</sub>

Tabla 26. Especificaciones técnicas del transformador de acoplamiento del BESS.

Especificaciones técnicas del transformador de acoplamiento del BESS		
Tensiones nominales	$U_n$	13,2/0,4 kV
Potencia nominal	$S_n$	630 kVA
Tipo de aislación		Transformador seco aislado en resina
Tensión de cortocircuito	$U_{sc}$	6 %
Pérdidas en C.C.	$P_{cu}$	6,8 kW

Adjuntamos en el Apéndice 14.2, fichas técnicas de algunos equipos que cumplen con los requerimientos del sistema propuesto.

##### 9.1.4.1. Características generales de la instalación.

El sistema de almacenamiento de energía deberá ser del tipo contenedorizado, apto para intemperie. El contenedor alojará todos los equipos necesarios para su funcionamiento,



como lo son el sistema de conexión en MT (interruptor de estado sólido), el sistema de control de potencia (PCS), el sistema de gestión de la energía (EMS), el sistema de gestión de las baterías (BMS), el transformador de acoplamiento, las protecciones en corriente continua y alterna, los módulos de baterías y el sistema de refrigeración, entre otros.

La vinculación eléctrica del sistema de almacenamiento con el circuito de potencia de la E.R.A.E. se hará en media tensión a través del interruptor de estado sólido.

El sistema de gestión de la energía (EMS) es el encargado de la gestión global del sistema de almacenamiento. Maneja el sistema de inyección y carga de las baterías, los sistemas de protección y los de refrigeración. Este equipo tendrá la interfaz para ser operado y configurado in situ, pero además contará con los elementos de comunicación necesarios para su operación, configuración y adquisición de datos de forma remota, utilizando protocolos de comunicaciones estándares como Modbus TCP/IP, Modbus RTU, IEC 61850, etc.

#### *9.1.4.2. Sistema de protección contra incendio.*

El sistema de almacenamiento contará con un sistema de protección contra incendio por medio de inyección de un agente extintor inocuo para los sistemas electrónicos, como el fluido NOVEC1230 (C6F12O), que reemplaza al comúnmente utilizado gas halón debido a su nocividad para con el medio ambiente.

#### **9.1.5. Memoria descriptiva de la Estación de regulación y almacenamiento de energía (E.R.A.E).**

Denominamos Estación de regulación y almacenamiento de energía (E.R.A.E). a la infraestructura y equipamiento necesarios para la operación y mantenimiento tanto del BESS referido anteriormente, como del banco de reguladores de tensión, componentes principales de la solución denominada Alternativa 1. El diseño de dicha infraestructura se asimilará al de un centro de transformación, por lo que adoptamos en general las prescripciones de la norma AEA 95401 – “Reglamentación sobre centros de transformación y suministro en media tensión” (edición 2006), cuyos requerimientos se consideran como presupuestos mínimos, sin



perjuicio de mayores exigencias en algún aspecto específico del diseño propuesto. Dicho diseño se resume en los planos y esquemas unifilares presentados como Apéndice 14.3 de este trabajo.

A continuación, a modo de memoria descriptiva, se describirá brevemente la configuración general del circuito de potencia de la E.R.A.E. Para facilitar la interpretación, dicha memoria seguirá las referencias indicadas en el plano de planta general (Apéndice 14.3, plano 1).

#### *9.1.5.1. Apertura del distribuidor.*

Para conectar la Estación de Regulación y Almacenamiento de Energía, será necesario realizar la apertura del distribuidor, para lo cual deberá montarse una estructura de retención de H°A° (37) y realizar la retención de la línea a ambos lados mediante sendos juegos de cadenas de aisladores de retención. A un lado de la misma tendremos la alimentación proveniente del distribuidor en 13,2 kV, el cual acometerá en forma subterránea a la E.R.A.E., y en el otro lado tendremos la línea de 13,2 kV que abastece a la Localidad Piloto, la cual se conectará a la salida regulada y gestionada por la E.R.A.E. La conexión del distribuidor de La Cooperativa con la acometida subterránea a la E.R.A.E. se realizará mediante un seccionador fusible autodesconectador trifásico (tipo Kerney) (2), que servirá de protección contra corrientes de falla para todo el equipamiento conectado aguas abajo en la E.R.A.E., y además permitirá el seccionamiento para consignar la acometida. En ese punto se conectará también un juego de descargadores de sobretensiones de óxido de zinc (OZn) (1) para drenar a tierra cualquier sobretensión transitoria que pueda aparecer en la línea (descargas atmosféricas o sobretensiones de maniobra). La conducción de la acometida subterránea atraviesa todo el terreno de la estación hasta llegar al campo de entrada, que se localiza en el fondo del predio.

#### *9.1.5.2. Campo de entrada.*

En el campo de entrada tenemos como primer elemento conectado el transformador de servicios auxiliares (4), con sus respectivas protecciones, en media tensión consistente en un juego tripolar de seccionadores fusible autodesconectores, y en baja tensión constituida por un juego tripolar de seccionadores fusibles NH A.C.R. para líneas aéreas.

En el siguiente poste del campo de entrada se conecta el transformador de tensión para medición (5) con su respectiva protección, constituida por juego trifásico de seccionadores fusible autodesconectores. Continuando el circuito de potencia se intercala un seccionador bajo carga motorizado con puesta a tierra y telemando (6). Este seccionador podrá ser operado bajo carga, en forma local o a distancia, en caso de falla del interruptor de estado sólido del BESS para sacar de servicio a la estación. Aguas abajo del seccionador bajo carga se conecta un juego de transformadores de corriente para medición y protección (7), precedido de un juego trifásico de descargadores de sobretensiones transitorias de OZn (1).

#### *9.1.5.3. Banco de reguladores automáticos de tensión.*

El circuito de potencia continúa con la conexión de los reguladores automáticos de tensión monofásicos (10), los cuales conforman un banco trifásico conectado en estrella con el centro conectado rígidamente a tierra. Este tipo de conexión permite una regulación independiente de cada fase en  $\pm 10\%$  de la tensión de entrada. La conexión del banco de reguladores al circuito de potencia se hace mediante un juego tripolar de seccionadores unipolares a chuchillas de by-pass (8), lo que permite sacar de servicio el banco de reguladores sin interrumpir el suministro de energía a la Localidad Piloto, en caso de que sea necesario. El banco de reguladores se protege con dos juegos de descargadores de OZn, uno aguas arriba y otro aguas debajo del juego de seccionadores de by-pass.

#### *9.1.5.4. Sistema de almacenamiento de energía (BESS).*

Aguas abajo del banco de reguladores de tensión, se conecta el sistema de almacenamiento de energía (11) mediante un juego tripolar de seccionadores unipolares a



chuchillas de by-pass (9), lo que permite, al igual que en el caso del banco de reguladores de tensión, sacar de servicio el equipo sin interrumpir el suministro de energía a la Localidad Piloto. El BESS tendrá sus propios juegos de descargadores de sobretensión, protegiendo la entrada y la salida del mismo. Este es un requerimiento mínimo de la mayoría de los fabricantes de estos equipos.

#### *9.1.5.5. Campo de salida.*

Siguiendo el circuito en el sentido del flujo de potencia, es decir, desde el BESS hacia la salida de la E.R.A.E., el primer equipo conectado en el campo de salida es un seccionador tripolar a cuernos (13), luego de cual se conecta un reconectador trifásico (14) para la operación y protección de la línea de salida a LP con un juego trifásico de descargadores de sobretensiones de OZn para su protección desde el lado de la línea. A continuación, se conecta un seccionador tripolar a cuernos con puesta a tierra (15), el cual permitirá la consignación del tramo de línea que alimenta a la Localidad Piloto para trabajos de mantenimiento. El último elemento conectado es un juego trifásico de descargadores de sobretensiones de OZn, que protege de sobretensiones que puedan presentarse en la línea a todos los equipos del campo de salida. Finalmente, se tiene el tendido subterráneo del cable de 13,2 kV (16), que atraviesa los límites de la E.R.A.E y se conecta a la línea aérea que abastece a la Localidad Piloto en la estructura de retención (37) dispuesta a los fines de la apertura de la línea.

#### *9.1.5.6. Ampliaciones contempladas.*

Como se observa en el plano de planta general, está prevista la ampliación de la estación, conectando hasta dos campos de salida adicionales. Para dicha ampliación, se reservó espacio para la construcción de una barra de 13,2 kV, para la cual ya queda montada la estructura de H°A° (30) que se aprovechará en primera instancia como columna de iluminación. A futuro debería montarse la estructura (17) para tender la barra, a la cual podrán conectarse los dos campos de salida adicionales. Se prevé la utilización de uno de esos campos para la conexión de generación de energía renovable.



### 9.1.6. Especificaciones de los componentes de la E.R.A.E.

#### 9.1.6.1. Descargadores de sobretensión.

Unidad: Conjunto

Cantidad: ocho (8)

Los descargadores serán de óxido de zinc, de 15 kV de tensión nominal y 10 kA de corriente de descarga nominal; con aislación polimérica y desligador de puesta a tierra. Se debe prever su puesta a tierra mediante una malla flexible que no dificulte la actuación del desligador.

Dentro de la ERAE se instalarán conjuntos trifásicos de descargadores según el detalle siguiente:

- Un juego luego del seccionador bajo carga motorizado c/PAT, en el campo de entrada.
- Un juego conectado previo al banco de reguladores automáticos de tensión.
- Un juego conectado luego del banco de reguladores automáticos de tensión.
- Un juego conectado previo al BESS.
- Un juego conectado luego del BESS.
- Un juego luego del reconectador del campo de salida.

Fuera de la E.R.A.E. se instalarán conjuntos trifásicos de descargadores según el detalle siguiente:

- Un juego antes de la acometida subterránea a la E.R.A.E, sobre el final del distribuidor de La Cooperativa, en la nueva estructura de retención.
- Un juego en la conexión entre la salida subterránea de la E.R.A.E. y la línea aérea que abastece a la Localidad Piloto.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica de un descargador de sobretensiones típico.



#### *9.1.6.2. Seccionadores fusibles autodesconectores.*

Unidad: Conjunto

Cantidad: tres (3)

Deberán ser para 13,2 kV de tensión nominal, corriente nominal de 100 A, y deberán contar con fusibles del tipo Positrol dimensionados en función del equipo que están destinados a proteger y la ubicación dentro del circuito.

Dentro de la ERAE se instalarán conjuntos trifásicos de seccionadores según el detalle siguiente:

- Un juego para la protección del transformador de servicios auxiliares de la estación.
- Un juego para la protección del transformador de tensión instalado en el campo de entrada de la estación.

Fuera de la SET se instalarán un juego trifásico de seccionadores para la protección de la acometida subterránea, así como para la protección de los equipos que se encuentran en el interior de la estación, sobre todo el transformador de tensión y el banco de reguladores. Éstos serán dimensionados en función de la corriente nominal del banco de reguladores de tensión.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica de los seccionadores fusibles autodesconectores adoptados.

#### *9.1.6.3. Seccionador bajo carga motorizado – Seccionador c/PAT.*

Unidad: unidad

Cantidad: uno (1)

Se dispondrá un seccionador bajo carga en aire con cámaras de interrupción rápida, con aisladores de resina cicloalifática. Serán para uso en intemperie, aptos para tensión nominal de 13,2 kV y 600 A de corriente nominal. Tendrá cuchilla de puesta a tierra con comando de accionamiento independiente y enclavado mecánicamente con los contactos principales del seccionador.



El comando será motorizado, se podrá operar el seccionador tanto localmente como a distancia. El equipo de comando contará con sus elementos de señalización, calefacción y enclavamientos correspondientes. La alimentación se hará desde el tablero de servicios auxiliares en baja tensión, y además contará como respaldo con una batería propia para permitir la operación ante la salida de servicio de los servicios auxiliares.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica del seccionador bajo carga adoptado.

#### *9.1.6.4. Transformador de corriente.*

Unidad: conjunto

Cantidad: uno (1)

Se instalará un juego de transformadores de intensidad de 13,2 kV para medición y protección en el campo de entrada a la estación. Los mismos serán del tipo intemperie con aislación seca, de relación 120 – 200/ 5-5 A, prestación 30 VA y clase 0,5-5P 20.

Los transformadores se instalarán con sus correspondientes cajas de conjunción con borneras y puesta a tierra de manera de posibilitar la puesta en cortocircuito y la puesta a tierra de los secundarios del equipo.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica del transformador de corriente adoptado.

#### *9.1.6.5. Transformador de Tensión.*

Unidad: conjunto

Cantidad: uno (1)

Se instalará un conjunto trifásico de transformadores de tensión en derivación al campo de entrada de la estación. Serán del tipo intemperie, relación 13,2/ $\sqrt{3}$  kV - 0,110/ $\sqrt{3}$  kV, prestación 100 VA, clase 0,5. La caja de conjunción contendrá las protecciones correspondientes, resistencia calefactora, equipos complementarios de comunicación y demás elementos menores necesarios para garantizar el correcto montaje y funcionamiento.

Cabe destacar que este transformador de tensión para medición y protección, se instala aguas arriba del seccionador bajo carga, para tener una medición de tensión constante del





nodo T que es alimentado por el distribuidor de La Cooperativa. Esto nos permitirá conocer los valores de tensión del distribuidor aun cuando la estación esté desvinculada de la red por medio del seccionador bajo carga, ya sea por mantenimiento o por cualquier otra necesidad. A su vez, este transformador de medida es necesario para enviar información al BESS y que este pueda determinar en qué momento sea conveniente cargar las baterías, evitando caídas de tensión en el nodo T que puedan comprometer la regulación de tensión por medio del RAT. Si bien el equipo BESS realiza una medición de tensión propia, este lo haría aguas debajo del RAT donde la tensión ya está regulada, no siendo información representativa del estado de carga del distribuidor.

Los transformadores de tensión estarán protegidos por medio de un juego tripolar de seccionador fusible autodesconectores, los cuales fueron descriptos anteriormente. Para las conexiones de media tensión se utilizarán cables protegidos. De ser necesario, se podrán colocar aisladores de paso para fijar los cables de interconexión a la estructura soporte.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica del transformador de tensión adoptado.

#### *9.1.6.6. Transformador de servicios auxiliares.*

Unidad: unidad

Cantidad: uno (1)

El transformador será del tipo llenado integral, relación 13,2/0,4 kV y potencia nominal de 63 kVA. El mismo estará protegido por medio de un juego tripolar de seccionadores fusible autodesconectores, los cuales fueron descriptos anteriormente.

Para las conexiones de media tensión se utilizarán cables protegidos. De ser necesario, se podrán colocar aisladores de paso para fijar los cables de interconexión a la estructura soporte.

El transformador contará con una única salida en baja tensión, la cual alimentará el tablero principal de servicios auxiliares, ya que desde allí se hará la derivación correspondiente a cada circuito seccional y equipo que necesite alimentación en BT.



Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica del transformador adoptado.

#### *9.1.6.7. Seccionador by-pass a cuchillas.*

Unidad: conjunto

Cantidad: dos (2)

Este seccionador trifásico estará conformado por tres seccionadores unipolares a cuchilla by-pass, para una tensión nominal de 15 kV, con aisladores de resina cicloalifática y para una corriente nominal de 600 A.

Estos seccionadores permitirán efectuar el by-pass en el circuito de potencia de los equipos que se encuentran conectados por medio de ellos, ya sea para realizar mantenimiento de los mismos o por cualquier otro motivo que justifique su desvinculación del circuito de potencia.

Dentro de la ERAE se instalarán conjuntos trifásicos de seccionadores según el detalle siguiente:

- Un juego para realizar el bypass del banco de reguladores automáticos de tensión.
- Un juego para realizar el bypass del sistema de almacenamiento de energía (BESS).

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica de los seccionadores by-pass adoptados.

#### *9.1.6.8. Seccionador tripolar a cuernos para 13,2 kV.*

Unidad: conjunto

Cantidad: dos (2)

Serán de operación manual, con aisladores de resina cicloalifática. Deben ser para uso en intemperie, aptos para tensión nominal de 13,2 kV y 600 A de corriente nominal.

Contarán con caja de comando mecánico manual apta para intemperie, con sus elementos de señalización, calefacción y enclavamientos correspondientes.

Según su función en el circuito, el seccionador podrá tener cuchillas de puesta a tierra, las cuales deben ser con comando de accionamiento independiente y enclavamiento mecánico con los contactos principales del seccionador.



Dentro de la ERAE los seccionadores se instalarán según el siguiente detalle:

- Un seccionador antes del reconectador de salida de la estación, sin puesta a tierra, ya que se operaría sólo a los efectos de consignar el reconectador para realizar el mantenimiento correspondiente.
- Un seccionador en la salida de línea, aguas abajo del reconectador, el que estará provisto de puesta a tierra para así permitir la consignación de la línea a la hora de realizar mantenimiento o cualquier otra tarea.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica del seccionador a cuernos adoptado.

#### *9.1.6.9. Reconectador Trifásico.*

Unidad: conjunto

Cantidad: uno (1)

El campo de salida contará con un reconectador trifásico para 13,2 kV con control de operaciones microprocesado, corriente nominal de 630 A, poder de interrupción igual o mayor a 12,5 kA, cuya función principal será la protección de la línea de salida a la Localidad Piloto, y además permitirá su operación a distancia.

El reconectador será operable tanto localmente, a pie de equipo, como a distancia por comando remoto. El equipo de comando deberá contar con sus elementos de señalización, calefacción y enclavamientos correspondientes. La alimentación se hará desde el tablero de servicios auxiliares en baja tensión, y además contará como respaldo con una batería propia para permitir la operación ante la salida de servicio de los servicios auxiliares.

Se incluye en el Apéndice 14.4 la ficha técnica del reconectador adoptado.

#### *9.1.6.10. Reguladores automáticos de tensión monofásicos (RAT).*

Unidad: unidad

Cantidad: tres (3)

Tabla 27. Especificaciones técnicas de los reguladores automáticos de tensión.

Especificaciones técnicas de los RAT		
Tensión nominal	$U_n$	7,62 kV
Nivel básico de aislación	BIL	110 kV
Tipo de conexión		Banco trifásico en estrella, centro conectado rígidamente a tierra
Resistencia de puesta a tierra requerida		< 20 $\Omega$
Potencia nominal	$S_n$	38,1 kVA
Corriente de línea	$I_{línea}$	50 A
Tensión de cortocircuito máxima	$U_{SC\ MAX}$	12 %
Tensión de cortocircuito típica	$U_{SC}$	$\leq$ 8 %

Los reguladores de tensión monofásicos tendrán un conmutador de 32 escalones, cada uno de 0,625% de la tensión de entrada, con 16 posiciones para elevar la tensión y 16 posiciones su reducción. Tendrán indicación analógica externa e independiente en cada regulador de la posición en la que se encuentra el conmutador de taps.

Cada regulador tendrá un sistema de control de tensión individual basado en microprocesador.

Contarán con descargadores de by-pass entre el terminal de fuente y el terminal de carga para proteger los taps y su devanado de los efectos atmosféricos y sobretensiones de operación. Tendrán indicación de nivel y estado del aceite dieléctrico, y válvula de drenaje del mismo.

A pie de equipo se dispondrán los elementos de comando correspondiente para su operación y control, además de los elementos de comunicación necesarios para su operación y adquisición de datos de forma remota (RS232, ethernet, GPRS, etc.).

Conexión del circuito de potencia: la conexión en banco trifásico en estrella permite la regulación de tensión de modo independiente en cada fase, corrigiendo así las caídas de tensión diferentes en cada fase generada por el desequilibrio de cargas, aguas arriba y aguas debajo de la E.R.A.E. Se programarán los controladores de conmutación de los taps para que



trabajen en modo independiente y no en modo maestro-esclavo. Este modo de conexión del banco de reguladores supone el cumplimiento de dos requisitos para funcionar correctamente: uno de ellos es que el sistema de distribución sea en estrella, para que cualquier corriente de neutro motivada por los desequilibrios de las cargas encuentre un camino cerrado por tierra hacia el transformador principal. Si el sistema de distribución fuera en triángulo, cualquier desequilibrio en las cargas en estrella haría que el neutro virtual de los reguladores se desfase y genere una sucesión descontrolada de conmutaciones (avalancha), impidiendo la correcta regulación. El segundo requisito es una baja resistencia de puesta a tierra (inferior a  $20 \Omega$ ) para que las corrientes de desequilibrio no generen tensiones peligrosas respecto del neutro que puedan afectar el normal funcionamiento de los equipos.

En el Apéndice 14.5 se adjunta la ficha técnica y el manual de instrucciones de los reguladores de tensión utilizados.

#### **9.1.7. Modos de operación de la E.R.A.E.**

La E.R.A.E. podrá operar alternativamente en los siguientes modos:

##### *9.1.7.1. Operación normal.*

Cuando el distribuidor de La Cooperativa esté en servicio, y la tensión entregada en la E.R.A.E. se encuentre dentro de los límites de regulación del R.A.T., la regulación se realizará automáticamente mediante el banco de reguladores. El BESS sólo deberá mantener cerrado el interruptor de estado sólido permitiendo la circulación de la energía hacia la salida de la E.R.A.E. El banco de baterías no aportará energía, y podrá estar en carga cuando el sistema de abastecimiento lo permita, en períodos de baja demanda.

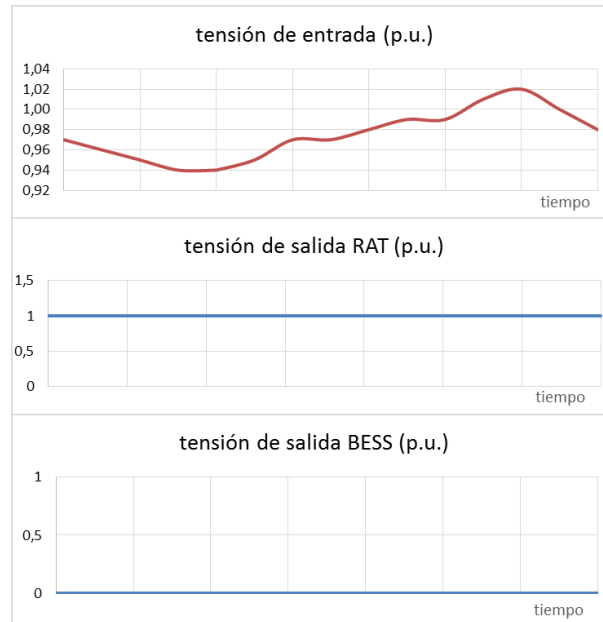


Figura 33. Modo de operación normal de la E.R.A.E.

*9.1.7.2. Partida autónoma o en Isla del BESS ante interrupciones del servicio del distribuidor de La Cooperativa. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).*

En caso de interrupciones de servicio del distribuidor, El BESS actuará como SAI (o UPS en inglés), erogando la potencia demandada por la Localidad Piloto durante el período de tiempo que le permita su capacidad de almacenamiento. Los rápidos tiempos de respuesta que manejan estos equipos ( $\leq 20\text{ ms}$ ), permitirán que el banco de baterías suministre la energía necesaria ante las frecuentes interrupciones que se producen en el distribuidor de La Cooperativa sin interrumpir el suministro a los clientes de ENERSA en la Localidad Piloto, mejorando así sensiblemente la calidad del servicio.

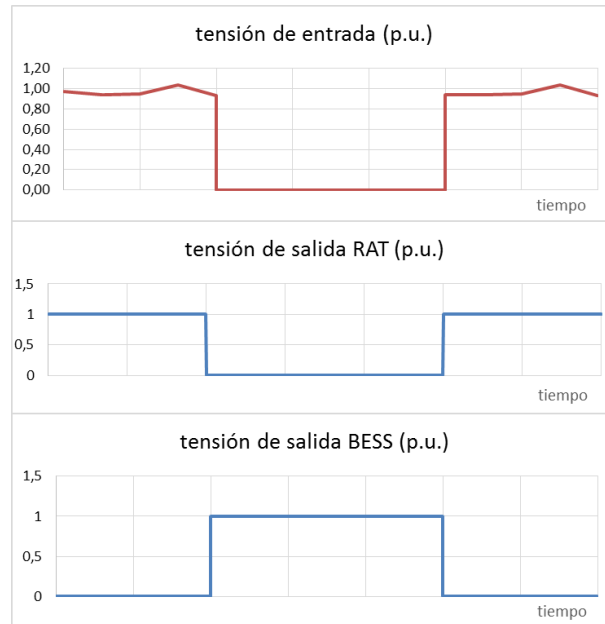


Figura 34. Partida autónoma del BESS ante interrupciones del servicio del distribuidor de La Cooperativa.

El sistema de almacenamiento no necesita de ningún equipo de protección y maniobra complementario para permitir su funcionamiento aislado de la red de La Cooperativa. La función de desvinculación de la red, que evita la inyección de energía aguas arriba de la E.R.A.E., se realiza por medio del interruptor de estado sólido incorporado en el PCS. Es indispensable abrir el circuito aguas arriba de la E.R.A.E., dado que la capacidad de almacenamiento del BESS fue dimensionada para abastecer exclusivamente la demanda de la Localidad Piloto, con una autonomía superior a las dos horas.

Opcionalmente, y a los fines de consignación del distribuidor de La Cooperativa, podrá abrirse el seccionador bajo carga motorizado que se encuentra en el campo de entrada, que dispone además de cuchillas de puesta a tierra, operación que podrá realizarse en forma remota.

El interruptor de estado sólido será el encargado de poner en paralelo el BESS con la red luego de que se dé el restablecimiento de la alimentación desde el distribuidor de La Cooperativa, de forma que los usuarios de la Localidad Piloto no detecten la conmutación

entre las fuentes de alimentación. Esta puesta en paralelo es comandada por el EMS (Energy Management System), previa configuración de parámetros del mismo.

#### *9.1.7.3. Partida en Isla del BESS por mínima tensión.*

Tal como se detalló en el apartado dedicado al modo de operación normal, en primera instancia las deficiencias en calidad de producto técnico presentes en la Localidad Piloto serán resueltas mediante la operación automática del banco de reguladores de tensión, pero a partir de simulaciones de flujo de potencia llevadas a cabo con el software ETAP®, se observa que, debido al aumento de la demanda proyectada hacia el año 2030, los valores de caída de tensión para los momentos de demanda máxima estarán muy por fuera de los límites admisibles, al tal punto que el rango de regulación de los RAT resultará insuficiente. Por ejemplo, la tensión disponible en el nodo T, con la máxima demanda proyectada de los clientes de La Cooperativa, y considerando la desconexión de la demanda de la Localidad Piloto resulta:

$$V_{T@2.030} = 11.1 \text{ kV}$$

Y en términos porcentuales referidos a la tensión nominal:

$$V\%_{T@2.030} = 84,1 \%$$

Como se observa, la tensión disponible queda fuera del rango de regulación del banco de reguladores ( $\pm 10 \%$ ). Dicha situación empeoraría aún más si consideráramos conectada la demanda de la Localidad Piloto y la caída de tensión adicional en la línea aérea que abastece a la Localidad Piloto a partir de la E.R.A.E., resultando valores de tensión disponibles en la Localidad Piloto tan bajos que forzarían la desconexión total de la demanda.

Dicha situación está contemplada por este modo de operación, el cual implica la partida autónoma del BESS, operando en forma idéntica al modo de partida autónoma por interrupción del servicio, pero disparado en este caso por mínima tensión.

Mientras la carga de la Localidad Piloto sea alimentada de forma aislada por el BESS, sosteniendo los niveles de tensión adecuados aguas debajo de la E.R.A.E., el PCS estará



relevando continuamente la tensión en los bornes de salida de los RAT para determinar el momento apropiado para ponerse en paralelo con la red y así conmutar nuevamente a la alimentación desde el distribuidor de la Cooperativa.

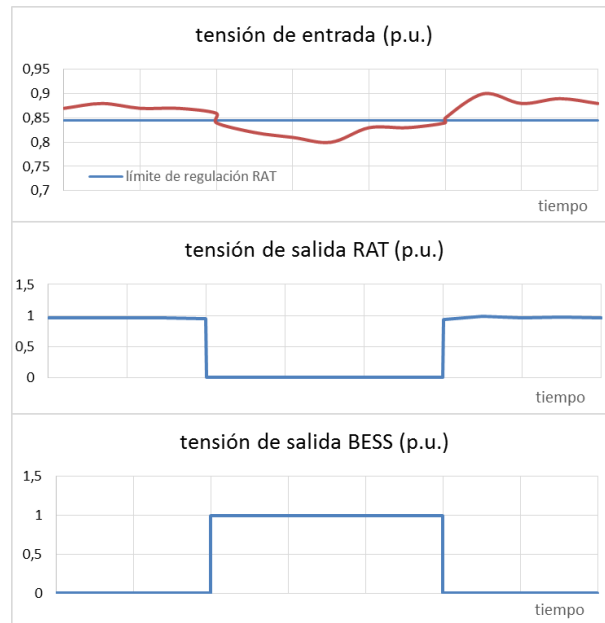


Figura 35. Partida autónoma del BESS por mínima tensión.

El funcionamiento en forma aislada del BESS con respecto al distribuidor de La Cooperativa es inevitable, ya que para sostener niveles de tensión adecuados en la Localidad Piloto, manteniendo el funcionamiento en paralelo con el distribuidor, el nodo T debería exportar energía a La Cooperativa en los momentos de demanda máxima, desplazando el punto de mínima tensión del sistema hacia algún punto aguas arriba de la E.R.A.E, situación para la cual el sistema de almacenamiento no fue dimensionado, debido a que las potencias y capacidades de almacenamiento que serían necesarias resultarían antieconómicas a los fines que persigue este proyecto.

Los resultados citados y el detalle completo del análisis pueden consultarse en el informe del análisis de flujo de potencia realizado con ETAP®, que se incluye en el Apéndice 14.6.

#### *9.1.7.4. Arbitraje de energía.*

En este modo de operación, el BESS gestiona temporalmente la energía eléctrica, cargando el banco en horas de baja demanda y despachando la energía almacenada en horas punta. De esta manera, además de optimizar el uso de la red, pueden obtenerse beneficios económicos aprovechando la diferencia de precios de la energía en el mercado mayorista eléctrico, en donde se compra la energía a precios reducidos en horas valle y se la vende en horas punta a un precio mayor. Es el único de los modos de operación en donde el sistema de almacenamiento trabajaría en paralelo con la red eléctrica, mientras inyecta energía al sistema de abastecimiento de la Localidad Piloto.

Este modo de operación no aportaría mejoras significativas a la solución del problema de calidad de producto en la Localidad Piloto, ya que como se analizó en el apartado 8.1.4.4.1., la participación relativa del consumo de la misma en la demanda agregada del distribuidor de La Cooperativa es de poca relevancia, por lo que la nivelación de la curva de carga de la Localidad Piloto (5.3.1.) poco influiría en el perfil de tensiones del distribuidor.

En primera instancia, este modo de operación no sería utilizado, por lo que no se incluirá en los análisis económicos, pero de todos modos se explica ya que es posible su empleo, dado que la arquitectura eléctrica de la solución así lo permite.



### **9.1.8. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.**

#### *9.1.8.1. Método aplicado.*

El cálculo de las corrientes de cortocircuito se realizó según las prescripciones de la norma AEA 90909-0 – “Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna”, edición 2.005, cuyo método se basa en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de defecto y la sustitución de todas las redes de alimentación, máquinas sincrónicas y asincrónicas por sus impedancias internas.

Los resultados obtenidos fueron además verificados con el software ETAP<sup>®</sup>, cuyo cálculo de cortocircuito está basado en la norma IEC 60909, no encontrándose desviaciones significativas.

Se calcularán en primer lugar las corrientes de cortocircuito para la configuración actual del sistema, para luego contrastarlas con las corrientes de cortocircuito que podrían establecerse luego de implementar la solución de abastecimiento denominada Alternativa 1. Esta contrastación permitirá determinar si es necesario algún cambio en el equipamiento aguas arriba y aguas debajo de la E.R.A.E. por otros de mayor poder de ruptura.

#### *9.1.8.2. Corriente simétrica inicial de cortocircuito.*

En el caso que nos ocupa, se verifica que la impedancia de secuencia homopolar es mayor que las de secuencia directa e inversa, que es lo más habitual, por lo que la corriente de cortocircuito más elevada estará dada para el defecto trifásico. Por ello, nos limitaremos a calcular exclusivamente las corrientes de cortocircuito para este tipo de defecto.

#### *9.1.8.3. Corrientes de cortocircuito para la configuración actual del sistema de abastecimiento de LP.*

A continuación, se resumen los valores calculados de las impedancias de cada elemento del sistema de abastecimiento:



Impedancias						
	Red	T1	T2	Linea a T	Linea T a LP	
<b>X</b>	0,28	2,59	2,70	11,45	1,84	$\Omega/\text{fase}$
<b>R</b>	0,03	0,18	0,19	25,57	6,55	$\Omega/\text{fase}$

Con estas impedancias, obtenemos las siguientes corrientes de cortocircuito en los puntos de interés:

<b>Falla trifasica</b>		
	Nodo T	Localidad Piloto
<b>C</b>	1,10	1,10
<b>Z<sub>eq</sub></b>	28,82	35,51
<b>I<sub>k3</sub></b>	290,92	236,06

Como se observa, la gran longitud de la línea y su reducida sección producen una importante limitación a las corrientes de cortocircuito, resultando valores inferiores al kiloampere.

#### 9.1.8.4. Corrientes de cortocircuito para la Alternativa 1.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en los mismos puntos de interés, pero ya con la presencia de los equipos que constituyen la solución de abastecimiento Alternativa 1, deben incorporarse al cálculo las impedancias los siguientes equipos:

- Autotransformadores
- Inversor de conexión a red

A continuación, mostramos los valores calculados de las impedancias de cada uno de los equipos que participan en las fallas:

Impedancias									
	Red	T1	T2	Linea a T	Linea T-LP	RAT	BESS	Trafo BESS	
<b>X</b>	0,278	2,587	2,697	11,455	1,839	18,284	105,375	16,364	$\Omega/\text{fase}$
<b>R</b>	0,028	0,184	0,192	25,568	6,550	0,467	11,092	2,755	$\Omega/\text{fase}$

A partir de la utilización de estos valores y aplicando el método de la fuente equivalente en el punto de defecto, obtuvimos los siguientes valores.

<b>Falla trifásica</b>			
	<i>Nodo T</i>	<i>Localidad Piloto</i>	
<b>C</b>	1,10	1,10	
<b>Z<sub>eq</sub></b>	26,52	30,98	<b>Ω/fase</b>
<b>I<sub>k3</sub></b>	316,15	270,61	<b>A</b>

Como puede observarse, los valores de corriente de cortocircuito en cada punto de falla han aumentado, pero en no más de un 15% en ambos casos. Teniendo en cuenta además los reducidos valores de las corrientes de cortocircuito resultantes, se concluye que no sería necesario realizar cambios en los equipos de maniobra y protección que se están utilizando en la red actual.

#### 9.1.9. Simulación de flujo de potencia con ETAP®

De acuerdo al diseño propuesto, se realizó la simulación del flujo de potencia utilizando el software ETAP®. Los resultados de dicho análisis se incluyen en el Apéndice 14.6, con el diagrama unifilar correspondiente.

#### 9.1.10. Confiabilidad.

##### 9.1.10.1. Confiabilidad del sistema de abastecimiento actual.

De la Tabla 22, expuesta en el apartado 9.1.3.2. (Autonomía del banco de baterías.), podemos leer la cantidad promedio anual de interrupciones y el tiempo fuera de servicio promedio anual del sistema de abastecimiento actual (sin contar con el BESS), obtenido como promedio de los años que fueron analizados oportunamente a fin del dimensionamiento del banco de baterías, considerando solamente las interrupciones de duración mayor a 3 minutos. Con dichos valores construimos la siguiente tabla, cuyo resultado final nos da la confiabilidad del sistema de abastecimiento actual:



Tabla 28. Confiabilidad del sistema de abastecimiento actual.

Longitud total del distribuidor	L	46	km
Salidas de servicio / año		49	u
Salidas de servicio / 100 km / año		106,5	u
Horas f/s totales /año		87,7	horas
Probabilidad de falla		0,01002	
Confiabilidad		0,98998	

#### *9.1.10.2. Confiabilidad del sistema de abastecimiento considerando la Alternativa 1*

La incorporación del BESS en el sistema de abastecimiento actual, reduce sustancialmente el tiempo fuera de servicio de la alimentación a la Localidad Piloto, dependiendo de la autonomía del banco de baterías, tal como se analizó en el apartado 9.1.3.2. En la Tabla 22 de dicho apartado, se habían calculado los tiempos fuera de servicio promedio anuales resultantes para una serie valores fijos de autonomía entre los 100 y los 210 minutos, con intervalos de 10 minutos entre cada valor.

Para estimar el grado de confiabilidad de la Alternativa 1, deberemos en primer lugar aproximar las autonomías proyectadas en el apartado 9.1.3.3 para cada año a partir del 2.020, a los valores de la serie de la Tabla 22, para así asignar a cada año un tiempo fuera de servicio promedio y luego obtener un valor promedio global. Combinando los datos de la Tabla 22 con los de la Tabla 24 obtenemos:

Tabla 29. Horas fuera de servicio promedio anuales de la Alternativa 1.

Año	Autonomía proyectada (minutos)	Autonomía nominal (minutos)	Horas f/s anuales
2020	171	170	36,2
2021	161	160	37,3
2022	151	150	38,5
2023	142	140	39,9
2024	134	130	41,4
2025	176	180	35,2
2026	166	170	36,2
2027	156	160	37,3
2028	147	150	38,5
2029	138	140	39,9
2030	130	130	41,4
<b>Horas f/s promedio anuales</b>			<b>38,3</b>

Finalmente, calculamos los valores representativos de la confiabilidad:

Tabla 30. Confiabilidad de la Alternativa 1.

Horas f/s totales /año		38,3	horas
Probabilidad de falla		0,00438	
Confiabilidad		0,99562	

La Alternativa 1 reduciría el tiempo fuera de servicio promedio anual de 87,7 a 38,3 horas, lo que representa una disminución del 56,3%.

## 9.2. Alternativa 2: nuevo alimentador en 13,2 kV

### 9.2.1. Generalidades.

Como segunda alternativa de abastecimiento de la Localidad Piloto, planteamos la construcción de una nueva línea en 13,2 kV, que operaría como alimentador, abasteciendo con el 100% de su capacidad a LP. Opcionalmente, cabe la posibilidad de que en el mismo nodo final se conecte un nuevo punto de venta a La Cooperativa, desde donde se podrían alimentar las cargas que esta tenga conectadas aguas debajo de la derivación de la actual línea hacia la Localidad Piloto. De esta manera, además de solucionarse el abastecimiento en la

Localidad Piloto, se descargaría parcialmente el distribuidor de la cooperativa, mejorando así su perfil de tensión.

El tipo constructivo responderá a las especificaciones técnicas de ENERSA, para líneas de 13,2 kV con postes de H°A°, cuyas estructuras soportan conductores de hasta 120 mm<sup>2</sup>. En el Apéndice 14.9 se incluye el plano del tipo constructivo correspondiente a una alineación coplanar vertical 13,2 kV con columna de H°A°, el cual es representativo de la geometría y disposición de los conductores adoptada.

#### 9.2.2. Características principales.

- U<sub>n</sub>: 13,2 kV
- Disposición de los conductores: coplanar vertical (line - post)
- Distancia entre fases: 1,1 m
- Distancia respecto a tierra: 11,6 m (desde conductor superior)
- Conductor: ACSR 70/12 mm<sup>2</sup>, IRAM 2187
- Longitud: 32 km

#### 9.2.3. Diseño eléctrico asistido con ETAP®

De acuerdo a la arquitectura propuesta, se realizó el diseño eléctrico de la solución y las verificaciones pertinentes utilizando el software ETAP®.

Se incluye en el Apéndice 14.7 el informe del software de simulación, con el diagrama unifilar correspondiente y los resultados de los análisis de flujo de potencia y cortocircuito.

#### 9.2.4. Confiabilidad.

A partir de datos típicos de tasas de falla por km de línea por año y tiempos de reposición característicos de las líneas de distribución de ENERSA en 13,2 kV, obtenemos los siguientes indicadores de confiabilidad:





Tabla 31. Confiabilidad de la Alternativa 2.

	Tipo de falla		
	Simple	Severa	
Tasa de falla (eventos/km/año) (*)	0,36	0,02	u
Tiempo de reposición (*)	2,5	24,0	horas
Longitud	32	32	km
Horas f/s	28,8	15,4	horas
Horas f/s totales	44,2		horas
Probabilidad de falla	0,00329	0,00175	
Confiabilidad	0,99671	0,99825	
Probabilidad total de falla	0,00504		
Confiabilidad total	0,99496		

(\*) Tasas de falla de LMT 13,2 kV proporcionadas por ENERSA - Sector Planificación

La Alternativa 2 reduciría el tiempo fuera de servicio promedio anual de 87,7 a 44,2 horas, lo que representa una disminución del 49,6%. Por lo tanto, la Alternativa 1, que como ya estimamos, reduciría el tiempo fuera de servicio en un 56,3%, es efectivamente competitiva en cuanto a confiabilidad con una línea aérea de alimentación nueva en 13,2 kV.

### 9.3. Alternativa 3: nuevo alimentador en 33 kV y SET en Localidad Piloto

#### 9.3.1. Generalidades.

La tercera opción considerada es la construcción de una nueva línea de subtransmisión en 33 kV, la cual saldría de forma radial desde la SET actual hasta las cercanías de la localidad piloto, en donde se emplazaría una nueva subestación, a la que denominaremos "SET Localidad Piloto". La misma alimentaría a la Localidad Piloto, y también podría tener campos de salida dedicados a la venta de energía a La Cooperativa, en forma similar a lo contemplado en la alternativa anterior.

El tipo constructivo responderá a las especificaciones técnicas de ENERSA, para líneas de 33 kV con postes de H°A°. En el Apéndice 14.10 se incluye el plano de estructuras típicas de alineación y de retención adoptadas.

### 9.3.2. Características principales.

#### 9.3.2.1. Línea

- Un: 33 kV
- Disposición de los conductores: coplanar vertical
- Distancia entre fases: 1,3 m
- Distancia respecto a tierra: 13,6 m (desde conductor superior)
- Conductor: ACSR 50/8 mm<sup>2</sup> - IRAM 2187
- Longitud: 32 km

#### 9.3.2.2. SET “Localidad Piloto”

- Tipo constructivo: simple barra
- Una entrada en 33 kV
- Tres campos de salida 13,2 kV
- Equipamiento exterior con telemando
- Potencia nominal: 2 x 2,5 MVA (comenzaría con 1 x 2,5 MVA)
- Los parámetros del transformador serán los correspondientes a los valores normales para transformadores de la misma potencia nominal. Los mismos no poseen RBC.

### 9.3.3. Diseño eléctrico asistido con ETAP®

De acuerdo a la arquitectura propuesta, se realizó el diseño eléctrico de la solución y las verificaciones pertinentes utilizando el software ETAP®.

Se incluye en el Apéndice 14.8 el informe del software de simulación, con el diagrama unifilar correspondiente y los resultados de los análisis de flujo de potencia y cortocircuito.

### 9.3.4. Confiabilidad.

Por ser insignificante la probabilidad de falla de la SET frente a la probabilidad de falla de una línea de subtransmisión de la longitud contemplada en la Alternativa 3, por razones



prácticas, asimilaremos la confiabilidad de la misma a la de una línea aérea de subtransmisión nueva en 33 kV.

A partir de datos típicos de tasas de falla por km de línea por año y tiempos de reposición característicos de las líneas de subtransmisión de ENERSA en 33 kV, obtenemos los siguientes indicadores de confiabilidad:

Tabla 32. Confiabilidad de la Alternativa 3.

	Tipo de falla		
	Simple	Severa	
Tasa de falla (eventos/km/año) (*)	0,12	0,02	u
Tiempo de reposición (*)	2,5	24	horas
Longitud	32	32	km
Horas f/s	9,6	15,4	horas
Horas f/s totales	25,0		horas
Probabilidad de falla	0,00110	0,00175	
Confiabilidad	0,99890	0,99825	
Probabilidad total de falla	0,00285		
Confiabilidad total	0,99715		

(\*) Tasas de falla de LMT 33 kV proporcionadas por ENERSA - Sector Planificación

Se observa que la Alternativa 3 es la que mayor confiabilidad presenta de las 3 propuestas, permitiendo una reducción el tiempo fuera de servicio promedio anual de 87,7 a 25 horas, es decir una disminución del 71,5%.





## 10. Evaluación económica

### 10.1. Método de evaluación

La Resolución EPRE 214 del 08/09/1997, respondiendo a lo requerido por el Artículo 12 de la Ley Provincial N° 8916 y por el Artículo 12 de su Decreto Reglamentario N° 1300/1995, establece que todas aquellas instalaciones eléctricas que involucren el nivel de tensión 132 kV o superior, requerirán el certificado que acredite la conveniencia y necesidad pública de la misma, antes de comenzar su construcción, extensión, ampliación y/u operación, por parte de Las Distribuidoras. Además, dicha resolución aprueba el Procedimiento para la obtención del Certificado de Conveniencia y Necesidad Pública, que constituye el Anexo I de la misma.

El Procedimiento indicado supra, establece la información mínima que debe acompañar la solicitud del Certificado de Conveniencia y Necesidad Pública para la construcción, extensión o ampliación de instalaciones que requieran tal calificación del EPRE. En lo que se refiere a evaluación económica, la solicitud debe incluir:

- Proyecto técnico y valorización de la instalación propuesta.
- Valor presente del total de los costos de inversión, operación y mantenimiento del Sistema Eléctrico con las modificaciones que se deriven de la ampliación solicitada y sin las mismas.

El criterio de evaluación de solicitudes por parte del EPRE indica que el valor presente del total de costos de inversión, operación y mantenimiento del Sistema Eléctrico con las modificaciones que se deriven de la construcción, extensión o ampliación solicitada, debe ser inferior al valor presente del costo total de operación y mantenimiento de dicho sistema sin tales modificaciones, incluyendo dentro de los costos de operación mencionados precedentemente el valor de la energía no suministrada.

Si bien nuestro proyecto no involucra ampliaciones en el nivel de tensión 132 kV, por lo que los requerimientos de la Resolución EPRE 214 del 08/09/1997 no serían de cumplimiento obligatorio, al no existir un criterio formal para evaluar económicamente una ampliación o



repotenciación de un sistema de abastecimiento en media tensión, consideramos razonable adoptar el criterio de evaluación económica especificado en la citada Resolución EPRE a fin de comparar las diferentes alternativas de abastecimiento propuestas, introduciendo algunas simplificaciones que se indicarán cuando sea necesario. Esta metodología es la utilizada habitualmente por ENERSA para la evaluación económica de proyectos, por lo que la consideramos suficiente a los fines que persigue este proyecto.

En los siguientes apartados, se detallan las particularidades que han sido consideradas para cada componente del análisis económico de las diferentes alternativas planteadas.

#### **10.1.1. Costo de las inversiones.**

El costo de inversión correspondiente a la Alternativa 1, que fue la desarrollada en detalle por ser la más innovadora, se determinó en base a los precios de cada elemento que compone la instalación, considerando además el costo de la obra civil y el montaje electromecánico.

Los costos de inversión correspondientes a las Alternativas 2 y 3 se estimarán en base a costos unitarios de líneas de subtransmisión y subestaciones transformadoras, recopilados de diferentes obras ya realizadas por ENERSA.

#### **10.1.2. Costo de la Energía no suministrada (CENS)**

Se determinará el costo de la energía no suministrada (CENS), de acuerdo a lo especificado en la Resolución EPRE 214/1997, tanto para el sistema de abastecimiento actual sin modificaciones, como para las tres alternativas de abastecimiento planteadas. Se tendrán en cuenta la ENS por indisponibilidad y la ENS por saturación de algún elemento de la red, es decir, en este caso, la que resulta de las desconexiones de demanda necesarias para no entregar tensiones por debajo del límite aceptable.

El costo unitario del kWh de ENS para ENERSA, de acuerdo a estudios realizados por la consultora Mercados Energéticos, puede variar entre U\$D 1,56 y U\$D 3,13. Adoptaremos para nuestros cálculos un costo de la ENS de U\$D 2,00/kWh.

#### *10.1.2.1. ENS por saturación.*

Se considera que sólo será necesaria la desconexión de demanda en el sistema de abastecimiento actual, si no se introduce alguna de las mejoras propuestas. Por lo que toda la demanda que supere la potencia límite asignada se considerará desconectada.

Todas las alternativas de solución propuestas en este trabajo permiten el abastecimiento total de la Localidad Piloto, manteniendo la calidad del producto técnico durante toda la vida útil del proyecto, sin necesidad de desconectar demanda. Por ello, no será necesario calcular ENS por este concepto en las alternativas 1, 2 y 3.

#### *10.1.2.2. ENS por indisponibilidad.*

Se calculará en todos los casos, basándonos en la probabilidad de falla de cada configuración del sistema de abastecimiento, que fue calculada en los diferentes apartados dedicados a la determinación de los indicadores de confiabilidad.

#### **10.1.3. Costos de operación y mantenimiento.**

Si bien los costos de operación y mantenimiento existirán para cualquier configuración, las diferencias en los costos para cada alternativa no serían significativas en la comparación económica; y dada la dificultad de determinarlos, preferimos directamente desestimarlos del análisis comparativo.

### **10.2. Moneda**

Dada la incertidumbre existente en los últimos tiempos, tanto en materia macroeconómica como energética y tarifaria en el País, es muy difícil establecer una proyección realista del tipo de cambio y de los precios de la energía en el Mercado eléctrico mayorista para los próximos años. Más difícil aún sería establecer pronósticos sobre el nivel de intervención del gobierno en la tarifa final a los usuarios de las distribuidoras.

Por otra parte, la mayoría del equipamiento electromecánico y electrónico, así como el precio de la propia energía tienen un componente de costo mayoritario vinculado al dólar



estadounidense. Por ejemplo, las cotizaciones que hemos recibido de los fabricantes de los componentes principales de la E.R.A.E., al ser equipamiento importado, vienen directamente expresadas en dólares. También el costo de la energía no suministrada está expresado en esta moneda, tanto en estudios de consultoras privadas como en documentación emitida por la Secretaría de Energía de la Nación.

Por los motivos anteriormente aludidos, se resuelve utilizar el dólar estadounidense (USD) como referencia para todo el análisis económico. En el caso de los precios del equipamiento de origen nacional o de la mano de obra, que normalmente se cotiza en pesos, se convertirá a dólares usando el tipo de cambio de la fecha de referencia de la cotización.

El IVA de las inversiones no se tendrá en cuenta, ya que ENERSA, al ser responsable inscripto, computa el IVA pagado en el equipamiento como crédito fiscal, teniendo finalmente un efecto neto nulo en el balance económico.

### **10.3. Costo de las inversiones. Presupuesto**

#### **10.3.1. Alternativa 1.**

##### *10.3.1.1. Costo el equipamiento principal (importación).*

###### **10.3.1.1.1. Reguladores automáticos de tensión Toshiba 7,62 kV – 50 A.**

Considerando la cotización solicitada a Flopower Chile de tres reguladores automáticos de tensión marca Toshiba, origen Brasil (Mercosur), con las características requeridas por el proyecto, más los costos estimados de importación, seguro y flete nacional e internacional, calculamos el siguiente monto total por la importación de los RAT, con entrega en almacenes de ENERSA:



Tabla 33. Estimación de costos de importación RAT.

Reguladores automáticos de tensión TOSHIBA 7,62 kV - 50 A			
Valor EXW (*)	USD	30.520,00	
Origen: Brasil (producto Mercosur)			
Distancia de fabrica-Pna.		2280	km
Peso		2,7	t
Flete argentino internacional		0,25	USD/km.t
Seguro de carga (0,5%)	USD	152,60	
Valor flete arg	USD	1.539,00	
Valor CIF (*)	USD	32.211,60	
Costos importación estimados (5%)	USD	1.610,58	
Valor en almacén de ENERSA (DDP) (*)	USD	33.822,18	

(\*) INCOTERMS ® 2010

Adjuntamos cotización (valor EXW) del juego de reguladores en el Apéndice 14.11.

#### 10.3.1.1.2. Sistema de almacenamiento de energía (BESS) ABB.

Para el caso del BESS, no logramos conseguir una cotización de parte de los fabricantes, por lo que se estimó en base a valores unitarios característicos de sistemas completos ya instalados, relevados y recopilados por la Agencia internacional de energía renovable (IRENA):

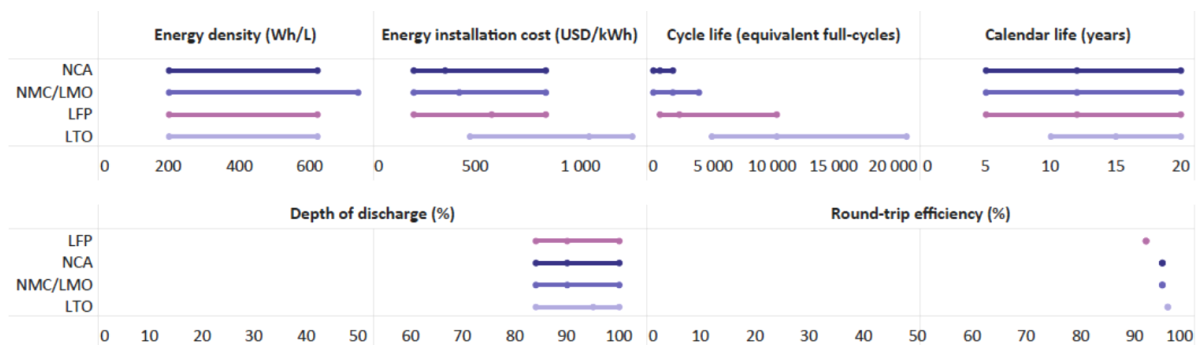


Figura 36. Propiedades de los sistemas de almacenamiento de energía en baterías de ion de litio, 2016.  
Fuente: IRENA.

Adoptamos un valor promedio de U\$D 700,00/kWh. En función de esto, y considerando equipamiento a proveer por la firma ABB, con fabricación europea, los costos de importación,



flete y seguros, obtenemos el siguiente monto total por la importación del BESS, con entrega en almacenes de ENERSA:

Tabla 34. Estimación de costos de importación BESS.

<b>BESS 325 kWh - 300 kVA (Compra inicial 2020)</b>		
<b>Valor FOB (*)</b>	<b>USD 227.500,00</b>	
Origen: Europa (producto NO MERCOSUR)		
Peso	7,00	t
Dimensión	Cont. 40 pies	
Flete marítimo	USD 740,00	
Seguro de carga (0,5%)	USD 1.137,50	
Distancia Bs. As. - Paraná	460,00	km
<b>Valor CIF )(*)</b>	<b>USD 229.377,50</b>	
Costos importación estimados (20%, incluye AEC)	USD 45.875,50	
Flete terrestre hasta Paraná	USD 420,00	
<b>Valor en almacén de ENERSA (DDP) (*)</b>	<b>USD 275.673,00</b>	

<b>BESS 130 kWh - 200 kVA (Repotenciación 2025)</b>		
<b>Valor FOB (*)</b>	<b>USD 91.000,00</b>	
Origen: Europa (producto NO MERCOSUR)		
Peso	2,00	t
Dimensión	-	
Flete marítimo	USD 300,00	
Seguro de carga (0,5%)	USD 455,00	
Distancia Bs. As. - Paraná	460,00	km
<b>Valor CIF (*)</b>	<b>USD 91.755,00</b>	
Costos importación estimados (20%, incluye AEC)	USD 36.702,00	
Flete terrestre hasta Paraná	USD 120,00	
<b>Valor en almacén de ENERSA (DDP) (*)</b>	<b>USD 128.577,00</b>	

(\*) INCOTERMS ® 2010

### 10.3.1.2. Costo de la obra civil y montaje electromecánico.

En base a costos unitarios de obras similares ya ejecutadas por ENERSA, y considerando la conversión a dólares de acuerdo al tipo de cambio vigente a la fecha de certificación de los mismos, confeccionamos el siguiente presupuesto para la obra civil y montaje electromecánico:

Tabla 35. Presupuesto de obra civil y montaje electromecánico.

<b>Presupuesto - Obra civil y montaje electromecánico</b>						
ITEM	DENOMINACION Y CARACTERISTICA	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL DEL ITEM (USD)	INCIDENCIA (%)
<b>OBRA CIVIL</b>					<b>USD 147.387,71</b>	<b>56,29%</b>
1	Replanteo y Proyecto	Global	1	USD 6.315,46	USD 6.315,46	2,41%
2	Relleno, Nivelación y Compactación del terreno	Global	1	USD 17.403,36	USD 17.403,36	6,65%
3	Cerco Perimetral y Portón de acceso	Global	1	USD 21.820,68	USD 21.820,68	8,33%
4	Platea de reguladores de tensión con cerco 1,20 m	Global	1	USD 11.880,78	USD 11.880,78	4,54%
5	Platea banco de baterías	Global	1	USD 11.880,78	USD 11.880,78	4,54%
6	Cisterna separadora de aceites	Global	1	USD 6.537,79	USD 6.537,79	2,50%
7	Fundaciones de Hormigón Simple	Global	1	USD 8.554,95	USD 8.554,95	3,27%
8	Cañeros y Cámaras de registro	Global	1	USD 3.909,00	USD 3.909,00	1,49%
9	Alcantarilla y Pavimento	Global	1	USD 19.051,20	USD 19.051,20	7,28%
10	Estructuras soporte para equipos	Global	1	USD 14.954,58	USD 14.954,58	5,71%
11	Estructura de retención recta (RR+1)	Cjto	1	USD 12.546,41	USD 12.546,41	4,79%
12	Sistema de Puesta a Tierra	Global	1	USD 12.532,70	USD 12.532,70	4,79%
<b>MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b>					<b>USD 114.451,01</b>	<b>43,71%</b>
13	<b>EQUIPAMIENTO DE MANIOBRA</b>					
13.1	Reconector Trifásico para 13,2 kV	Cjto	1	USD 2.221,22	USD 2.221,22	0,85%
13.2	Seccionador Tripolar Bajo Carga 13,2kV 600A Horizontal c/ PAT + c/comando + motorizado	Cjto	1	USD 2.100,00	USD 2.100,00	0,80%
13.3	Seccionador tripolar a cuernos p/15kV-400A - c/aisl. de resina c/cuch. PAT + c/comando	Cjto	1	USD 1.973,65	USD 1.973,65	0,75%
13.4	Seccionador tripolar a cuernos p/15kV-400A - c/aisl. de resina s/cuch. PAT + c/comando	Cjto	1	USD 1.633,32	USD 1.633,32	0,62%
13.5	Transformadores de Corriente para 13,2 kV	Cjto	1	USD 2.152,76	USD 2.152,76	0,82%
13.6	Transformadores de Tension para 13,2 kV	Cjto	1	USD 1.930,53	USD 1.930,53	0,74%
13.7	Seccionadores fusibles para 13,2 kV (TV)	Cjto	1	USD 368,77	USD 368,77	0,14%
13.8	Descargadores de Sobretensión para 13,2 kV	Cjto	8	USD 460,34	USD 3.682,69	1,41%
13.9	Seccionador by-pass a cuchilla para 13,2 kV	Cjto	6	USD 1.503,63	USD 9.021,77	3,45%
14	Banco de Baterías (Montaje)	Cjto	1	USD 6.743,80	USD 6.743,80	2,58%
15	Banco de reguladores automáticos de tensión (Montaje)	Cjto	1	USD 5.000,00	USD 5.000,00	1,91%
16	Barras, Conexiones entre equipos, Conductores y Cable de Guardia	Global	1	USD 7.701,87	USD 7.701,87	2,94%
17	Tendido cable Subterráneo de 13,2 kV - Acometidas y terminales	Global	1	USD 35.225,50	USD 35.225,50	13,45%
18	Tendido cable subterráneo de comando, medición y protección	Global	1	USD 6.647,30	USD 6.647,30	2,54%
19	Servicios Auxiliares - Montaje trafo y tendido BT	Cjto	1	USD 11.074,09	USD 11.074,09	4,23%
20	Iluminación exterior de Playa	Cjto	2	USD 1.713,81	USD 3.427,63	1,31%
21	Ensayos de recepción y puesta en servicio	Global	1	USD 8.385,44	USD 8.385,44	3,20%
22	Documentación conforme a obra	Global	1	USD 2.876,34	USD 2.876,34	1,10%
23	Limpieza final de obra y pintura general e identificación de las instalaciones	Global	1	USD 2.284,34	USD 2.284,34	0,87%
<b>TOTAL OBRA CIVIL Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b>					<b>USD 261.838,72</b>	<b>100,00%</b>

### 10.3.1.3. Presupuesto global.

Resumiendo los costos del equipamiento principal y de la obra civil y montaje electromecánico anteriormente detallados, e incorporando el costo del equipamiento complementario, obtenemos el siguiente presupuesto de la obra completa:

Tabla 36. Presupuesto de la obra completa.

Equipamiento principal (Importación) (*)					
Ítem	Descripción		Precio Unitario (USD)	Cant.	Total (USD)
PLP-R	RAT TOSHIBA SVR 38,1 kVA - 7,62 kV-50 A		USD 33.822,18	1	USD 33.822,18
PLP-B	BESS CESM ABB325 kWh - 300 kVA		USD 275.673,00	1	USD 275.673,00
<b>SUBTOTAL EQ. PRINCIPAL (A)</b>					<b>USD 309.495,18</b>

(\*) Detalle de cálculo en apartado 10.3.1.1.

Equipamiento electromecánico general (**)					
Matrícula ENERSA	Descripción	Unidad de medida	Precio Unitario (USD)	Cant.	Total (USD)
03329921025	Aislador Polimérico T.Montaje Rígido para 13,2kV	Pieza	USD 4,56	6	USD 27,37
03329924580	Aislador Polimérico a Horquilla p/Retención 13,2kV	Pieza	USD 13,04	6	USD 78,27
03330507051	Descargador Polimérico para 13,2kV	Pieza	USD 28,02	24	USD 672,58
03332115501	Reconectador Trifásico 13,2 kV	Pieza	USD 9.700,68	1	USD 9.700,68
03332510002	Control electrónico p/reconectador Cooper mod. FXA alim.120-240 V AC/50 Hz	Pieza	USD 633,99	1	USD 633,99
03332716025	Seccionador fusible unip. APR de 160A - t/NH T00	Pieza	USD 14,16	3	USD 42,49
03334500020	Seccionador fusible t/Kearney p/13,2 kV - 125kVBIL	Pieza	USD 65,08	3	USD 195,25
03335040022	Seccionador tripolar a cuernos p/13,2kV 400A epoxi	Pieza	USD 935,98	1	USD 935,98
03335360027	Seccionador Tripolar Bajo Carga 13,2kV 600A Horizontal	Pieza	USD 2.922,74	1	USD 2.922,74
	Seccionador by-pass a Cuchilla 13,2kV 600A Epoxi	Pieza	USD 556,47	6	USD 3.338,84
04202502526	Transformador Rural 25kVA 13,2/0,4kV Trifásico	Pieza	USD 1.669,92	1	USD 1.669,92
04205063023	Transformador Seco en Resina 630kVA 13,2/0,4kV	Pieza	USD 9.785,90	1	USD 9.785,90
04212060155	T.I. 13,2kV 10-20/5A Exterior 15VA	Pieza	USD 757,00	1	USD 757,00
04223291084	T.T. 13,2/V3 - 0,11/V3 kV Exterior 20VA	Pieza	USD 759,51	1	USD 759,51
13116612029	C.A.S. 3x120 mm <sup>2</sup> Al 13,2kV (XLPE)	Metro	USD 9,50	200	USD 1.900,15
<b>SUBTOTAL EQ. GENERAL (B)</b>					<b>USD 33.420,66</b>
<b>TOTAL EQUIPAMIENTO (A + B)</b>					<b>USD 342.915,84</b>

(\*\*) Valores de los materiales en pesos actualizados al 18/09/19, según Almacenes de ENERSA, convertidos en USD de acuerdo al tipo de cambio vigente.

Obra civil y montaje electromecánico					
	Concepto	Unidad de medida	Precio Unitario (USD)	Cant.	Total (USD)
	Obra civil	Global	USD 147.387,71	1	USD 147.387,71
	Montaje electromecánico	Global	USD 114.451,01	1	USD 114.451,01
<b>TOTAL OBRA Y MONTAJE (C)</b>					<b>USD 261.838,72</b>
<b>TOTAL ALTERNATIVA 1 (SIN TELEMANDO) (A + B + C)</b>					<b>USD 604.754,56</b>

El último valor expresado es el valor de la obra completa, sin considerar equipamiento de telemando.



En el contexto tecnológico actual, son indiscutibles las ventajas del telemando, la telemetría y la automatización de las redes, en mayor o menor grado. A continuación, presentamos una ampliación del presupuesto, con dos alternativas de implementación de telemando y/o telemetría; una completa, con todas las funcionalidades y confiabilidad requeridas por el sistema SCADA de ENERSA, y una más económica, que permitiría telemetría y operación de baja criticidad.

Tabla 37. Presupuestos ampliados opcionales con telemando y/o telemetría (Alternativas 1-A y 1-B).

<b>Telemando con radioenlace</b>				
Descripción general del equipamiento	Unidad de medida	Precio Unitario (USD)	Cant.	Total (USD)
Radioenlace con mástil de 18 m, RTU, módulos E/S digitales y analógicas con switch	Cjto	USD 35.000,00	1	USD 35.000,00
<b>TOTAL ALTERNATIVA 1-A (CON RADIOENLACE)</b>				<b>USD 639.754,56</b>
<b>Telemetría y operación de baja criticidad vía GSM/GPRS</b>				
Descripción general del equipamiento	Unidad de medida	Precio Unitario (USD)	Cant.	Total (USD)
2 módulos de comunicación GSM/GPRS, RTU, módulos E/S digitales y analógicas con switch	Cjto	USD 5.000,00	1	USD 5.000,00
<b>TOTAL ALTERNATIVA 1-B (CON GSM/GPRS)</b>				<b>USD 609.754,56</b>

La primera opción considerada, consiste en una solución de comunicaciones completa y fiable, en la que además el medio de comunicación (radioenlace) pertenece a ENERSA, por lo que queda garantizada una gestión y mantenimiento acordes a sus necesidades. Esta solución permite la operación y telemetría completa a través del sistema SCADA de ENERSA, en tiempo real y con alta confiabilidad.

La segunda opción, mucho más económica, es un sistema de comunicaciones GSM/GPRS, cuyo medio pertenece a un tercero (empresas de comunicaciones), en la que la comunicación puede no ser estable debido a fluctuaciones de la señal o puede sufrir saturación del servicio, por lo que sólo podría emplearse para telemetría o bien para operaciones de baja criticidad, en las que no se requiera alta velocidad ni garantía de efectuarlas en tiempo real. Por ejemplo, podría usarse para la operación programada de los equipos (considerando siempre la posibilidad de que el enlace esté indisponible, lo que obligaría a realizar las operaciones y verificaciones de estado localmente), y/o para la

telemetría a través de los diferentes instrumentos instalados en la E.R.A.E., pero no permitiría el uso seguro para órdenes críticas, interdisparo de protecciones etc.

### 10.3.2. Alternativa 2.

Tomando como base los costos unitarios de líneas de subtransmisión recopilados de diferentes obras ya realizadas por ENERSA, estimamos los siguientes montos de inversión para un nuevo alimentador en 13,2 kV con dos variantes de postación:

Tabla 38. Presupuestos de nuevo alimentador en 13,2 kV (Alternativas 2-A y 2-B).

Nuevo alimentador en 13,2 kV, postación mixta (*)				
Descripción	Unidad de medida	Precio unitario	Cant.	Total (USD)
Línea con aislación rígida tipo "Line Post", postación mixta (madera / hormigón), disposición coplanar vertical y cable de 70/12 mm <sup>2</sup> ACSR	km	USD 31.656,70	32	USD 1.013.014,40
Celda de 13,2kV Entrada/Salida Comando Motor	Pieza	USD 4.777,72	1	USD 4.777,72
<b>TOTAL ALTERNATIVA 2-A</b>				<b>USD 1.017.792,12</b>

Nuevo alimentador en 13,2 kV, postación H° A° (*)				
Descripción	Unidad de medida	Precio unitario	Cant.	Total (USD)
Línea con aislación rígida tipo "Line Post", postación H° A°, disposición coplanar vertical y cable de 70/12 mm <sup>2</sup> ACSR	km	USD 41.156,70	32	USD 1.317.014,40
Celda de 13,2kV Entrada/Salida Comando Motor	Pieza	USD 4.777,72	1	USD 4.777,72
<b>TOTAL ALTERNATIVA 2-B</b>				<b>USD 1.321.792,12</b>

(\*) Precios unitarios en USD a dic/2018 proporcionados por ENERSA - Área Transmisión.

### 10.3.3. Alternativa 3.

Tomando como base los costos unitarios de líneas de subtransmisión y subestaciones transformadoras, recopilados de diferentes obras ya realizadas por ENERSA, estimamos los siguientes montos de inversión para un nuevo alimentador en 33 kV con dos variantes de postación, y una nueva SET 33/13,2 kV:

Tabla 36. Presupuestos de nuevo alimentador en 33 kV y nueva SET 33/13,2 kV (Alternativas 3-A y 3-B).

Nuevo alimentador en 33 kV postación mixta y SET 33/13,2 kV (*)				
Descripción	Unidad de medida	Precio unitario	Cant.	Total (USD)
Línea con aislación rígida line post, postación mixta (madera / hormigón), disposición coplanar vertical y cable de 50/8 mm2 ACSR	km	USD 45.268,78	32	USD 1.448.600,80
SET 33/13,2 kV de 5 MVA, simple barra, una línea en 33 kV y 3 salidas en 13,2 kV, equipamiento exterior con telemando	Global	USD 653.385,52	1	USD 653.385,52
Transformador Subtransmisión 2500 kVA 33/13,86kV	Pieza	USD 40.492,41	1	USD 40.492,41
<b>TOTAL ALTERNATIVA 3-A</b>				<b>USD 2.142.478,73</b>

Nuevo alimentador en 33 kV postación H° A° y SET 33/13,2 kV (*)				
Descripción	Unidad de medida	Precio unitario	Cant.	Total (USD)
Línea con aislación rígida tipo "Line Post", postación H° A°, disposición coplanar vertical y cable de 50/8 mm2 ACSR	km	USD 62.259,90	32	USD 1.992.316,80
SET 33/13,2 kV de 5 MVA, simple barra, una línea en 33 kV y 3 salidas en 13,2 kV, equipamiento exterior con telemando	Global	USD 653.385,52	1	USD 653.385,52
Transformador Subtransmisión 2500 kVA 33/13,86kV	Pieza	USD 40.492,41	1	USD 40.492,41
<b>TOTAL ALTERNATIVA 3-B</b>				<b>USD 2.686.194,73</b>

(\*) Precios unitarios en USD a dic/2018 proporcionados por ENERSA - Área Transmisión.

## 10.4. Costo de la energía no suministrada (CENS)

### 10.4.1. ENS por saturación del sistema de abastecimiento actual.

El cálculo de ENS por saturación, parte de la hipótesis de que toda la demanda que se establezca por sobre el valor límite de potencia calculado para el sistema de abastecimiento será desconectada. La ENS es precisamente la energía que deja de entregarse debido a esas desconexiones. En este caso, el límite de potencia está fijado por la caída de tensión del distribuidor de La Cooperativa.

Como se adelantó en apartados anteriores, sólo existirán desconexiones de demanda, en el período de la vida útil del proyecto, en el caso de que no se introduzcan mejoras en el sistema de abastecimiento actual, por lo que sólo calcularemos ENS por saturación para dicha configuración.

#### 10.4.1.1. Potencia límite de la rama (R) que alimenta a la Localidad Piloto.

En el apartado 8.3.1 se había determinado el límite de potencia operable por caída de tensión para el distribuidor de La Cooperativa, resultado que aquí reescribiremos:

$$P_{SET\_MAX\_ADM} = 1.111 \text{ kW}$$

Para determinar la ENS en LP, debemos en primer lugar establecer la potencia límite asignada de la rama R del distribuidor por caída de tensión ( $P_{LP\_V\_r}$ ), relativa a la potencia máxima del distribuidor, para lo que usaremos nuevamente el parámetro  $\alpha$ . Siendo  $\alpha$  la relación constante entre la demanda de LP con la potencia erogada en la SET al distribuidor:

$$P_{LP\_V\_r} = \alpha \cdot P_{SET\_MAX\_ADM}$$

*Ecuación 23*

Adoptando  $\alpha = 0,1245$  obtenemos:

$$P_{LP\_V\_r} = 0,1245 \cdot 1.111 \text{ kW} = 138 \text{ kW}$$

*Ecuación 24*

#### *10.4.1.2. Proyección de ENS por saturación.*

La ENS por saturación en el período de vida útil del proyecto, es la sumatoria de las áreas limitadas superiormente por las curvas de carga de cada año, e inferiormente por la recta de la potencia límite.

Para obtener las curvas ordenadas de carga proyectadas de la Localidad Piloto, en primer lugar, se construyó la correspondiente a 2019, promediando todas las disponibles, y normalizándola para que el área bajo la misma coincida con la energía anual estimada para dicho año. El resto de las curvas son múltiplos de la correspondiente a 2019, de modo que las energías abarcadas coinciden con la proyección de demanda de energía.

A continuación, se muestra el trazado resultante de las curvas de carga ordenadas proyectadas para la Localidad Piloto, y de la recta de potencia máxima asignada de la rama R, para hacer evidente lo explicado supra.



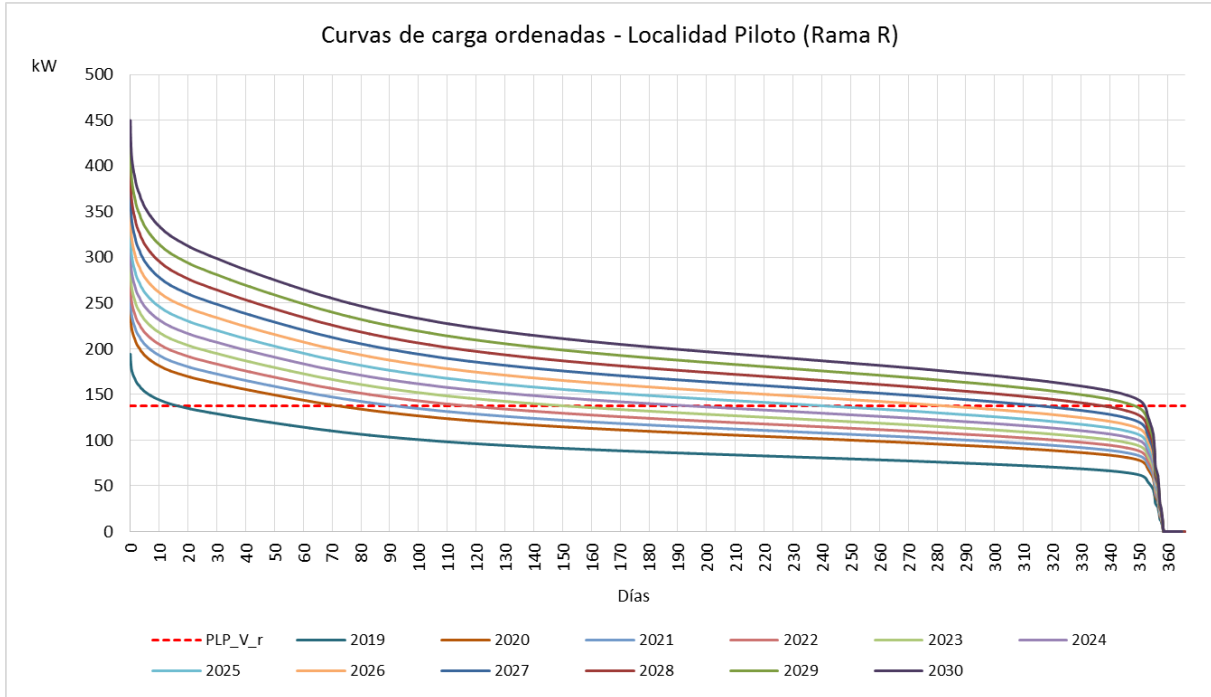


Figura 37. Proyección de curvas de carga ordenadas de la Localidad Piloto.

Los resultados del cálculo de ENS por saturación son los siguientes:

Tabla 36. Proyección de ENS por saturación del sistema de abastecimiento actual.

Año	$W_{LP}$ proyectada [MWh]	ENS por saturación (MWh)	$W_{LP}$ entregada (MWh)	%ENS
2019	794,6	4,7	789,9	0,59%
2020	999,9	40,8	959,1	4,08%
2021	1.062,9	60,2	1.002,7	5,66%
2022	1.129,8	85,3	1.044,5	7,55%
2023	1.201,0	118,0	1.083,0	9,82%
2024	1.276,6	160,7	1.115,9	12,58%
2025	1.357,0	215,6	1.141,5	15,88%
2026	1.442,5	283,4	1.159,1	19,64%
2027	1.533,3	363,4	1.170,0	23,70%
2028	1.629,9	454,2	1.175,6	27,87%
2029	1.732,5	554,4	1.178,1	32,00%
2030	1.841,7	662,5	1.179,2	35,97%

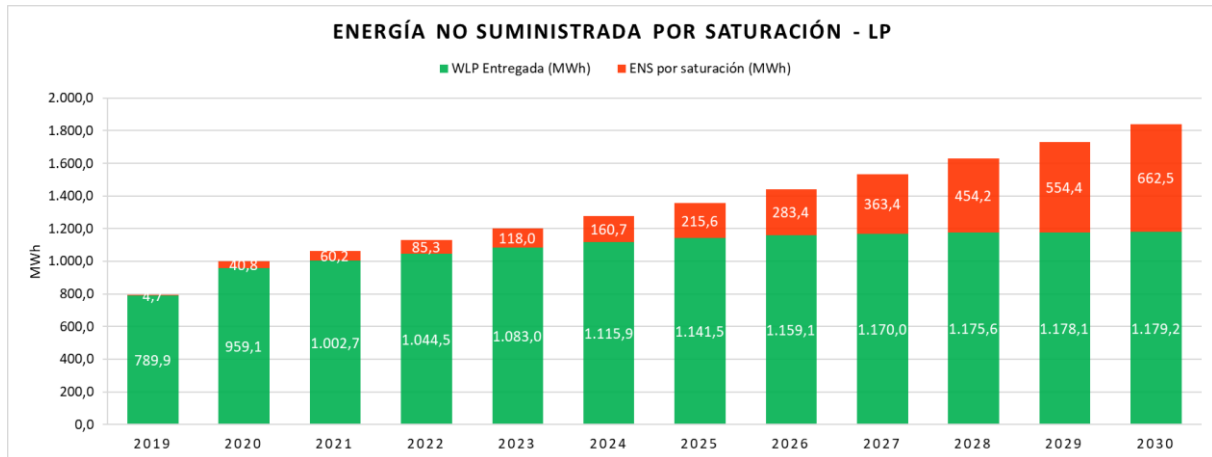


Figura 38. Proyección de ENS por saturación del sistema de abastecimiento actual.

#### 10.4.2. ENS por indisponibilidad.

La ENS por indisponibilidad se estimó en todos los casos, basándonos en la probabilidad de falla de cada configuración del sistema de abastecimiento, que fue calculada en los diferentes apartados dedicados a la determinación de los indicadores de confiabilidad. Los resultados serán exhibidos en la Tabla 39 del siguiente apartado, que sintetiza los costos de la ENS para todas las alternativas estudiadas.

#### 10.4.3. Costos totales por energía no suministrada (CENS).

En la siguiente tabla se resumen los valores físicos de la ENS total y su valorización en U\$D (CENS), tanto para el sistema de abastecimiento actual y para las 3 configuraciones alternativas propuestas, determinada de acuerdo a lo detallado en los apartados anteriores.

Tabla 39. Resumen de costos de energía no suministrada.

												Valor ENS										
												2,00		USD/kWh								
												2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>(A) Energía no suministrada por indisponibilidad</b>																						
Demanda proyectada (kWh)												999.900	1.062.874	1.129.814	1.200.969	1.276.606	1.357.007	1.442.471	1.533.318	1.629.886	1.732.536	1.841.651
<b>Configuración de abastecimiento</b>																						
Probabilidad de falla																						
Red actual												0,01002	10646	11316	12029	12786	13592	14448	15358	16325	17353	18446
Alternativa 1												0,00438	4376	4652	5256	5587	5939	6313	6711	7133	7583	8060
Alternativa 2												0,00504	5041	5358	6054	6435	6841	7272	7730	8216	8734	9284
Alternativa 3												0,00285	2849	3028	3422	3637	3867	4110	4369	4644	4937	5247
<b>Configuración de abastecimiento</b>																						
Probabilidad de falla																						
Red actual												20,029,89	21.291,37	22.632,30	24.057,68	25.572,84	27.183,41	28.895,42	30.715,25	32.649,70	34.705,97	36.891,75
Alternativa 1												8.752,49	9.303,72	9.889,67	10.512,52	11.174,60	11.878,37	12.626,47	13.421,68	14.266,98	15.165,51	16.120,64
Alternativa 2												10.081,19	10.716,10	11.391,00	12.108,40	12.870,99	13.681,60	14.543,27	15.459,20	16.432,82	17.467,76	18.567,88
Alternativa 3												5.698,06	6.056,93	6.438,39	6.843,88	7.274,91	7.733,08	8.220,11	8.737,81	9.288,12	9.873,08	10.494,89
<b>(B) Energía no suministrada por saturación</b>																						
Red actual												40.827	60.170	85.293	117.995	160.658	215.550	283.367	363.359	454.246	554.448	662.487
CENS (USD) (B.2)												81.654,10	120.340,08	170.585,30	235.989,77	321.315,03	431.100,17	566.733,76	726.717,49	908.492,81	1.108.895,05	1.324.974,67
<b>(C) Energía no suministrada total (A + B)</b>																						
Red actual												101.683,99	141.631,46	193.217,60	260.047,45	346.887,87	458.283,58	595.629,18	757.432,74	941.142,51	1.143.601,02	1.361.866,42
Alternativa 1												8.752,49	9.303,72	9.889,67	10.512,52	11.174,60	11.878,37	12.626,47	13.421,68	14.266,98	15.165,51	16.120,64
Alternativa 2												10.081,19	10.716,10	11.391,00	12.108,40	12.870,99	13.681,60	14.543,27	15.459,20	16.432,82	17.467,76	18.567,88
Alternativa 3												5.698,06	6.056,93	6.438,39	6.843,88	7.274,91	7.733,08	8.220,11	8.737,81	9.288,12	9.873,08	10.494,89



### **10.5. Flujo y valor presente de los costos (VPC)**

En la siguiente tabla se resumen los flujos de desembolsos y/o costos para el período de vida útil considerado del proyecto, incluyendo los montos de las inversiones iniciales y de repotenciación, cuando correspondan, y los costos totales por energía no suministrada.

En la línea final de cada tabla, se calcula el valor presente de los costos (VPC) para cada alternativa estudiada, para luego evaluar las soluciones de acuerdo al criterio establecido en la Resolución EPRE N° 214/1997.

Tabla 40. Flujo de desembolsos y/o costos de las diferentes soluciones de abastecimiento.

### Valor presente de los costos (VPC)

Según Resolución N° 214/1997 EPRE.  
Tasa de descuento aplicada: 5%

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	VPC (USD)
<b>Red actual</b> 13,2 kV	101.683,99	141.631,46	193.217,60	260.047,45	346.887,87	458.283,58	595.629,18	757.432,74	941.142,51	1.143.601,02	1.361.866,42	4.473.933,13
CENS (USD)												
Inversión (USD)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (USD)	101.683,99	141.631,46	193.217,60	260.047,45	346.887,87	458.283,58	595.629,18	757.432,74	941.142,51	1.143.601,02	1.361.866,42	4.473.933,13
<b>Alternativa 1</b> BESS + RAT	8.752,49	9.303,72	9.889,67	10.512,52	11.174,60	11.878,37	12.626,47	13.421,68	14.266,98	15.165,51	16.120,64	102.454,44
CENS (USD)												
Inversión (USD)	639.754,56	0,00	0,00	0,00	0,00	128.577,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	740.498,00
Total (USD)	648.507,05	9.303,72	9.889,67	10.512,52	11.174,60	140.455,37	12.626,47	13.421,68	14.266,98	15.165,51	16.120,64	842.952,45
<b>Alternativa 2</b> Nuevo alimentador 13,2 kV	10.081,19	10.716,10	11.391,00	12.108,40	12.870,99	13.681,60	14.543,27	15.459,20	16.432,82	17.467,76	18.567,88	118.007,85
CENS (USD)												
Inversión (USD)	1.017.792,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.017.792,12
Total (USD)	1.027.873,30	10.716,10	11.391,00	12.108,40	12.870,99	13.681,60	14.543,27	15.459,20	16.432,82	17.467,76	18.567,88	1.135.799,97
<b>Alternativa 3</b> Nuevo alimentador 33 kV + SET 33/13,2 kV	5.698,06	6.056,93	6.438,39	6.843,88	7.274,91	7.733,08	8.220,11	8.737,81	9.288,12	9.873,08	10.494,89	66.700,09
CENS (USD)												
Inversión (USD)	2.142.478,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.142.478,73
Total (USD)	2.148.176,80	6.056,93	6.438,39	6.843,88	7.274,91	7.733,08	8.220,11	8.737,81	9.288,12	9.873,08	10.494,89	2.209.178,82

## 10.6. Resumen

En este trabajo se han propuesto tres alternativas de solución diferentes para el abastecimiento de la Localidad Piloto, cada una con diferentes características de confiabilidad (ENS) y de costo de inversión, a fin de poder compararlas entre sí y determinar cuál es la que mejor se ajusta a las necesidades planteadas.

Ponderando estas dos características, calculando el valor presente de los costos que representan a lo largo del período de vida útil del proyecto, resulta que, desde el punto de vista económico, la Alternativa 1 es la más conveniente, tal como puede observarse en el siguiente resumen:

Tabla 41. Valor presente de los costos – Resumen.

Resumen - Valor presente de los costos (VPC)				
Alternativa de solución	Descripción	Inversión	ENS	TOTAL
Red actual	Sin modificaciones	USD -	USD 4.473.933,13	USD 4.473.933,13
Alternativa 1	RAT + BESS (E.R.A.E)	USD 740.498,00	USD 102.454,44	USD 842.952,45
Alternativa 2	Nuevo alimentador 13,2 kV	USD 1.017.792,12	USD 118.007,85	USD 1.135.799,97
Alternativa 3	Nuevo alimentador 33 kV + SET 33/13,2 kV	USD 2.142.478,73	USD 66.700,09	USD 2.209.178,82

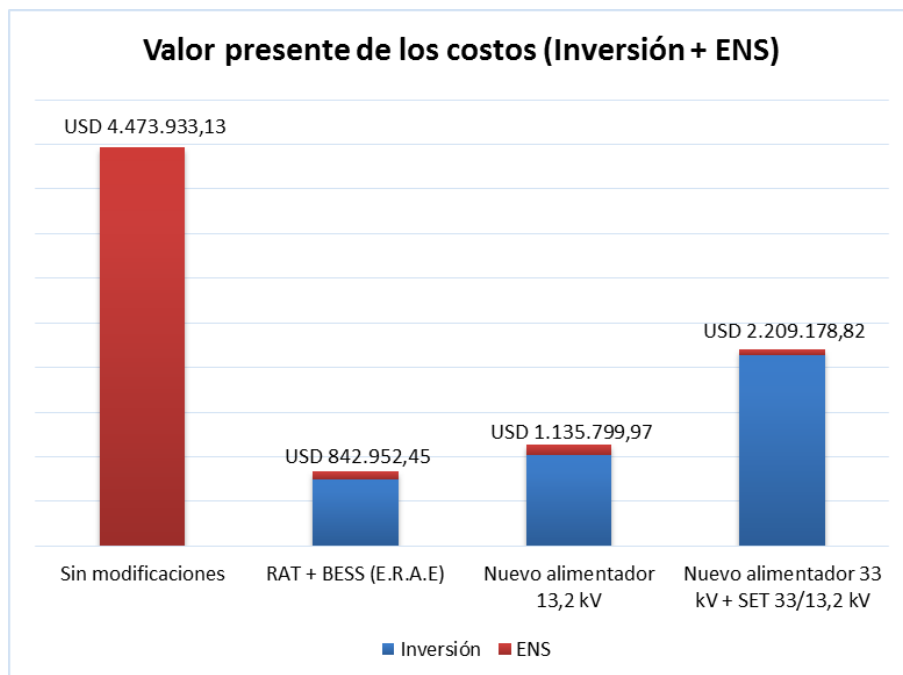


Figura 39. Valor presente de los costos – Resumen.



## 11. Conclusiones

### 11.1. Solución de abastecimiento elegida.

De acuerdo a lo estudiado, se concluye que la solución de abastecimiento para la Localidad Piloto denominada Alternativa 1, consistente en la instalación de equipamiento de almacenamiento de energía y regulación de tensión en el punto de demanda, es efectivamente competitiva con las soluciones convencionales de ampliación de líneas de subtransmisión; de hecho, es la que resulta mejor posicionada en el análisis económico. Además, presenta múltiples ventajas cualitativas en relación a las soluciones convencionales, tales como:

- Menor impacto ambiental: la ejecución de soluciones de abastecimiento convencionales tales como las contempladas en la Alternativa 2 o en la Alternativa 3 implican la construcción de un alimentador en 13,2 kV o uno en 33 kV, respectivamente, cuya traza debería ubicarse a la vera de la ruta, sobre la banquina opuesta a donde se emplaza actualmente el distribuidor en 13,2 kV perteneciente a La Cooperativa, constituyendo una instalación de gran impacto visual y ambiental que afectaría a los 32 km de extensión de la traza. Si se empleara la Alternativa 1 en lugar de la 2 o la 3, el impacto ambiental quedaría localizado y confinado al terreno donde se emplazaría la E.R.A.E.
- Eliminación de problemas de interferencia de la traza de la línea con otros servicios, cruce de caminos, rutas, etc.
- Eliminación del mantenimiento de franja de servidumbre.
- Mantenimiento electromecánico reducido y localizado: en comparación con un alimentador o línea de subtransmisión, la E.R.A.E. implica un mantenimiento preventivo localizado en el predio, que, si bien requeriría personal especializado, es más simple de programar y ejecutar. El mantenimiento correctivo se reduciría notablemente, puesto que una línea de transmisión o subtransmisión es naturalmente más propensa a fallas debido a factores climáticos.



- Posibilidad de traslado del equipamiento: una vez cumplido el ciclo para el cual fue proyectada la ERAE, al final del cual ya deberían haberse realizado obras de mayor envergadura para la ampliación de la red de transmisión y/o subtransmisión para abastecer la zona -o cuando resultare necesario-, los equipos pueden desmontarse y trasladarse fácilmente a otra localidad en situación similar a la que actualmente aqueja a la Localidad Piloto, retrasando así otras inversiones.

Por las razones aludidas, y teniendo presente que entre los objetivos del proyecto se encuentra la intención de promover una prueba piloto de un sistema de almacenamiento, que además podría ser nodo de conexión y complemento de una planta de generación de energía renovable, justificamos la elección de la Alternativa 1 para el abastecimiento de la Localidad Piloto, consistente en un sistema de almacenamiento de energía en combinación con un banco de reguladores automáticos de tensión. Tal equipamiento abastecería a la Localidad Piloto, sosteniendo niveles adecuados en la calidad del producto y del servicio, hasta al menos el año 2030. A partir de ese año, ya debería estar operativa una ampliación de la red de subtransmisión, o bien una central eléctrica basada en fuentes renovables, ubicada en la propia Localidad Piloto, con la capacidad necesaria para abastecer en forma autónoma su demanda total.

### **11.2. Conclusión conceptual del Proyecto Final.**

El desarrollo de este proyecto implicó el estudio de sistemas de almacenamiento de energía y las diferentes formas de aprovechamiento de los mismos en los sistemas de distribución o subtransmisión, tecnologías de las cuales existe muy poca -o nula- experiencia de uso en la región. Como resultado de dicho estudio logramos una base de conocimiento suficiente como para proyectar sistemas de una escala similar a la requerida por la Localidad Piloto aquí elegida; no obstante, entendemos que estas tecnologías tienen un campo de aplicación mucho más amplio que el propuesto en este proyecto, con una gran proyección a corto y mediano plazo, dada la creciente penetración de las energías renovables y la necesidad





cada vez más relevante de reducir el impacto ambiental que implica la ampliación de las redes de transmisión existentes.

Es así que este Proyecto Final no es un trabajo cerrado o confinado, sino que - paradójicamente- intenta establecer un punto de inicio. Nuestra intención es que sirva como base de conocimientos y métodos para la realización de estudios más generales y de proyectos de mayor envergadura, que podrían eventualmente nutrirse de la experiencia recopilada de la prueba piloto aquí propuesta.

### **11.3. Posibles ampliaciones de alcance.**

El alcance del estudio realizado podría ampliarse en ulteriores trabajos. Consideramos que existen oportunidades de enriquecer el estudio de viabilidad de la implementación de las tecnologías de almacenamiento de energía en la red de distribución de ENERSA, incorporando análisis referidos a:

- **Aprovechamiento comercial:** la posibilidad de gestionar el uso de la energía y potencia, almacenando energía en momentos de baja demanda para luego despacharla en horarios de consumo pico –funciones gestión de la demanda (apartado 5.3.5) y recorte de picos (apartado 5.3.7)–, además de permitir un uso más eficiente de la red de subtransmisión, ofrece una oportunidad de obtener utilidades adicionales mediante ahorros en la compra de energía y potencia al Mercado eléctrico mayorista, aprovechando la diferencia de precios de la energía de acuerdo a la banda horaria en que se demanda al MEM (punta, valle, resto). También existiría un beneficio adicional en las transacciones económicas con el MEM al reducirse la potencia máxima demandada.

Cuantificando estas utilidades, las soluciones de abastecimiento que incorporen tecnologías de almacenamiento de energía resultarían aún más atractivas de lo que refleja el análisis económico realizado en este trabajo.

- **Reducción de las pérdidas en la red:** la capacidad de los sistemas de almacenamiento de energía para gestionar la demanda, al ser instalados en los puntos de demanda, permiten



reducir la carga máxima de los alimentadores o distribuidores, reduciendo así las pérdidas técnicas de los mismos.

- Viabilidad de instalación de generación distribuida renovable en el punto de demanda: podría analizarse si resulta económicamente viable la instalación de este tipo de generación en proximidades de la Localidad Piloto (o generalizando, para cualquier punto de demanda en similar situación de abastecimiento), lo que reduciría la carga del alimentador o distribuidor, optimizando su uso, reduciendo pérdidas técnicas y retrasando aún más las inversiones necesarias en ampliaciones del sistema de subtransmisión. Dependiendo de la potencia de generación instalada y de la capacidad de almacenamiento de energía del banco de baterías, podría lograrse el autoabastecimiento de la Localidad Piloto a partir de fuentes no contaminantes, y eventualmente, podría exportarse energía a La Cooperativa a través del distribuidor en 13,2 kV.



## 12. Bibliografía

- Asociación Electrotécnica Argentina. (2005). AEA 90909-0 - Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Buenos Aires.
- Asociación Electrotécnica Argentina. (2006). AEA 95401 - Centros de transformación y suministro en media tensión. Buenos Aires.
- Maché, C. (2017). *Apuntes de Cátedra Redes de distribución e instalaciones eléctricas en baja tensión*. Paraná.
- Marelic, P. (1957). Buenos Aires: Ediar S.A.
- Martínez Fayó, J. (2008). *Apuntes de Cátedra Centrales y sistemas de transmisión*. Paraná.
- Prysmian S.A. (s.f.). Catálogo de cuerdas para líneas aéreas. Buenos Aires.
- Ras Oliva, E. (1975). *Teoría de líneas eléctricas*. Barcelona: Marcombo.
- Real Academia de Ingeniería. (2017). *El almacenamiento de energía en la distribución eléctrica del futuro*. Madrid: Grafilia S.R.L.
- Sobrevila, M. (1975). *Conversión industrial de la energía eléctrica*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Wikipedia. (2019). Obtenido de Wikipedia: <http://www.wikipedia.org/>





## 13. Sitios WEB de consulta

CAMMESA: <https://portalweb.cammesa.com/default.aspx>

Real Academia de Ingeniería: <http://www.raing.es/es>

Secretaría de energía: <https://www.argentina.gob.ar/energia/permer>

ABB: <https://new.abb.com/medium-voltage/modular-systems/energy-storage-modules>

Sungrow-Samsung: <https://www.sungrowpower.com/>

Saft: <https://www.saftbatteries.es/>

NGK NaS: <https://www.ngk.co.jp/nas/>

General Electric: <https://www.ge.com/renewableenergy/hybrid/battery-energy-storage>

Agencia Internacional de las Energías Renovables: <https://www.irena.org/>

Lago electromecánica S.A.: <https://lagoelectromecanica.com/>

Fammie Fami S.A.: <https://fami.com.ar/>

Eaton Cooper: <http://www.cooperindustries.com/content/public/en.html>

Toshiba: <https://www.toshibalatam.com/>

HydraRedox: <https://es.hydraredox.com/>

Cámara de diputados de E.R.: <https://www.hcder.gov.ar/>

Fusibles Reproel: <http://www.reproel.com.ar/>

ESS Inc.: <https://www.essinc.com/>

B.C.R.A.: <https://www.bcra.gob.ar/>

Cotizador de fletes marítimos: <https://www.icontainers.com/es/ayuda/flete-maritimo/>

EPRE: <http://epre.gov.ar/web/>

Infoleg: <http://www.infoleg.gob.ar/>



## 14. Índice de tablas y figuras

### 14.1. Tablas

Tabla 1. Características principales de diversas tecnologías de celdas electroquímicas. ....	18
Tabla 2. Configuración de canales de perfil medidores Landis&Gyr .....	62
Tabla 3. Resumen de potencias máximas y medias. ....	63
Tabla 4. Datos de entrada para la simulación. ....	75
Tabla 5. Resultados del modelo aplicados al juego de valores testigo. ....	76
Tabla 6. Resultados ETAP – Flujo de potencia. ....	82
Tabla 7. Cálculo de potencias límite por caída de tensión. ....	86
Tabla 8. Cálculo de potencias límite por solicitud térmica. ....	87
Tabla 9. Resumen de datos obtenidos del sistema de telemedición. ....	89
Tabla 10. Serie histórica de consumos consolidada. ....	91
Tabla 11. Proyección de la demanda de energía. ....	94
Tabla 12. Potencias máximas del distribuidor. ....	95
Tabla 13. Potencias máximas de la rama que alimenta a LP. ....	97
Tabla 14. Multas estimadas por calidad de producto técnico. ....	101
Tabla 15. Calidad de servicio técnico – resumen histórico. ....	104
Tabla 16. Penalizaciones por calidad de servicio hasta 2019. ....	105
Tabla 17. Precipitaciones en la zona de la traza del distribuidor. ....	106
Tabla 18. Proyección de multas por calidad de servicio. ....	107
Tabla 19. Rango de la muestra (minutos). ....	116
Tabla 20. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos. ....	117
Tabla 21. Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos. Expansión de la clase de 0 a 150 minutos. ....	118
Tabla 22. Cantidad de interrupciones y tiempos fuera de servicio anuales según autonomía del banco de baterías. ....	120
Tabla 23. Capacidad de almacenamiento requerida del banco de baterías. ....	123
Tabla 24. Autonomía proyectada del banco de baterías. ....	124
Tabla 25. Especificaciones técnicas del BESS. ....	125
Tabla 26. Especificaciones técnicas del transformador de acoplamiento del BESS. ....	125
Tabla 27. Especificaciones técnicas de los reguladores automáticos de tensión. ....	136
Tabla 28. Confiabilidad del sistema de abastecimiento actual. ....	146
Tabla 29. Horas fuera de servicio promedio anuales de la Alternativa 1. ....	147
Tabla 30. Confiabilidad de la Alternativa 1. ....	147
Tabla 31. Confiabilidad de la Alternativa 2. ....	149
Tabla 32. Confiabilidad de la Alternativa 3. ....	151
Tabla 33. Estimación de costos de importación RAT. ....	157



Tabla 34. Estimación de costos de importación BESS. ....	158
Tabla 35. Presupuesto de obra civil y montaje electromecánico. ....	159
Tabla 36. Presupuesto de la obra completa. ....	160
Tabla 37. Presupuestos ampliados opcionales con telemando y/o telemetría (Alternativas 1-A y 1-B). ....	161
Tabla 38. Presupuestos de nuevo alimentador en 13,2 kV (Alternativas 2-A y 2- B). ....	162
Tabla 39. Resumen de costos de energía no suministrada. ....	167
Tabla 40. Flujo de desembolsos y/o costos de las diferentes soluciones de abastecimiento. ....	169
Tabla 41. Valor presente de los costos – Resumen. ....	170

## 14.2. Figuras

<i>Figura 1.</i> Diagrama de bloques del BESS. ....	15
<i>Figura 2.</i> Batería NaS. ....	21
<i>Figura 3.</i> Densidad de energía según tipos de electrodos ....	23
<i>Figura 4.</i> Batería de flujo. ....	25
<i>Figura 5.</i> Sistema de almacenamiento basado en aire comprimido. ....	31
<i>Figura 6.</i> Diagrama esquemático de un inversor. ....	35
<i>Figura 7.</i> Nivelación de la curva de carga. ....	37
<i>Figura 8.</i> Seguimiento de carga. ....	38
<i>Figura 9.</i> Mitigación de la intermitencia. ....	39
<i>Figura 10.</i> Recorte de picos. ....	40
<i>Figura 11.</i> Mejora de la calidad del servicio técnico. ....	41
<i>Figura 12.</i> Potencia instalada por tipo de tecnología de almacenamiento (excluyendo centrales de bombeo). ....	42
<i>Figura 13.</i> Red de abastecimiento de la Localidad Piloto. ....	58
<i>Figura 14.</i> Esquema de medición comercial de ENERSA. ....	60
<i>Figura 15.</i> Tensiones medidas del distribuidor en la salida de la SET y en el punto T. ....	65
<i>Figura 16.</i> Esquema unifilar v. 1. ....	67
<i>Figura 17.</i> Variaciones de tensión en % de la nominal – febrero 2019 ....	78
<i>Figura 18.</i> Esquema unifilar ETAP® – Sistema de abastecimiento en condiciones actuales. ....	81
<i>Figura 19.</i> Consumos anuales históricos. ....	92
<i>Figura 20.</i> Proyección de la demanda – Consumos anuales. ....	95
<i>Figura 21.</i> Proyección de potencias máximas del distribuidor. ....	96
<i>Figura 22.</i> Proyección de potencias máximas del tramo R del distribuidor. ....	97
<i>Figura 23.</i> Multas estimadas por calidad de producto técnico. ....	101
<i>Figura 24.</i> Curvas de carga ordenadas – total distribuidor. ....	102
<i>Figura 25.</i> Frecuencia y tiempo total de interrupciones – resumen histórico anual. ....	104





<i>Figura 26.</i> Precipitaciones en la traza del distribuidor – resumen histórico anual. ....	106
<i>Figura 27.</i> Multas estimadas por calidad de servicio técnico. ....	108
<i>Figura 28.</i> Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos. ....	117
<i>Figura 29.</i> Distribución de frecuencia de la duración de las interrupciones mayores a 3 minutos. Expansión de la clase de 0 a 150 minutos. ....	118
<i>Figura 30.</i> Cantidad de interrupciones promedio anuales según autonomía del banco de baterías. ....	120
<i>Figura 31.</i> Tiempos fuera de servicio medios anuales según autonomía del banco de baterías. ....	121
<i>Figura 32.</i> Autonomía proyectada del banco de baterías. ....	124
<i>Figura 33.</i> Modo de operación normal de la E.R.A.E. ....	138
<i>Figura 34.</i> Partida autónoma del BESS ante interrupciones del servicio del distribuidor de La Cooperativa. ....	139
<i>Figura 35.</i> Partida autónoma del BESS por mínima tensión. ....	141
<i>Figura 36.</i> Propiedades de los sistemas de almacenamiento de energía en baterías de ion de litio, 2016. ....	157
<i>Figura 37.</i> Proyección de curvas de carga ordenadas de la Localidad Piloto. ....	165
<i>Figura 38.</i> Proyección de ENS por saturación del sistema de abastecimiento actual. ....	166
<i>Figura 39.</i> Valor presente de los costos – Resumen. ....	170





## 15. Apéndices

### 15.1. Ficha de seguridad del Pentaóxido de divanadio

### 15.2. Información técnica sobre sistemas de almacenamiento de energía (BESS)

- Fichas técnicas
- Ficha técnica de transformador de acoplamiento requerido en el BESS
- Ficha de seguridad de baterías de Iones de Litio

### 15.3. Planos de diseño de alternativa 1 (E.R.A.E.)

- Esquema unifilar
- Planta general
- Tendido de cables subterráneos
- Disposición de cámaras y cañeros
- Obra civil

### 15.4. Fichas técnicas del equipamiento electromecánico complementario de la E.R.A.E.

- Descargador de sobretensión
- Seccionador fusibles autodesconectores
- Seccionador bajo carga motorizado
- Transformador de corriente
- Transformador de tensión
- Transformador de SS.AA.
- Seccionador bypass a cuchillas
- Seccionador tripolar a cuernos
- Reconectador trifásico

### 15.5. Información técnica sobre reguladores automáticos de tensión



- Ficha técnica
- Manual de instrucciones

15.6. Informe ETAP® - Alternativa 1

15.7. Informe ETAP® - Alternativa 2

15.8. Informe ETAP® - Alternativa 3

15.9. Tipo constructivo ENERSA de alineación coplanar vertical 13,2 kV

15.10. Estructura típica ENERSA de alineación coplanar vertical 33 kV

15.11. Cotización reguladores automáticos de tensión

# APÉNDICE 14.1

Ficha de seguridad del  
Pentaóxido de divanadio



**PENTAÓXIDO DE DIVANADIO**

**ICSC: 0596**

Octubre 2006

CAS: 1314-62-1 Pentaóxido de vanadio  
 RTECS: YW2125000 Anhídrido vanádico  
 NU: 2862 Óxido de vanadio(V)  
 CE Índice Anexo I: 023-001-00-8 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 CE / EINECS: 215-239-8 Masa molecular: 181,9



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
<b>EXPLOSIÓN</b>			
<b>EXPOSICIÓN</b>		<b>¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! HIGIENE ESTRICTA!</b>	
<b>Inhalación</b>	Dolor de garganta. Tos. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse .
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor de garganta. Náuseas. Dolor abdominal.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Protección personal adicional: respirador de filtro P3 para partículas tóxicas. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente ; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro.	No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: T, N R: 20/22-37-48/23-51/53-63-68 S: (1/2-)36/37-38-45-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: III Clasificación GHS Peligro Tóxico en caso de ingestión. Susceptible de provocar cáncer. Nocivo para los organismos acuáticos.

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61GT5-III	Separado de alimentos y piensos.



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2007

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## PENTAÓXIDO DE VANADIO

ICSC: 0596

## DATOS IMPORTANTES

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO**

Sólido amarillo a rojo en diversas formas

**PELIGROS QUÍMICOS**

La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo humos tóxicos (óxidos de vanadio).

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN**TLV: (Polvo respirable o humos) 0,05 mg/m<sup>3</sup> como TWA; A4 (no clasificable como cancerígeno humano); BEI establecido (ACGIH 2006). MAK: Cancerígeno: categoría 2; Mutágeno: categoría 2; (DFG 2006).**VÍAS DE EXPOSICIÓN**

La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACIÓN**

Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN**

El aerosol de esta sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA**

La sustancia puede afectar al tracto respiratorio, dando lugar a rinitis crónica y bronquitis crónica. La sustancia puede provocar una decoloración verdi-negra de la lengua. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos.

## PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición (se descompone): 1750°C

Punto de fusión: 690°C

Densidad: 3,4 g/cm<sup>3</sup>

Solubilidad en agua: escasa

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2,97 (calc.)

## DATOS AMBIENTALES

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

## NOTAS

Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas respiratorios pueden no ponerse de manifiesto hasta pasado un día o más tras la exposición. Ver también FISQ 0455.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: (como V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, polvo respirable o humos) 0,05 mg/m<sup>3</sup>

Notas: Véase UNE EN 481: Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.

VLB: 50 µg/g creatinina en orina. Nota S

**NOTA LEGAL**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.



# APÉNDICE 14.2

Información técnica sobre sistemas de almacenamiento de energía (BESS)



# ABB Energy Storage Modules Compact ESM

ABB Compact Energy Storage Module (CESM) is designed to feed up to 100 kVA into the grid with a total energy capacity of 65 kWh.

## Description

Energy Storage Module (ESM) is a system that stores energy for use at a later time. ESM can store electrical energy and supply it to designated loads as a primary or supplementary source. Moreover, it provides a stable and continuous power supply regardless of the supply source status. Power quality can also be improved by using ESM modules.

The system's main components are the DC-charged batteries, bi-directional inverter, protection and control system.

This equipment is integrated into an enclosure suitable for usage in indoor conditions including the fans, HMI, control and communication equipment for local and remote operation.

## Applications

- Peak shaving
- Load shifting
- Voltage regulation
- Frequency regulation
- Reactive power compensation
- Power quality improvement
- Renewable integration
- Back-up power

## Features

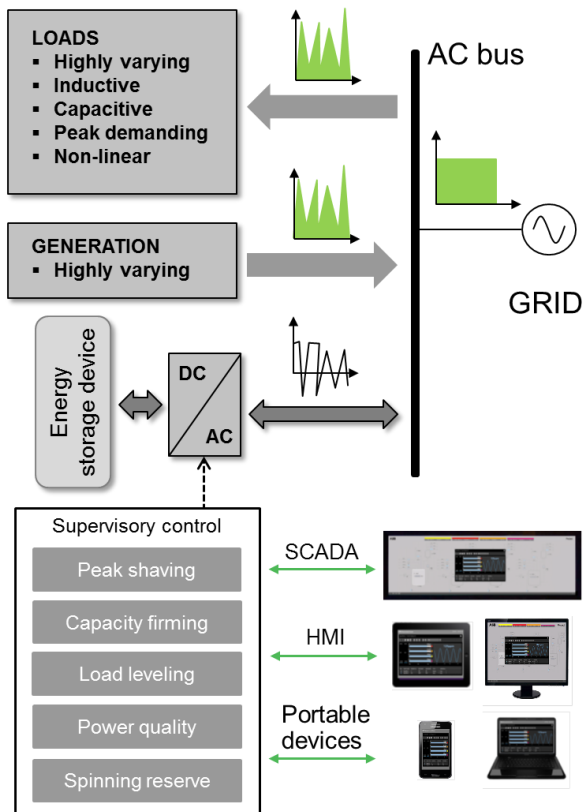
- Performs all energy storage applications in given power range.
- All equipment combined into small rack cabinet solution.
- Optimized layout makes Compact ESM ideal for indoor installation.
- Local and remote monitoring and control. HMI with touchscreen.
- Easy integration to customer SCADA. IEC 61850, DNP 3.0, Modbus, etc.
- Capacity can be increased by adding additional battery racks.
- For higher power several ESM racks can be installed in parallel.
- For outdoor installation Compact ESM can be installed into an enclosure suitable for shipping and withstanding extreme environments. Outdoor enclosure includes all the necessary electrical, protective and monitoring equipment along with the HVAC as well as fire suppression system to provide high level of safety for the equipment as well as for operators and people around.



## Benefits

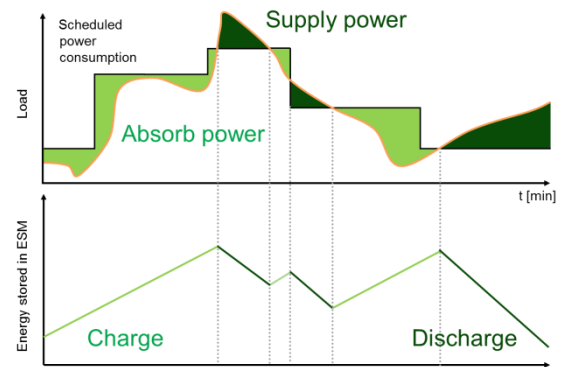
- Improves load factor.
- Lowers power charges and cost of energy.
- Allows participating in capacity markets as a dispatchable resource.
- Helps control the amount of reactive power flowing through the grid.
- Provides smooth grid integration of renewable energy by reducing variability.
- Stores renewable generation peaks for use during demand peaks.
- Flattening demand peaks, thereby reducing stress on grid equipment.
- Enables DC fast charging without increasing demand charges.
- Supports residential and commercial loads during power outages.

## Simplified schematic drawing

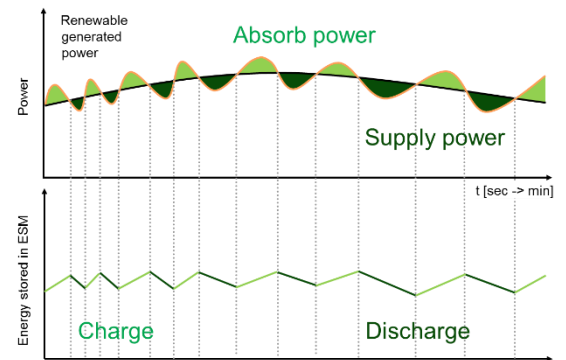


Technical data	Compact ESM
Power	Up to 100 kW in one unit
Energy	Up to 65 kWh in one unit Up to 200 kWh in extended unit
Connection method	3-phase
AC voltage	208-690 Vac
Network frequency	50 Hz/60 Hz – +/- 5%
Efficiency	>96% (converter)
Reactive power compensation: target $\cos\Phi$	From 0.6 (inductive) to 0.6 (capacitive)
Harmonic mitigation	Up to 50th harmonic
Load balancing characteristics	Balance the currents between phases
Energy storage medium	Lithium ion battery modules
DC voltage range	<1200 Vdc
Cycle life	4000 cycles
Calendar life	10 years
Dimensions (W x D x H)	1800 x 600 x 2000 mm
Approximate weight	1100 kg
Enclosure protection degree	IP 21
Control options	Standard and advanced algorithms
Communication protocols	Modbus TCP/IP, IEC 61850, CAN, DNP 3.0 (optional)
Redundancy	Master/master or master/slave arrangement
Modularity	Maximum 32 ESM racks can be combined
Room ambient temperature	23°C is recommended
Humidity	60% non-condensing
Altitude	Indoor installation in clean environment up to 1000 m.a.s.l.
CT requirements	Only required for power quality features
Power converter	UL-508, IEC 60439-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4
Batteries	UN 38.3

## Peak shaving



## Capacity firming



For more information please contact:

**ABB Medium Voltage Products – Modular Systems**  
**ABB AS**

Aruküla tee 83,  
75301 Jüri, Harjumaa  
Estonia

[www.abb.com/mediumvoltage](http://www.abb.com/mediumvoltage)

Note: We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice.

© Copyright 2015 ABB. All rights reserved.

Power and productivity  
for a better world™



# ST548KWH-250

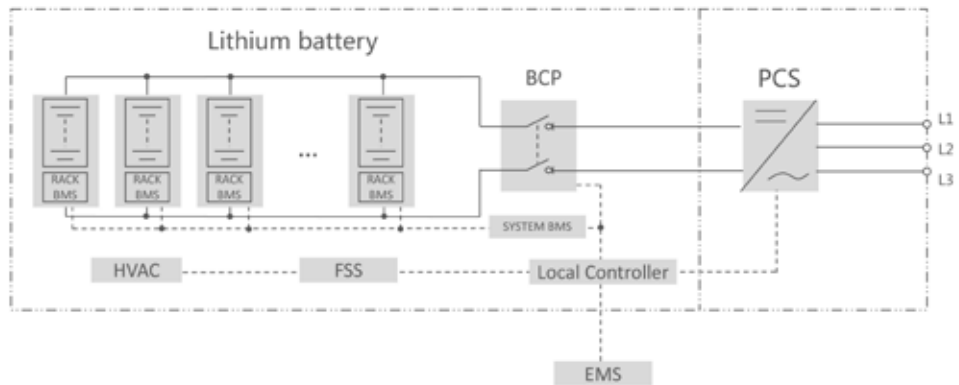
Storage System



## SYSTEM FEATURES

- Side-by-side design for flexible system arrangement on site
- Unilateral design allows maintenance from one side
- Integrated with local controller, HVAC and FSS to enable unified communication, ensure system safety and maximize system efficiency

## CIRCUIT DIAGRAM



System Type	ST548KWH-250	ST1096KWH-250
<b>DC Data</b>		
Cell type	Samsung SDI Mega E2, 3.68V/94Ah	Samsung SDI Mega E2, 3.68V/94Ah
Configuration of system	198S8P	2 x 198S8P
Battery capacity (BOL)	548 kWh	1096 kWh
Battery voltage range	633 ~ 822 V	633 ~ 822 V
BMS communication interfaces	RS485, Ethernet	RS485, Ethernet
BMS communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP	Modbus RTU, Modbus TCP
<b>AC Data</b>		
Nominal AC power	250 kVA	250 kVA
Max. AC power	258 kVA	258 kVA
Max.THD of current	< 3 % (at nominal power)	< 3 % (at nominal power)
DC component	< 0.5 % (at nominal power)	< 0.5 % (at nominal power)
Nominal grid voltage	480 V	480 V
Grid voltage range	424 ~ 508 V	424 ~ 508 V
Power factor	> 0.99 (at nominal power)	> 0.99 (at nominal power)
Power factor range at nominal power	1 leading ~ 1 lagging	1 leading ~ 1 lagging
Nominal grid frequency	60 Hz	60 Hz
Grid frequency range	59.3 - 60.5Hz	59.3 - 60.5Hz
Isolation method	Transformer	Transformer
Nominal output voltage of off grid	480 V	480 V
Max.THD of off grid output voltage	< 3 % (linear load)	< 3 % (linear load)
<b>General Data</b>		
Dimensions of PCS unit (W * H * D)	1,200 * 2,440 * 1,100 mm / 47.2" * 96.1" * 43.3"	1,200 * 2,440 * 1,100 mm / 47.2" * 96.1" * 43.3"
Dimensions of battery unit (W * H * D)	5,380 * 2,440 * 1,182 mm / 211.8" * 96.1" * 46.5"	2 * (5,380 * 2,440 * 1,182 mm / 211.8" * 96.1" * 46.5")
Weight of PCS unit	2.4 T / 5,291 lbs	2.4 T / 5,291 lbs
Weight of battery unit (with / without battery)	7.5 T / 3.8 T 16,535 lbs / 8,378 lbs	2 * (7.5 T / 3.8 T 16,535 lbs / 8,378 lbs)
Degree of protection	IP54 / NEMA 3R	IP54 / NEMA 3R
Operating temperature range	-30 to 50 °C / -22 to 122 °F	-30 to 50 °C / -22 to 122 °F
Relative humidity	0 ~ 95 % (non-condensing)	0 ~ 95 % (non-condensing)
Max. working altitude	3,000 m / 9,842 ft	3,000 m / 9,842 ft
Cooling concept of battery chamber	Heating, Ventilation and Air Conditioning	Heating, Ventilation and Air Conditioning
Cooling concept of PCS chamber	Temperature controlled forced air cooling	Temperature controlled forced air cooling
Fire suppression system of battery unit	FM-200 extinguishment system	FM-200 extinguishment system
Communication interfaces	RS485, Ethernet,	RS485, Ethernet,
Communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP	Modbus RTU, Modbus TCP
Certificates	UL9540	UL9540



Power and productivity  
for a better world™

# PCS100 Medium Voltage UPS

Complete power protection for mega data centers and industrial processes.



Designed for large manufacturing plants through to mega data centers, ABB's PCS100 Medium Voltage UPS is the solution for any high powered industry. With multi megawatt ratings, allows customers to choose the solution that best suits their applications.

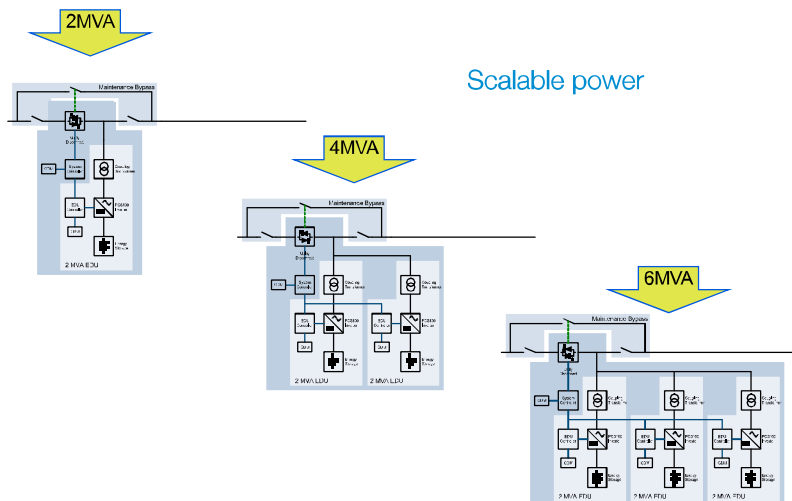


## Advantages

- Complete power protection: When installed at medium voltage levels, the PCS100 MV UPS can be put in less crowded spaces away from the target devices.
- Lowest total cost of ownership: The unparalleled efficiency of the PCS100 MV UPS, its minimized maintenance costs and small system footprint minimize ownership costs. The fact that the energy storage and converter is at the low voltage level also greatly simplifies maintenance and reduces system cost.
- Retrofit possibilities: The PCS100 MV UPS has many retrofit possibilities that allow custom designs that suit applications in plants that are currently unprotected or where traditional rotary UPS solutions require replacement.

## Scalable Solution 2,4,6 MVA

Add 2MVA EDU's at a later date



## Specifications

### Technical details

Item	Value	
Nominal Voltage	6.6 kV	(to 15kV class stage 2)
Power Frequency Withstand	20 kV	
Basic impulse level (BIL)	60 kV	
Power	2, 4 & 6 MVA	(to 12 MVA stage 2)
Power factor (pf)	0.7 lag to 0.9 lead	
Autonomy (capacitors)	1 s	At 1.0 pf, valid for 15 years
Autonomy (batteries)	15 minutes	At full load
Event detection	<500 µs	
Transfer performance (under voltage)	Class 2	Per IEC 62040-3
Transfer performance (over voltage)	Class 1	Per IEC 62040-Comments 3
Maximum motor load	25%	Excludes motors on VSD
Efficiency	>99.5%	

Visit [www.abb.com/pcs100-power-converters](http://www.abb.com/pcs100-power-converters)

# Transformadores Secos Encapsulados

## En resina epoxi



Por sus características constructivas, son de alta confiabilidad y cumplen con las normas de seguridad e higiene vigentes.

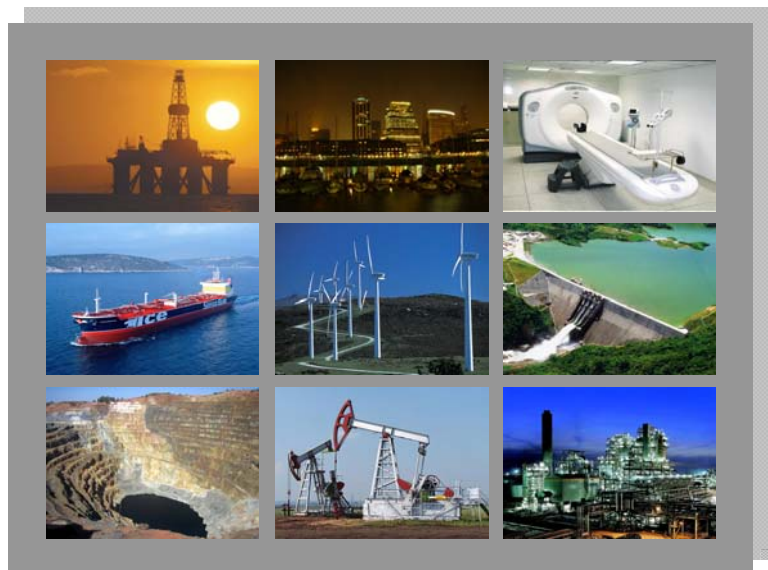
En presencia del fuego poseen baja inflamabilidad y carecen de gases tóxicos que pongan en peligro al medio ambiente y la vida humana.

Su instalación es simple. Solo requieren protección contra contactos accidentales y ventilación adecuada.

Se recomiendan para lugares donde la seguridad, el medio ambiente y el suministro de energía eléctrica son fundamentales: edificios de vivienda, centros comerciales, hoteles, hospitales, subterráneos, etc.

## Aplicaciones

- Distribución
- Industrias
- Edificios
- Centrales de generación eléctrica
- Tracción
- Oil & Gas
- Minería
- Naval
- Creación de neutro artificial
- Cogeneración

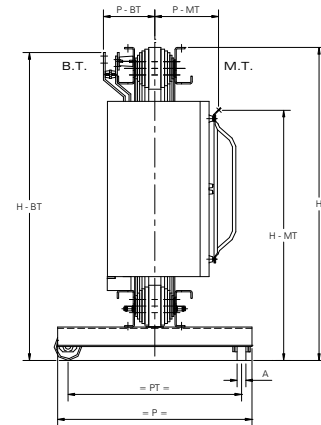
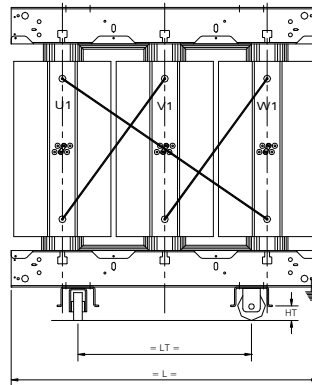




# Transformadores Secos Encapsulados

➔ Línea estándar con arrollamientos en **Aluminio**

Tappings	± 2 x 2,5
Tensión Secundaria	400 - 231 V
Frecuencia	50 Hz
Grupo de Conexión	Dyn11
Ventilación	AN
Clase térmica	F
Grado de protección	IP 00 (hasta IP55)
Servicio h.s.n.m.	hasta 1000 m



## En Clase 17,5 kV

P	Po	Pcc	Ucc	Io	Ruido	L	H	P	T	D	A	Peso
kVA	W		%		dB	mm						Kg
100	520	1800	6	2,1	58	1260	1120	680	600	100	40	814
125	570	2000	6	2	58	1280	1150	680	600	100	40	890
160	640	2400	6	1,9	58	1300	1180	680	600	100	40	920
200	720	2800	6	1,8	58	1320	1200	680	600	100	40	1000
250	830	3300	6	1,7	60	1350	1250	680	600	100	40	1120
315	960	3900	6	1,6	60	1380	1280	680	600	100	40	1220
400	1120	4700	6	1,5	60	1430	1330	900	800	130	45	1370
500	1300	5600	6	1,4	60	1480	1410	900	800	130	45	1600
630	1550	6800	6	1,3	62	1550	1480	900	800	130	45	1830
800	1850	8200	6	1,2	64	1620	1580	900	800	130	45	2180
1000	2200	9800	6	1,1	64	1700	1670	900	800	130	45	2500
1250	2600	11700	6	1	65	1780	1800	1120	1000	160	50	3000
1600	3150	14200	6	0,9	66	1880	1940	1120	1000	160	50	3700
2000	3700	16700	6	0,8	66	1960	2070	1120	1000	160	50	4400
2500	4300	19600	6	0,7	68	2020	2200	1120	1000	160	50	5400
3150	4900	22300	7	0,6	70	2030	2300	1120	1000	160	50	6600

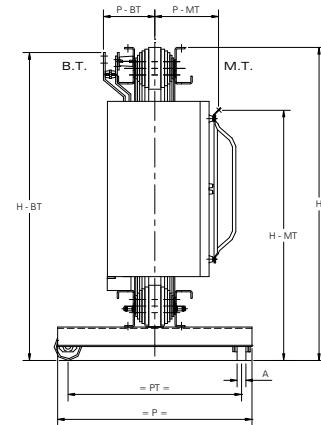
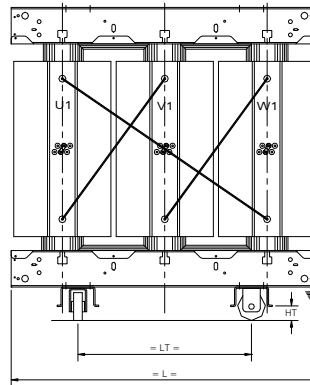
## En Clase 36 kV

P	Po	Pcc	Ucc	Io	Ruido	L	H	P	T	D	A	Peso
KVA	W		%		dB	mm						Kg
100	630	2400	6	2,2	58	1460	1430	680	600	100	40	1040
125	680	2600	6	2,1	58	1490	1450	680	600	100	40	1100
160	820	2900	6	2	58	1510	1480	680	600	100	40	1180
200	930	3200	6	1,9	58	1530	1510	680	600	100	40	1280
250	1100	3600	6	1,8	58	1560	1550	680	600	100	40	1450
315	1250	4200	6	1,7	60	1600	1600	680	600	100	40	1600
400	1500	4800	6	1,6	60	1650	1650	900	800	130	45	1850
500	1800	5500	6	1,5	60	1710	1730	900	800	130	45	2100
630	2200	6600	6	1,4	62	1780	1800	900	800	130	45	2470
800	2600	7800	6	1,3	64	1860	1900	900	800	130	45	2900
1000	3100	9200	6	1,2	64	1950	2020	900	800	130	45	3400
1250	3700	11000	6	1,1	65	2050	2140	1120	1000	160	50	4000
1600	4400	13400	6	1	66	2160	2260	1120	1000	160	50	4800
2000	5000	15700	6	0,9	66	2270	2380	1120	1000	160	50	5600
2500	5500	18600	6	0,8	68	2350	2460	1120	1000	160	50	6500
3150	5900	22000	7	0,7	70	2380	2480	1120	1000	160	50	7400

# Transformadores Secos Encapsulados

➔ Línea estándar con arrollamientos en Cobre

Tappings	± 2 x 2,5
Tensión Secundaria	400 - 231 V
Frecuencia	50 Hz
Grupo de Conexión	Dyn11
Ventilación	AN
Clase térmica	F
Grado de protección	IP 00 (hasta IP55)
Servicio h.s.n.m.	hasta 1000 m



## En Clase 17,5 kV

P	Po	Pcc	Ucc	Io	Ruido	L	H	P	T	D	A	Peso
KVA	W		%		dB	mm						Kg
100	520	1800	6	2,1	58	1200	1100	680	600	100	40	952
125	570	2000	6	2	58	1220	1120	680	600	100	40	1040
160	640	2400	6	1,9	58	1240	1150	680	600	100	40	1080
200	720	2800	6	1,8	58	1270	1170	680	600	100	40	1170
250	830	3300	6	1,7	60	1300	1210	680	600	100	40	1310
315	960	3900	6	1,6	60	1340	1240	680	600	100	40	1430
400	1120	4700	6	1,5	60	1380	1300	900	800	130	45	1600
500	1300	5600	6	1,4	60	1440	1370	900	800	130	45	1880
630	1550	6800	6	1,3	62	1500	1440	900	800	130	45	2140
800	1850	8200	6	1,2	64	1580	1540	900	800	130	45	2550
1000	2200	9800	6	1,1	64	1650	1640	900	800	130	45	2930
1250	2600	11700	6	1	65	1730	1750	1120	1000	160	50	3510
1600	3150	14200	6	0,9	66	1850	1890	1120	1000	160	50	4330
2000	3700	16700	6	0,8	66	1920	2020	1120	1000	160	50	5150
2500	4300	19600	6	0,7	68	1970	2150	1120	1000	160	50	6320
3150	4900	22300	7	0,6	70	1980	2250	1120	1000	160	50	7730

## En Clase 36 kV

P	Po	Pcc	Ucc	Io	Ruido	L	H	P	T	D	A	Peso
KVA	W		%		dB	mm						Kg
100	630	2400	6	2,2	58	1400	1390	680	600	100	40	1210
125	680	2600	6	2,1	58	1420	1400	680	600	100	40	1290
160	820	2900	6	2	58	1440	1440	680	600	100	40	1380
200	930	3200	6	1,9	58	1460	1470	680	600	100	40	1500
250	1100	3600	6	1,8	58	1490	1500	680	600	100	40	1680
315	1250	4200	6	1,7	60	1520	1550	680	600	100	40	1870
400	1500	4800	6	1,6	60	1570	1600	900	800	130	45	2170
500	1800	5500	6	1,5	60	1630	1670	900	800	130	45	2460
630	2200	6600	6	1,4	62	1690	1750	900	800	130	45	2890
800	2600	7800	6	1,3	64	1770	1850	900	800	130	45	3400
1000	3100	9200	6	1,2	64	1860	1960	900	800	130	45	3980
1250	3700	11000	6	1,1	65	1950	2070	1120	1000	160	50	4680
1600	4400	13400	6	1	66	2060	2200	1120	1000	160	50	5620
2000	5000	15700	6	0,9	66	2160	2310	1120	1000	160	50	6550
2500	5500	18600	6	0,8	68	2240	2390	1120	1000	160	50	7600
3150	5900	22000	7	0,7	70	2260	2410	1120	1000	160	50	8660

Transformadores Secos Encapsulados

## Instalación

Los transformadores Secos Encapsulados en resina epoxi tienen un grado de protección IP00 y son apropiados para instalaciones interiores.

En caso de ser necesaria su instalación en exterior, deberá estar protegido por un gabinete de grado mínimo IP23, el cual posee suficiente ventilación y resguardo de la lluvia.

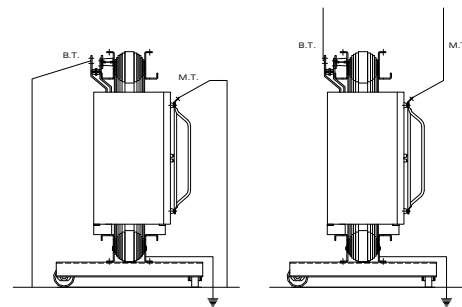
La simplicidad de instalación y conexión, sumado a lo sencillo de los requerimientos de la sala que los aloja, hace que los Transformadores Secos Encapsulados sean la solución adecuada para las necesidades actuales de energía, cumpliendo con los más altos estándares de seguridad personal y medio ambiente.

Es recomendable un ambiente limpio, con aire seco, logrando de esta forma un mínimo de mantenimiento.

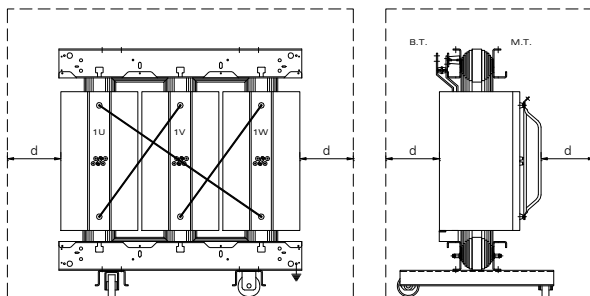
Para evitar contactos accidentales se puede cercar el transformador con tejido de 10 x 10 mm, sujeto con marcos de hierro, respetando las distancias eléctricas (especificadas en la tabla).

Estas últimas deben mantenerse también respecto a las protecciones y a los conductores circundantes al transformador para evitar posibles descargas.

### Formas de conexión



### Distancias mínimas



Tensión máxima del equipamiento kV eficaces	Tensión de impulso (BIL) kV pico	Distancias mm
7,2	60	90
14,5	95	200
36	170	300

# Ventilación

Al diseñar la ventilación en la sala del transformador se debe tomar en cuenta las pérdidas del mismo:  $P_t = W_o + W_{cc}$

Estas perdidas se manifiestan en forma de calor modificando la temperatura ambiente de la sala. Las normas IEC 60726 - IRAM 2276 fijan las condiciones normales de servicio de transformadores secos. Para una altitud sobre el nivel del mar hasta 1000m.

La temperatura del aire refrigerante en ningún caso excederá de 40° C ni será menor a -25° C para transformadores de intemperie y 5° C para transformadores de interior. Además la temperatura del aire no excederá en ningún caso los:

- 30° C para la temperatura media diaria.
- 20° C para la temperatura media anual.

La solución más simple y confiable es lograr una ventilación natural de la sala permitiendo la entrada de aire fresco en la parte inferior y una salida en la parte superior opuesta.

Si la ventilación natural fuera insuficiente pueden instalarse ventiladores y así aumentar el caudal de aire manteniendo las condiciones ambientales dentro de la norma.

## Calculo de flujo

Para calcular el flujo de aire necesario y el tamaño de las aberturas en las salas, se utilizarán las siguientes expresiones, tomando como diferencia de temperatura en el aire que entra y que sale 15 °C.

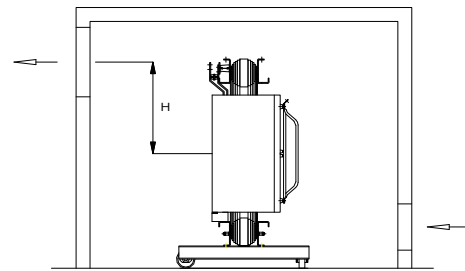
$$S = 0,22 \cdot \frac{P_T}{\sqrt{H}} \quad Q = 3,5 \cdot P_T$$

$P_T$ : Pérdidas totales disipadas a 75 °C [kW]

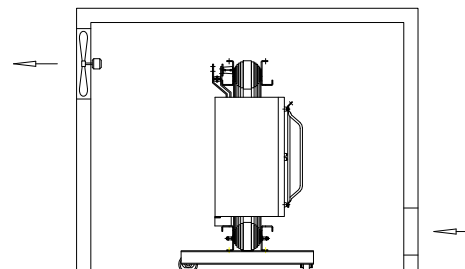
$Q$ : Caudal de aire de renovación [ $m^3/min.$ ]

$S$ : Superficie neta de las aberturas superior e inferior [ $m^2$ ]

## Ventilación natural



## Ventilación forzada

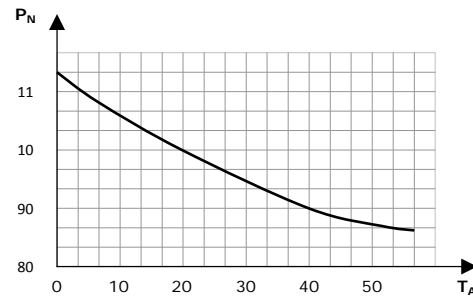


# Carga

Los Transformadores Secos Encapsulados en resina epoxi pueden ser sobrecargados por tiempos limitados, de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 60905 - IRAM 2464.

El valor de la sobrecarga se puede averiguar teniendo como dato la carga previa, la temperatura ambiente y el tiempo de duración de la misma. Para un transformador seco clase F y constante de tiempo de 1 hora (ver curva de sobrecarga)

## Capacidad de carga



P<sub>N</sub>: Potencia nominal continua [%]

T<sub>A</sub>: Temperatura ambiente media anual [°C]

## Ejemplo de aplicación

Qué carga se puede aplicar a un transformador considerando los siguientes datos iniciales?

T<sub>p</sub> = 2 horas

T<sub>a</sub> = 20 °C

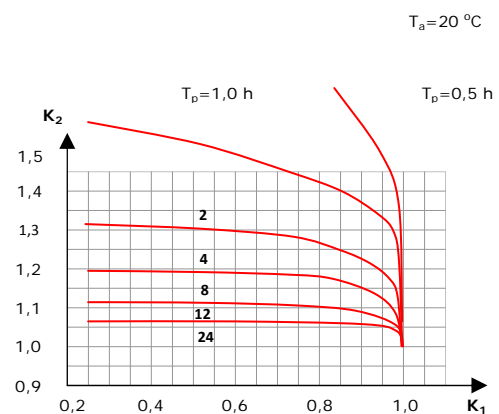
K<sub>1</sub> = 0,85

Tomando la gráfica de capacidad de sobrecarga y trazando una vertical desde e; eje de abscisas (K<sub>1</sub>), hasta cortar la curva de tiempo de 2 horas, se obtiene un valor de K<sub>2</sub> en el eje de ordenadas de 1,25.

La sobrecarga permisible es de 1,25 veces la intensidad asignada del transformador durante 2 horas.

Una vez pasado este tiempo, se restablecerá el régimen de carga inicial para las 22 hs. restantes del período de 24 hs.

## Capacidad de sobrecarga



T<sub>A</sub>: Temperatura ambiente [°C]

K<sub>1</sub>: Carga inicial [A] expresada en fracción de la intensidad asignada

K<sub>2</sub>: Carga admisible [A] expresada en fracción de la intensidad asignada

T<sub>p</sub>: Duración de la sobrecarga [horas]



# Hoja de información de la batería

## *Elementos, módulos y sistemas de baterías de Litio lón recargables*

Según el reglamento REACH de la Unión Europea relativo al registro, la evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (CE 1907/2006, Art. 31), y al reglamento de OSHA de los EE. UU. sobre sustancias tóxicas y peligrosas (29 CFR 1910.1200), las baterías son **ARTÍCULOS** que no están destinados a liberar sustancias. Por lo tanto, en sentido estricto, ninguna disposición legal obliga a generar y a suministrar una ficha de datos de seguridad o una ficha de seguridad de los materiales de las baterías.

Esta hoja de información de la batería se proporciona únicamente como documento informativo para ayudar a nuestros clientes.

### 1. IDENTIFICACIÓN

#### 1.1 Producto

Elementos recargables de Litio lón y módulos o sistemas de baterías compuestos de dichos elementos.

#### 1.2 Proveedor

<b>Oficinas centrales</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft S.A.S.</b> 26 Quai Charles Pasqua, 92300 LEVALLOIS-PERRET (Francia) Teléfono/fax: +33 (0)1 58 63 16 00/+33 (0)1 58 63 16 18
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Burdeos</b> 111-113, boulevard Alfred Daney, 33074 BURDEOS (Francia) +33 (0)5 57 10 64 00 /+33 (0)5 57 10 68 77
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Jacksonville</b> 13575, Waterworks street, JACKSONVILLE, FL 32221 (EE. UU.) +1 904 861 1501/+1 904 772 1463
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Nersac</b> Zone industrielle, 16440 NERSAC (Francia) +33 (0)5 45 90 50 26 /+33 (0)5 45 90 50 71
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Raskovice</b> Raskovice 247, 73904 PRAZMO (República Checa) +420 558 426 257/+420 558 692 226
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Poitiers</b> Rue Geoges Leclanché – BP n°1039, 86060 POITIERS Cedex 9 (Francia) +33 (0)5 49 55 48 48 /+33 (0)5 49 55 48 50
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Cockeysville</b> 107 Beaver Court, COCKEYSVILLE, MD 21030 (EE. UU.) +1 410 771 3200/+1 410 771 1144
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Saft Valdeese</b> 313 Crescent Street, VALDEESE, NC 28690 (EE. UU.) +1 828 874 4111/+1 828 874 2431
<b>Fábrica</b> Dirección Teléfono/fax	<b>Friemann &amp; Wolf Batterietechnik GmbH (compañía del Grupo Saft)</b> Industriestrasse 22, 63654 BÜDINGEN (Alemania) +49 (0)6042 954 150/+49 (0)6042 954 490



### 1.3 Contacto para emergencias

**Servicio Chemtrec dentro de EE.UU. y Canadá: +800 424 93 00. Servicio fuera de EE. UU.: +1-703-527-3887**

En caso de que se produzca alguna avería o accidente relacionados con la batería, este número de teléfono está disponible las 24 horas del día y lo atiende una persona que cuenta con amplia experiencia en asistencia en caso de accidente y respuestas de emergencia en relación con la batería. De no poseer esa experiencia o información, esta persona puede llamar a alguien que pueda ayudarle.

Si es necesario, también se avisará a los bomberos en caso de accidente o avería relacionados con la batería.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

### 2.1 En elementos

Se trata de un producto no peligroso desde el punto de vista químico en condiciones normales de uso conforme a las recomendaciones de Saft publicadas en los manuales de usuario o en otra documentación similar. De manera más específica, la batería no se debe abrir ni se debe exponer al fuego. La exposición a los componentes que hay dentro de los elementos o a los productos derivados de su combustión podría resultar nociva.

**CONTACTO CON LOS OJOS:** El contenido de un elemento abierto dentro de una batería puede causar irritación en los ojos. El polvo podría provocar inflamación en los párpados.

**CONTACTO CON LA PIEL:** La solución de electrolito que se encuentra dentro de los elementos puede provocar irritación cutánea. Además, el contacto con el material positivo activo podría ocasionar dermatitis alérgica o irritación cutánea.

**INHALACIÓN:** El contenido de un elemento abierto puede provocar la irritación del tracto respiratorio y de la membrana mucosa. La sobreexposición a los compuestos de níquel litiado podría provocar respuestas alérgicas. Si se libera gas al desmontar la batería, podría dar lugar a irritación en la garganta.

### 2.2 En módulos y sistemas de batería

**ALTA TENSIÓN:** Los sistemas de baterías deben usarse siempre en un área de acceso restringido. El acceso a ésta queda restringido al personal autorizado consciente de los riesgos de la alta tensión y con formación para manipular dichos sistemas.

**TEMPERATURA:** No coloque las baterías cerca del fuego ni en lugares expuestos a altas temperaturas (>70 °C para los elementos VL y VES; >85 °C para la gama MP de temperatura ampliada [con ampliación a xtd]; y >125 °C para elementos VL de altas temperaturas [con una ampliación de -125]). De lo contrario, las baterías podrían sobrecalentarse o incendiarse. Si se emplearan de este modo, las baterías podrían experimentar una pérdida de rendimiento y su vida útil se reduciría.

## 3. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN Y COMPONENTES

### 3.1 En elementos

Componente	Número CAS	EINECS/ELINCS	Contenido (% en peso)*
Compuestos de metal litiado (NCA,NMC, LFP, LCO)	N/A	N/D	15-30
Electrolito orgánico	N/D	N/D	10-20
Carbono, como grafito	7440-44-0	231-153-3	10-25
Cobre	7440-50-8	231-159-6	1-30
Aluminio	7429-90-5	231-072-3	1-20
Material inerte, níquel e inoxidable	N/D	N/D	Resto

\* Las cantidades podrían variar ligeramente en función del modelo de elemento.



### 3.2 En módulos y sistemas de batería

En función del tipo de sistema de baterías, la batería podría contener un refrigerante basado en etilenglicol o un refrigerante enfriado.

## 4. PRIMEROS AUXILIOS (no previstos con un uso normal)

**CONTACTO CON LOS OJOS:** Lave de inmediato los ojos con abundante agua durante al menos 15 minutos. Acuda inmediatamente a un centro médico.

**CONTACTO CON LA PIEL:** Retire la ropa contaminada y lave con agua abundante las zonas afectadas durante al menos 15 minutos. Lave la piel con agua y jabón. Si la irritación continúa, solicite atención médica.

**INHALACIÓN:** Traslade al afectado al aire libre y acuda a un centro médico inmediatamente. Obtenga consejo médico.

**INGESTIÓN:** Aclare la boca del afectado con agua y después haga que beba abundante agua. No induzca el vómito. Acuda inmediatamente a un centro médico.

## 5. MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO (no previstas con un uso normal)

### EXTINTORES:

- Incendios pequeños: Utilice un extintor de tipo A, B, C gas inerte (por ejemplo, una mezcla de argón y nitrógeno), CO<sub>2</sub>, polvo químico en seco o extintores de espuma.
- Incendios grandes: Vierta grandes cantidades de agua alrededor del fuego para evitar que se propague. Si cae agua sobre las baterías en funcionamiento, extreme las precauciones con el fin de evitar el riesgo eléctrico que pudiera existir.

**PROCEDIMIENTOS ESPECIALES DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS:** Los bomberos deben llevar un equipo de respiración autónomo.

Utilice un respirador para vapores homologado/certificado para prevenir la inhalación de gases tóxicos. Utilice vestimenta y equipos de protección para prevenir el contacto del cuerpo con la solución de electrolito. Está permitido aplicar cualquiera de los medios de extinción especificados con anterioridad en estas baterías o en su material de embalaje. Enfríe el exterior de las baterías, si están expuestas al fuego, para impedir su rotura.

**RIESGOS PARTICULARES DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A LA SUSTANCIA/PREPARACIÓN, A LA COMBUSTIÓN O A LOS GASES:** El elemento puede emitir de manera violenta gases de electrolito vaporizados o en descomposición si se calienta a más de +100 °C (más de 125 °C para elementos VL de altas temperaturas [con una ampliación de -125]) o se desecha en el fuego. Los disolventes que contiene el electrolito son líquidos inflamables y se deben mantener alejados de cualquier fuente de ignición.

## 6. MEDIDAS EN CASO DE ESCAPE ACCIDENTAL (no previstas con un uso normal)

**PRECAUCIONES INDIVIDUALES:** Evacúe a los empleados del área contaminada hasta que los gases se dispersen. En caso de que se fugue electrolito de un elemento o una batería, procure no inhalar el gas en la medida de lo posible. En caso de contacto con la piel o los ojos, inhalación o ingestión, actúe según las medidas descritas en el apartado 4.

**PRECAUCIÓN MEDIOAMBIENTAL:** Evite la contaminación de las aguas residuales, superficiales o subterráneas. Evite la contaminación del terreno y de la atmósfera.

**PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA:** Póngase gafas y guantes de protección y utilice material absorbente (arena, tierra o vermiculita) para absorber el producto derramado. Introduzca la batería con fugas (a menos que esté caliente) y el material absorbente contaminado en una bolsa de plástico con cierre sellado y deséchela como residuo especial de acuerdo con la normativa local.





## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

**AVISO IMPORTANTE:** La batería no se debe abrir sin la autorización de Saft. La batería no se debe destruir ni incinerar, pues podría provocar un incendio. Además, los componentes de los elementos podrían resultar nocivos si se expone a ellos.

**ALMACENAMIENTO:** Guardar en un lugar fresco, seco y ventilado. Las temperaturas elevadas pueden acortar la vida útil de la batería. Dado que los cortocircuitos pueden provocar riesgos de quemaduras, fugas o salida de gases, mantenga las baterías en su embalaje original hasta su uso y no las amontone.





### MANIPULACIÓN:

- No puentee los terminales (+) y (-) con los conductores.
- No puentee el terminal (-) y el recipiente de aluminio de los elementos con los conductores
- No puentee el terminal (+) y el recipiente de acero inoxidable de los elementos con los conductores
- No invierta la polaridad.
- No mezcle varios tipos de batería ni las baterías nuevas con las antiguas.
- No abra los módulos o sistemas de baterías.
- No utilice la unidad sin el sistema de gestión electrónico.
- No la someta a una tensión mecánica excesiva.
- No exponga la unidad al agua o a la condensación.
- No aplique calor directo a la batería, ni la sude ni la arroje al fuego. Esto podría originar fugas o el escape violento de gases de electrolito vaporizados, lo cual podría causar un incendio o una explosión.
- Desconecte las baterías de manera inmediata si, durante el funcionamiento, desprenden un olor inusual, se calientan, cambian de forma o muestran un aspecto fuera de lo normal. Póngase en contacto con Saft si observa algunos de estos problemas.

**CARGA/DESCARGA:** Cargue la batería con el cargador diseñado específicamente para esta. No sobrecargue la unidad, pues puede provocar la salida de gases o la combustión de esta. No la sobredescargue. Los límites de descarga dependen de cada producto en concreto. Consulte las instrucciones de Saft.

## 8. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL \* (no necesarios con un uso normal)

Manipule las baterías abiertas únicamente en un lugar bien ventilado.

	<b>Protección respiratoria</b>	En caso de incidente o de un uso extremo, si los elementos se rompen o tienen fugas, utilice una máscara de gas que cubra toda la cara y que esté equipada con filtros de tipo ABEK o un equipo de respiración autónomo con mascarilla al abrir el elemento. Los bomberos deben llevar un equipo de respiración autónomo.
	<b>Protección de Las manos</b>	Utilice guantes de polipropileno, polietileno, caucho o Viton para manipular elementos rotos o con fugas.
	<b>Protección de los ojos</b>	En caso de incidente o de un uso extremo, si los elementos se rompen o tienen fugas, utilice gafas de seguridad con pantallas protectoras laterales, o una máscara que cubra toda la cara cuando manipule los elementos rotos o con fugas.
	<b>Otros</b>	Para elementos rotos o con fugas utilice un delantal de goma y ropas protectoras.

\* Pictogramas AFNOR



## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El elemento o la batería de Litio lón descrito en esta Hoja de información de la batería se presenta como una unidad sellada en el momento de su venta. Se trata de un “artículo” fabricado y no expone al usuario a componentes químicos peligrosos si se utiliza según las especificaciones del fabricante.

Punto de ebullición: No aplicable  
Presión de vapor: No aplicable  
Peso específico: No aplica

Punto de fusión: No aplicable  
Densidad de vapor: No aplicable

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD: El sistema de batería es estable si se manipula y almacena según se detalla en el apartado 7

**MATERIALES QUE SE DEBEN EVITAR:** Agentes oxidantes, ácidos, bases y agentes reductores.

**SITUACIONES QUE SE DEBEN EVITAR:** Evite exponer la batería al fuego o a altas temperaturas. No desmonte ni aplaste la batería, no realice cortocircuitos en ella, ni la instale con la polaridad incorrecta. Evite una tensión mecánica o eléctrica excesiva.

**PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS:** El hexafluorofosfato de litio podría reaccionar con el agua de la atmósfera y generar algunas trazas de ácido fluorhídrico, que no agravan la toxicidad del gas. La descomposición térmica del elemento podría emitir vapor y líquido del electrolito, materiales nocivos y polvo.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

El riesgo de irritación surge solo si el elemento es sometido a condiciones mecánicas, térmicas o eléctricas extremas tales que ponen en peligro la integridad de la carcasa. Si esto sucede, podría provocar irritación en la piel, los ojos y el tracto respiratorio.

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

No se conocen efectos adversos si la unidad se utiliza y desecha de la manera correcta.

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE EL DESECHO

El reciclado de la batería es obligatorio (Directiva comunitaria 2006/66/CE) o recomendable.

Las baterías se deben descargar por completo antes de desecharlas y sus terminales se deben proteger.

El reciclaje de las baterías sólo debe ser realizado por recicladores altamente cualificados y certificados. El desmontaje de baterías o módulos en celdas individuales puede provocar lesiones graves o la muerte debido a un riesgo de exposición a alto voltaje eléctrico y/o energía.

Deseche las unidades conforme a la normativa y legislación locales. Almacene el material para desecho según se indica en el apartado 7.

No lo arroje al alcantarillado, al suelo ni al agua.

Consulte la sección “Responsabilidad ambiental” en <https://saftbatteries.com/about-us/environmental-responsibility>



## 14. INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE

### 14.1 Marco reglamentario

El envío de baterías y elementos de Litio-Ion nuevos y usados se clasifica como mercancías peligrosas según la reglamentación modelo de las Naciones Unidas.

- Si se envían como tal, el código de Materias y objetos que presentan peligros diversos de las Naciones Unidas es UN 3480.
- Si se envían dentro de un equipo o empaquetados junto con un equipo, el código de Materias y objetos que presentan peligros diversos de las Naciones Unidas es UN 3481.
- Si se envían dentro de un vehículo, la categoría del vehículo es UN 3171 (vehículo accionado por batería o aparato accionado por batería) o UN 3166 (vehículo propulsado por gas inflamable de tipo híbrido).

El grupo de embalaje II se aplica en casi todas las situaciones.

Las normativas nacionales e internacionales que rigen el transporte por aire, mar, tierra o ferrocarril (ICAO/IATA, IMDG, ADR, RID...) son vinculantes legalmente, por lo que las personas que se ofrezcan para el transporte de baterías y elementos de Litio Ion deberán cumplir todos los requisitos relacionados con dicha actividad, incluidas, entre otras, las disposiciones especiales, las instrucciones de embalaje, el etiquetado y la formación.

### 14.2 Información general

Las personas que se ofrezcan a transportar baterías o elementos de Litio Ion deben determinar correctamente las disposiciones e instrucciones aplicables. Para obtener más información, consulte la documentación oficial (<http://www.unece.org/trans/danger/danger.html>).

Se deberá tener en cuenta, entre otros aspectos, lo siguiente:

- modo de transporte: aire (IATA), mar (IMDG), tierra (ADR) o ferrocarril (RID);
- país de origen y de destino;
- código de las Naciones Unidas aplicable y su descripción: si las baterías o elementos de Litio Ion se envían tal cual, dentro de un equipo o empaquetadas con él o dentro de un vehículo;
- estado de la mercancía: si son elementos o baterías nuevas; gastadas o para desecharlas; si están dañadas o son defectuosas; si son prototipos para pruebas, series de producción cortas o para fines comerciales;
- estado de certificación de prueba de las Naciones Unidas del elemento o batería.

## 15. INFORMACIÓN NORMATIVA

### Consideraciones acerca del mercado

Unión Europea: Según la Directiva 2006/66/CE, las baterías se deben marcar con el símbolo de contenedor tachado.

Las baterías de Litio Ion, que contienen módulos electrónicos (p. ej., PCM) y que están sujetas a la directiva CEM 93/97/CEE, se deberán homologar y se deberán marcar con el marcado CE.

## 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

La información recogida en este documento ha sido recopilada a partir de fuentes fiables y es, a nuestro amplio conocimiento, precisa y fiable en la fecha de recopilación. No obstante, no se puede garantizar una precisión y fiabilidad completas. La comunicación de esta información no constituye una garantía implícita ni específica.

Esta información se refiere a los productos específicos para los que se aplica y podrá ser no válida para estos productos si se utilizan en combinación con otro equipo o en cualquier otro proceso. Es responsabilidad del usuario determinar si la información contenida en este documento es adecuada y completa para su uso en particular.



Saft no acepta responsabilidades por ninguna pérdida o daños que pudieran producirse como consecuencia directa, indirecta, fortuita o resultante del uso de esta hoja de información de la batería que se proporciona como servicio a los clientes. Saft no ofrece ninguna garantía contra el incumplimiento de patentes.

**saft**

26 Quai Charles Pasqua  
92300 Levallois-Perret (Francia)  
Tel.: +33 (0)1 49 93 19 18  
Fax: +33 (0)1 49 93 19 69  
[www.saftbatteries.com](http://www.saftbatteries.com)

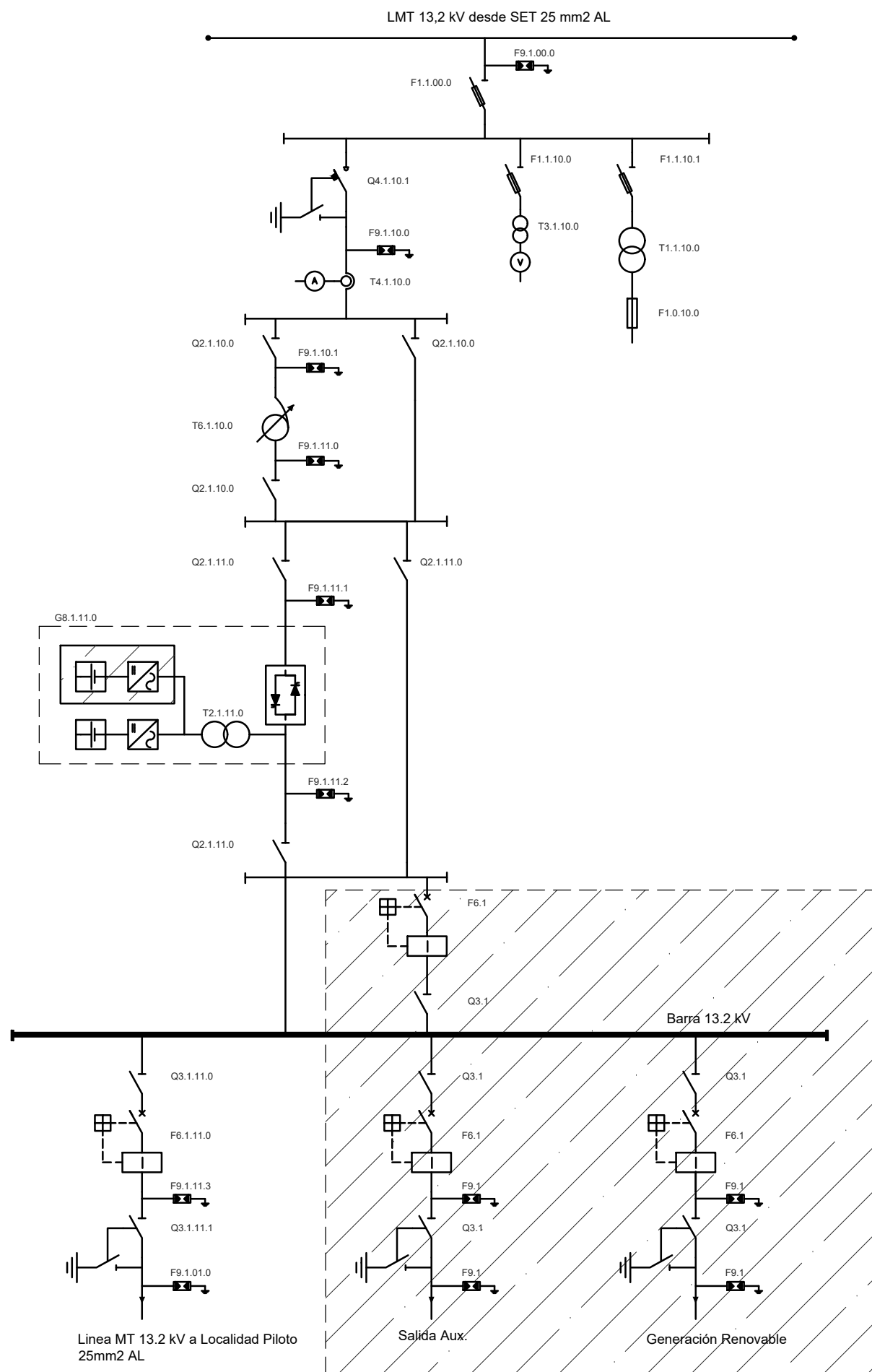
N.º de documento BIS01-3-12  
Versión: Agosto 2017  
Versión 2.0

Los datos contenidos en el presente documento pueden ser objeto de modificaciones sin previo aviso y solamente tienen carácter contractual previa confirmación por escrito.

# APÉNDICE 14.3

Planos de diseño de Alternativa 1 (E.R.A.E.)





**REFERENCIA DESCRIPCIÓN GENERAL**

- F9.1.00.0** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA, sobre linea
- F1.1.00.0** Seccionador fusible autodesconectador 13,2 kV Sobre linea
- Q4.1.10.1** Seccionador bajo carga motorizado c/PAT
- F1.1.10.0** Seccionador fusible autodesconectador 13,2 kV para TT
- F1.1.10.1** Seccionador fusible autodesconectador 13,2 kV para Transf. SSAA
- T3.1.10.0** Transformador de Tension 13,2 kV
- T1.1.10.0** Transformador SSAA 13,2/0,4 kV - 25 kVA
- F1.0.10.0** Seccionador fusible Baja Tension
- F9.1.10.0** Descargador de sobretension Ozn 13,2 kV - 10 kA
- T4.1.10.0** Transformador de corriente 13,2 kV
- Q2.1.10.0** Seccionador a cuchillas Bypass 13,2 kV
- F9.1.10.1** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA
- T6.1.10.0** Regulador de tension SVR 38,1kVA - 7,62kV - 50A
- F9.1.11.0** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA
- Q2.1.11.0** Seccionador a cuchillas Bypass 13,2 kV
- F9.1.11.1** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA
- G8.1.11.0** Sistema de almacenamiento de Energia (BESS)
- T2.1.11.0** Transformador Seco en Resina 630kVA 13,2/0,4kV
- F9.1.11.2** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA
- Q3.1.11.0** Seccionador a cuernos 13,2 kV
- F6.1.11.0** Reconectador 13,2 kV - 630A 12,5 kA
- F9.1.11.3** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA
- Q3.1.11.1** Seccionador a cuernos 13,2 kV c/PAT
- F9.1.01.0** Descargador de sobretension Ozn 15 kV - 10 kA, sobre linea

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE NOMENCLATURA DE EQUIPOS:**

- X # . # . # . #**
- **N° Equipo:** indica el orden del equipo dentro del campo, frente a otro equipo de las mismas características. Además determina la cantidad de equipos iguales en una misma ubicación dentro del esquema.
  - **Sub-ubicacion b:** determina si el equipo esta montado en un campo de entrada o en un campo de salida de la subestación. (0 : entrada; 1 : salida).
  - **Sub-ubicacion a:** determina si el equipo esta montado sobre una línea de entrada/salida de la subestación, o dentro de la misma. (0 : línea; 1 : subestación).
  - **Tensión:** corresponde al nivel de tensión nominal del equipo. (0 : BT; 1 : 13,2 kV; 2 : 33 kV; 4 : 132 kV)).
  - **Tipo de Equipo:** Código numérico que referencia al tipo de equipo en particular, mas allá de su función general.
  - **Letra IEC:** Corresponde a la denominación de la funcionalidad general del equipo dentro del circuito segun normativa IEC 1082-1.

Ampliación Futura

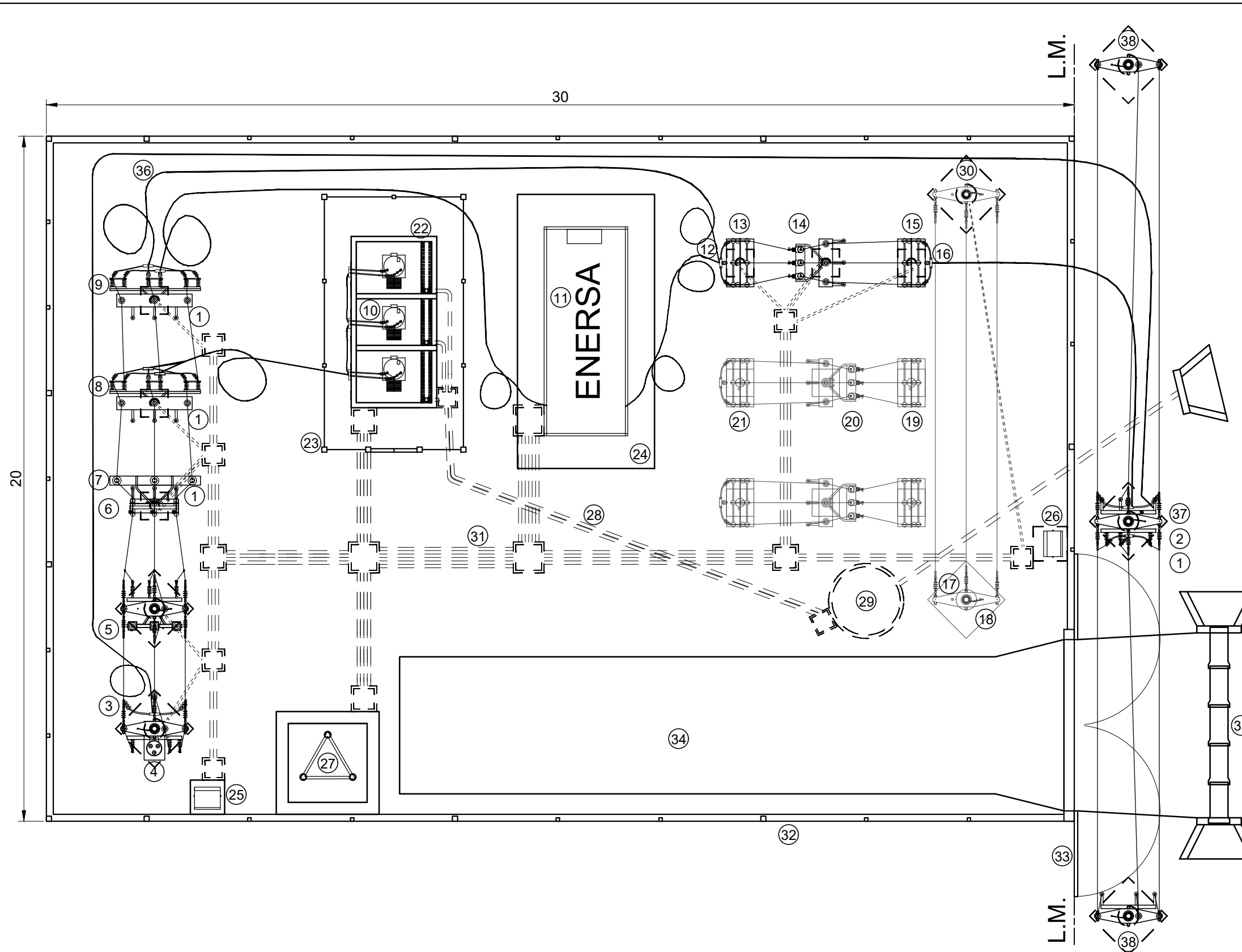
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ

PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"

0 Plano: Diagrama Unifilar Esc: S/E

<p><u>Docentes:</u> Ing. Gustavo Ruhl Ing. Nicolás Maximino <u>Tutor:</u> Ing. Alejandro Jerichau</p>	<p><u>Alumnos:</u> Lucas Juan Marcos Mateo Miguel Sebastián Zeballos Paraná, marzo de 2020</p>
---	--





**REFERENCIAS**

- Campo de Entrada 13,2 kV:**
- 1 - Descargador polimérico OZn 15 kV - 10 kA
  - 2 - Seccionador fusible autodesconectador 13,2 kV - 100 A
  - 3 - Acometida subterránea de entrada
  - 4 - SET de servicios auxiliares 13,2/0,4 kV 63 kVA
  - 5 - Transformador de tensión 13,2/v3 / 0,11/v3 kV - 100 VA
  - 6 - Seccionador Bajo carga Motorizado 13,2 kV - 600 A c/PAT
  - 7 - Transformador de corriente 13,2 kV 125-250/5-5 A
  - 8 - Seccionador Bypass R.A.T Unipolar a cuchillas 13,2 kVA - 600A
  - 9 - Seccionador Bypass BESS Unipolar a cuchillas 13,2 kVA - 600A
  - 10 - Banco de Reguladores Automáticos de Tensión
  - 11 - Sistema de almacenamiento de energía (BESS)

- Campo salida 13,2 kV:**
- 12 - Doble acometida subterránea
  - 13 - Seccionador a cuerno 13,2 kV - 600 A
  - 14 - Reconector 13,2 kV - 630 A - 12,5 kA
  - 15 - Seccionador a cuerno 13,2 kV - 600 A c/PAT
  - 16 - Acometida subterránea de salida

- Barra 13,2 kV (futura):**
- 17 - Estructura de retención H°A° 1 x 11 m Ro 3900 daN
  - 18 - Transformador de tensión 13,2/v3 / 0,11/v3 kV - 100 VA
  - 19 - Seccionador a cuerno 13,2 kV - 600 A
  - 20 - Reconector 13,2 kV - 630 A - 12,5 kA
  - 21 - Seccionador a cuerno 13,2 kV - 600 A c/PAT

- General:**
- 22 - Base de Reguladores de tensión y batea colectora de aceites
  - 23 - Cerco de protección Reguladores de tensión
  - 24 - Base de Sistema de almacenamiento
  - 25 - Tablero Principal de servicios auxiliares
  - 26 - Tablero Seccional de servicios auxiliares
  - 27 - Torre de comunicaciones
  - 28 - Caños de H°F°
  - 29 - Cisterna colectora de aceites
  - 30 - Estructura de retención H°A° 1 x 11 m Ro 3900 daN para luminarias (uso futuro en barra 13,2 kV)
  - 31 - Cañeros
  - 32 - Cerco perimetral olímpico
  - 33 - Portón de ingreso
  - 34 - Camino de carga pesada (canto rodado)
  - 35 - Alcantarilla de acceso
  - 36 - Cable subterráneo 13,2 kV AL/CU XLPE

- Exterior:**
- 37 - Estructura de retención H°A° 1 x 11 m Ro 3900 daN con juego de aisladores
  - 38 - Estructura de suspensión Madera 11 m Ro 3900 daN con juego de aisladores (existente)

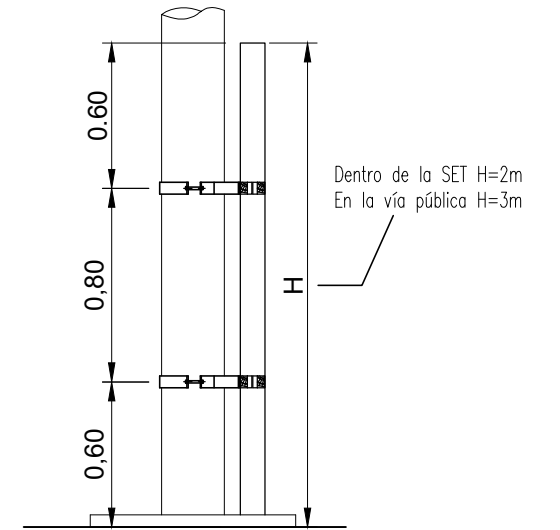
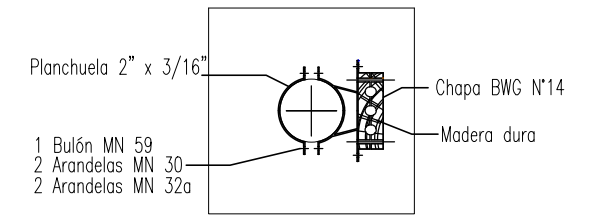
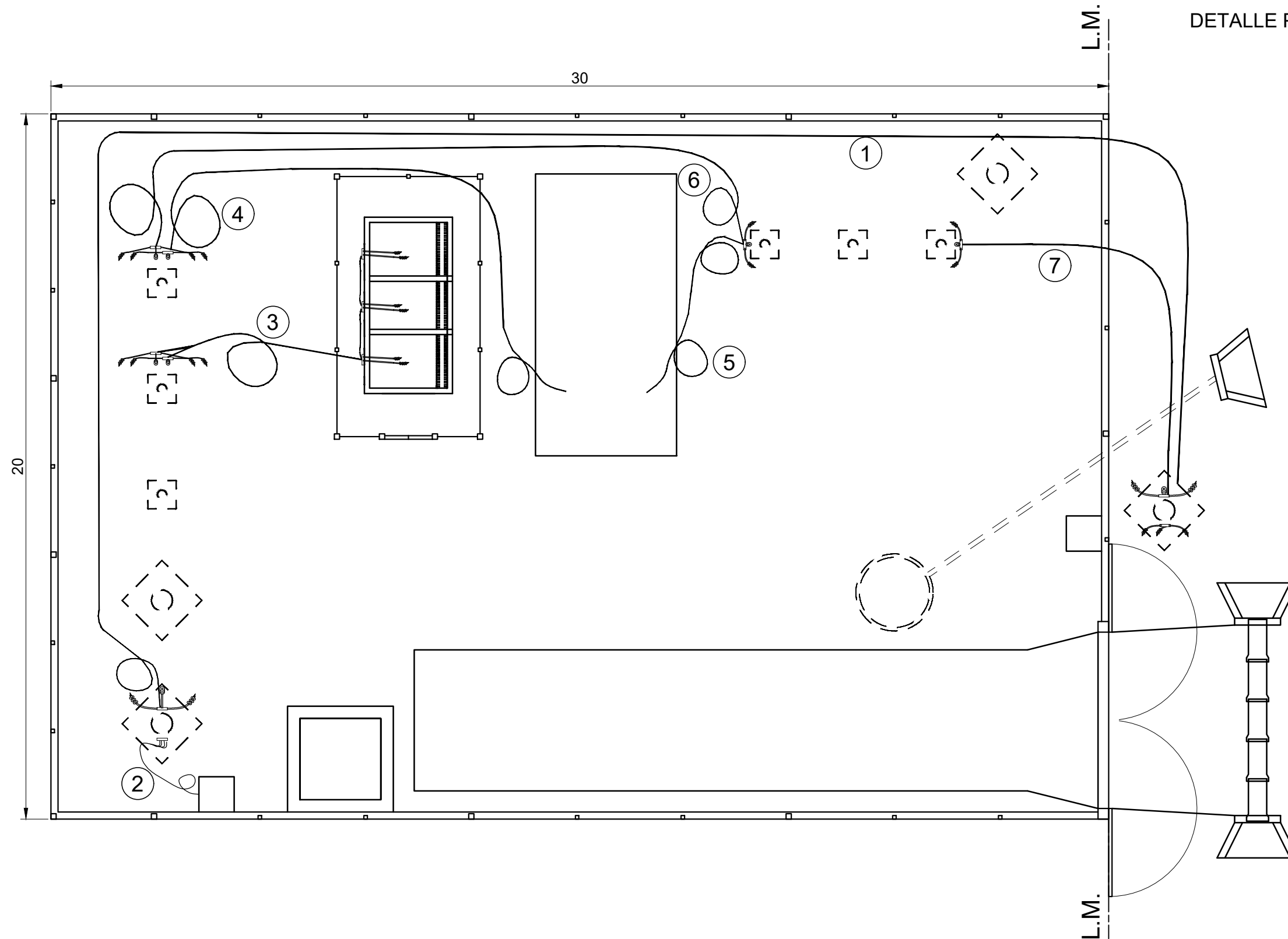
— Ampliación Futura

<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ</b>	
PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"	
<b>1</b>	Plano: Planta general de E.R.A.E. <span style="float: right;">Esc: 1:125</span>
<u>Docentes:</u> Ing. Gustavo Ruhl Ing. Nicolás Maximino <u>Tutor:</u> Ing. Alejandro Jerichau	<u>Alumnos:</u> Lucas Juan Marcos Mateo Miguel Sebastián Zeballos Paraná, marzo de 2020

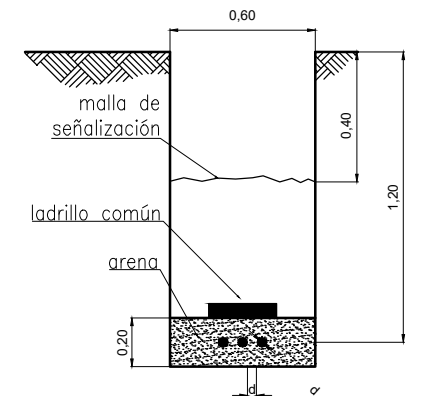




## DETALLE PROTECCIÓN CABLES EN ACOMETIDAS



## CORTE TÍPICO EN ZANJA



## TENDIDOS SUBTERRÁNEOS

1. Alimentador de entrada - 13,2 kV 3x(1x185/35 mm<sup>2</sup> Al/Cu - XLPE) longitud de tendido 60 m.
2. Alimentación SSAA a Tablero Ppal. - 1 kV (3x25+1x16 mm<sup>2</sup> Cu) longitud de tendido 5 m.
3. Alimentación Reguladores de Tensión - 13,2 kV 6x(1x185/35 mm<sup>2</sup> Al/Cu - XLPE) longitud de tendido 8 m.
4. Alimentación BESS - 13,2 kV 3x(1x185/35 mm<sup>2</sup> Al/Cu - XLPE) longitud de tendido 20 m.
5. Alimentación campo de salida desde BESS - 13,2 kV 3x(1x185/35 mm<sup>2</sup> Al/Cu - XLPE) longitud de tendido 8 m.
6. Bypass BESS - 13,2 kV 3x(1x185/35 mm<sup>2</sup> Al/Cu - XLPE) longitud de tendido 22 m.
7. Salida a Dist. ENERSA - 13,2 kV 3x(1x185/35 mm<sup>2</sup> Al/Cu - XLPE) longitud de tendido 15 m.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ

PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"

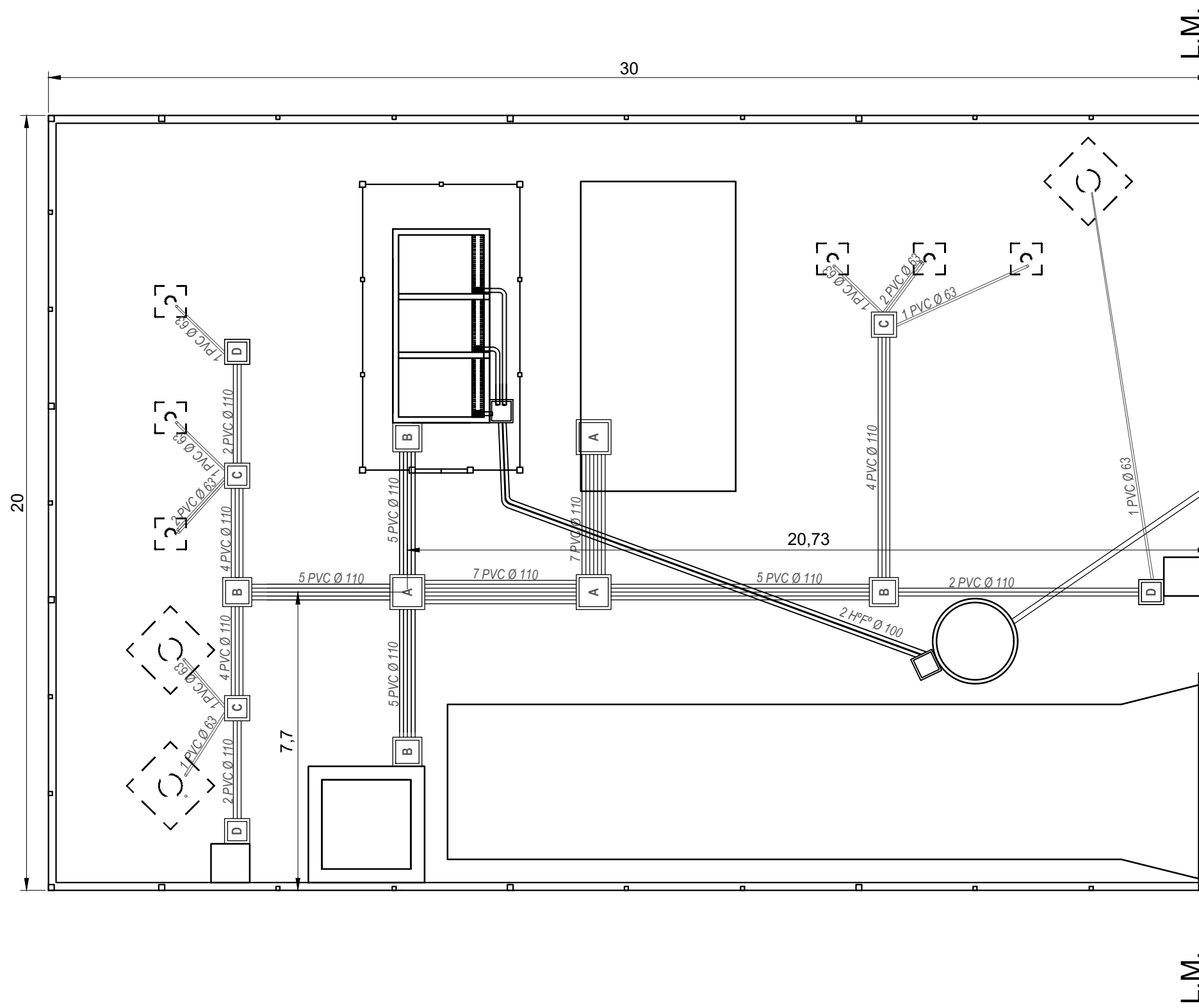
**2** Plano: Tendido de cables subterráneos de E.R.A.E.

Esc: 1:125

Docentes: Ing. Gustavo Ruhl  
Ing. Nicolás Maximino  
Tutor: Ing. Alejandro Jerichau

Alumnos: Lucas Juan Marcos Mateo  
Miguel Sebastián Zeballos  
Paraná, marzo de 2020





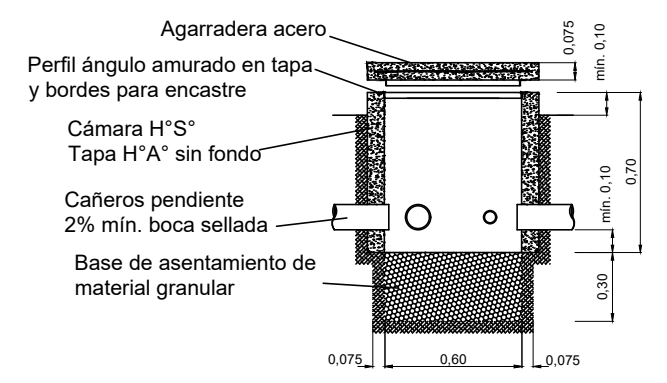
REFERENCIAS

- Cámara de inspección s/ detalles
- Caños principales PVC 3,2 mm Ø 110 mm
- Caños acceso equipos PVC 3,2 mm Ø 63/40 mm
- Caños desagüe cisterna Hº Fº Ø 100 mm

Conductos:  
 Caños de PVC semipesado, cantidades y dimensiones mínimas según se indica en cada caso.  
 Pendiente mínima 2%.  
 Boca sellada luego de la colocación de cables

DETALLE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

- TIPO A: 0,80 x 0,80 m
- TIPO B: 0,60 x 0,60 m
- TIPO C: 0,50 x 0,50 m
- TIPO D: 0,40 x 0,40 m



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ

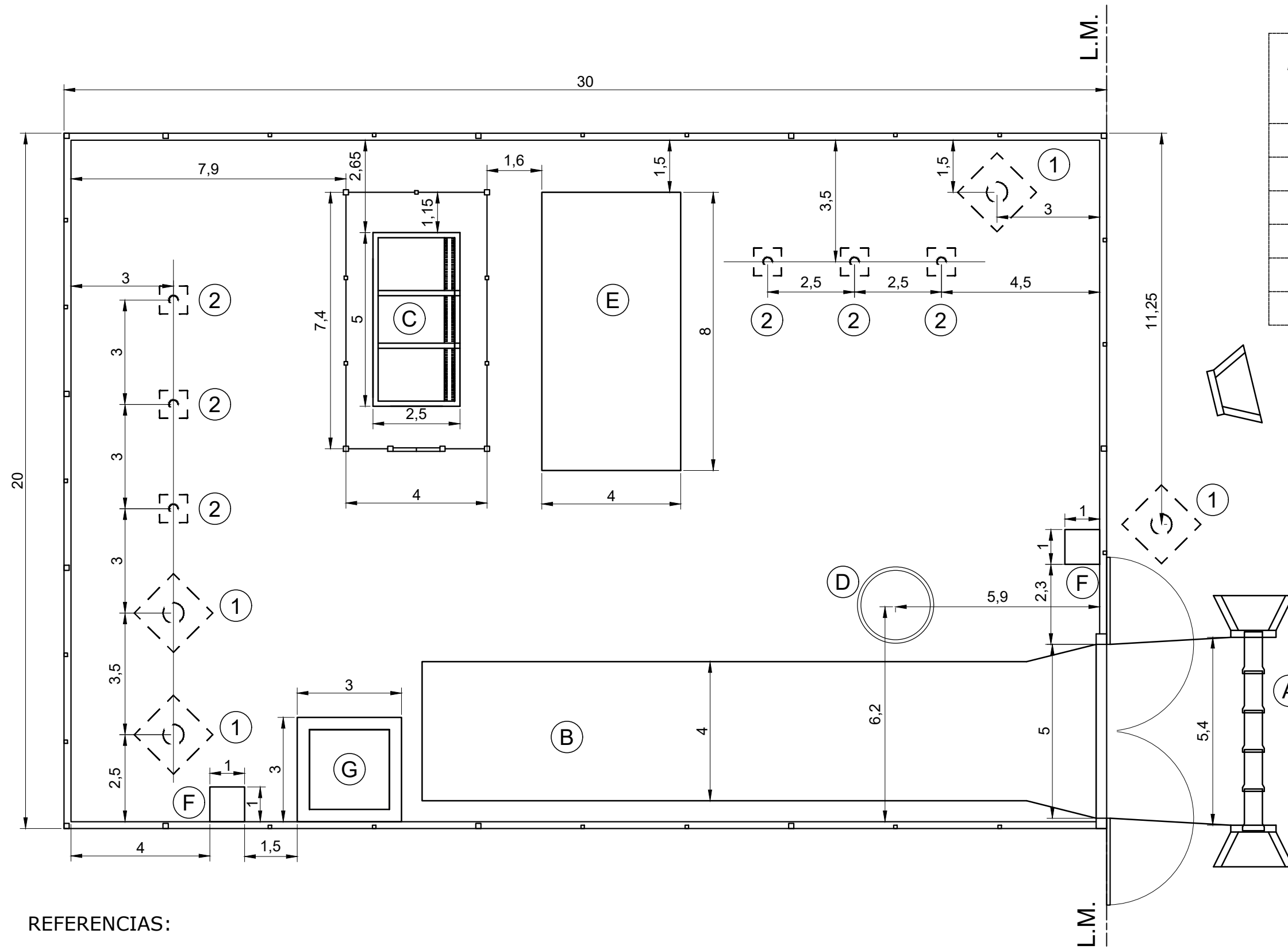
PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"

**3** Plano: Cámaras y cañeros de E.R.A.E. Esc: 1:125

Docentes: Ing. Gustavo Ruhl  
 Ing. Nicolás Maximino  
Tutor: Ing. Alejandro Jerichau

Alumnos: Lucas Juan Marcos Mateo  
 Miguel Sebastián Zeballos  
 Paraná, marzo de 2020





Dimensiones [m]	Base tipo	
	1	2
a	1,5	0,8
b	1,5	0,8
c	1,7	1,2
t	1,1	0,8
Ø	0,6	0,35
<b>Cantidad</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**REFERENCIAS:**

- A - Alcantarilla HºAº de ingreso al predio
- B - Camino de ingreso (canto rodado)
- C - Base HºAº para reguladores automáticos de tensión y batea colectora de aceites s/plano
- D - Cisterna HºAº separadora de aceites con cañerías de desagüe s/plano
- E - Platea para sistema de almacenamiento de energía (BESS)
- F - Base de tableros de SSAA
- G - Base para torre de comunicaciones s/plano

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ

PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"

**4** Plano: Obra civil de E.R.A.E. Esc: 1:125

Docentes: Ing. Gustavo Ruhl  
 Ing. Nicolás Maximino  
Tutor: Ing. Alejandro Jerichau

Alumnos: Lucas Juan Marcos Mateo  
 Miguel Sebastián Zeballos  
 Paraná, marzo de 2020

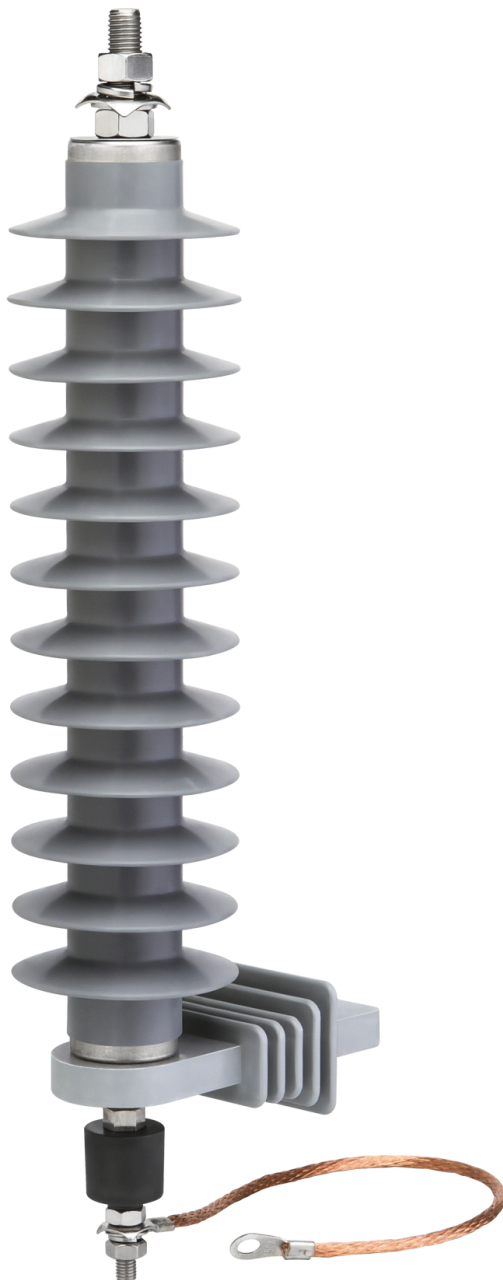




# APÉNDICE 14.4

Fichas técnicas del equipamiento  
electromecánico complementario de la E.R.A.E.





## DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN DE ÓXIDO DE ZINC (ZnO) CON CUBIERTA POLIMÉRICA USO EXTERIOR Un= 12 kV - 15 kV - 30 kV In= 5 kA - 10 kA

### INTRODUCCIÓN

El descargador está compuesto por un varistor de Óxido de Zinc (ZnO), el cual posee una muy buena respuesta ante los picos de sobretensión, excelentes características volt-amperes y alta capacidad de descarga, lo cual proporciona una protección muy consistente ante una sobretensión de pico elevado, como descargas atmosféricas y sobretensiones de conmutación, con una capacidad de protección mejorada.

### CONDICIONES DE SERVICIO

- I) Temperatura ambiente:  $\pm 50$  °C
- II) Altitud: Hasta 1000 msnm
- III) Máxima velocidad del viento: 45 m/s
- IV) Intensidad sísmica: 7 grados (ML), 0.3 g

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

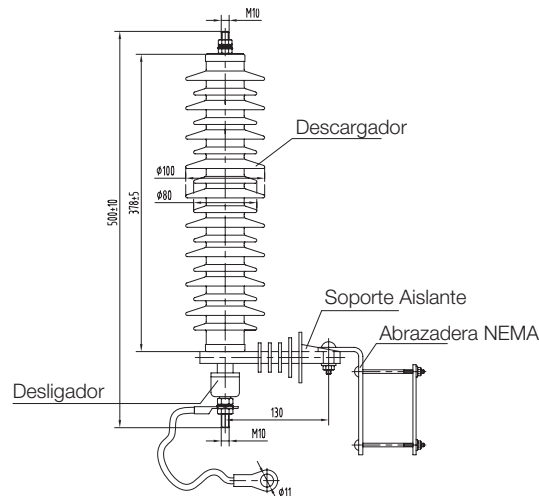
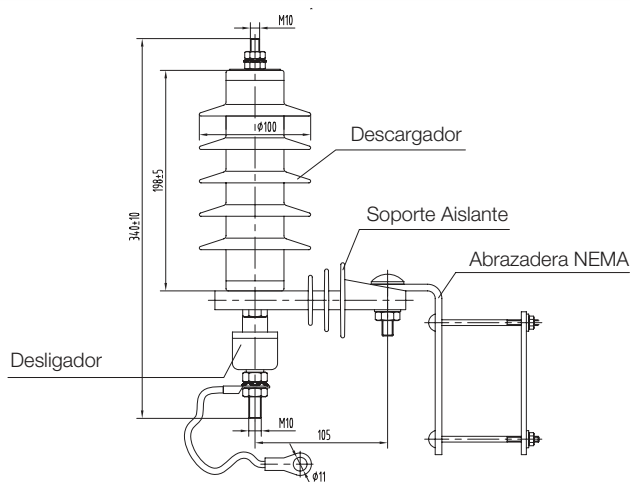
Responde a lo indicado en las normas de construcción y ensayos IRAM 2472, ANSI-IEEE C62.11-ANSI C37/42.

Función de alivio de sobretensión confiable: El dispositivo de alivio de sobretensión es el único elaborado en base a los últimos logros en este campo, con características de operación precisas, seguridad y confiabilidad, que aseguran que el descargador de Óxido de Zinc libere toda la tensión interna excesiva de cualquier evento para minimizar el efecto de la falla.

Dispositivo de sellado único: El excelente sellado del descargador de Óxido de Zinc está asegurado durante su vida útil, por ser un dispositivo de sellado único, a prueba de agua y termoresistente, el cual posee una junta elástica que impide el acceso de polvo y humedad, proporcionando el correcto funcionamiento todo el tiempo.

Distribuidor de:





Cable de Tierra (Cu) 16 mm<sup>2</sup>, largo 50 cm

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Nº	Concepto	Unidad	Características	Características	
1	Normas de ensayo y fabricación		IRAM 2472 , ANSI -IEEE C62.11 ANSI C37/42	IRAM 2472 , ANSI -IEEE C62.11 ANSI C37/42	
2	Características de la red	Tensión de servicio	kV	13.2	33
		Tensión máxima de servicio	kV	14.5	36
		Frecuencia	Hz	50	50
		Neutro (rígido a tierra)	Ohm	=2	=2
3	Desligador	Pza	SI	SI	

Item	Concepto	Unidad	Cubierta exterior		Valor garantizado		Cubierta exterior		Valor garantizado		
			Polímero				Polímero				
1	Tensión nominal del descargador (Un)	kVef	12	12	12	12	30	30	30	30	
2	Tensión máxima de operación permanente (MCOV)	kVef	10.2	10.2	10.2	10.2	25.5	25.5	25.5	25.5	
3	Corriente nominal del descargador	kA	5	10	5	10	5	10	5	10	
4	Tensión residual máxima de una corriente de impulso	Alterna 30/60 us 500 Ac	kVc		30	27			70	65	
Atmósfera		Nominal 8/20 us	5 kAc	kVc		35	35			84	85
			10 kAc	kVc		38	38			90	90
			20 kAc	kVc		43	41			100	97
	Escalón 1/10 us	kVc			42	42			100	95	
5	Máxima corriente de descarga resistida	Alta corriente y breve duración 4/10 us	kAc	65	65	65	65	65	65	65	
		Baja corriente y larga duración (onda rectangular 2000 us)	Ac	125	125	125	125	125	125	125	
6	Ensayo de aislación externa	50 Hz mojado	kV	IRAM 2472, punto 7.2.8	30	38	IRAM 2472, punto 7.2.8	60	60		
		Impulso en seco	kV	IRAM 2472, punto 7.2.6	42	45	IRAM 2472, punto 7.2.6	70	70		
7	Corriente de fuga a tierra bajo tensión de servicio	mA	=1	1	1	1	=1	1	1		
8	Descarga interna		=1	<10	<10	<10	<10	<10	<10		
9	Peso	kg		2.8	3.0	2.8	3.0	6.5	7.8		
10	Material del cuerpo exterior			Polímero	Polímero	Polímero	Polímero	Polímero	Polímero		
11	Tipo de soporte			NEMA	NEMA	NEMA	NEMA	NEMA	NEMA		





## SECCIONADOR AUTODESCONECTADOR PORTAFUSIBLE, SERIE SAP, USO EXTERIOR 15 kV - 27 kV - 33 kV

### INTRODUCCIÓN

El seccionador autodesconectador portafusible se instala del lado de alta tensión del transformador o de la línea de distribución. El mismo provee una protección confiable a la sobre corriente en los sistemas de distribución primaria. La protección a sobre corrientes resguarda al sistema eléctrico de las corrientes excesivas producidas por condiciones anormales como pueden ser fallas en la línea, sobrecargas en líneas o equipos, o fallas de equipos. El seccionador proveerá una amplia protección a la sobre corriente desde la actuación mínima de un fusible hasta la máxima corriente indicada en la chapa característica.

### CONDICIONES DE SERVICIO

- I) Temperatura ambiente: - 40 °C -- +40 °C
- II) Altitud: Hasta 1500 m sobre nivel del mar
- III) Velocidad máxima del viento: 35 m/s
- IV) Intensidad sísmica: 8 grados

### OPERACIÓN

En operación normal, el tubo portafusible del autodesconectador se encuentra en una posición cerrada debido a que está tensionado por el eslabón fusible. Cuando ocurre una falla en el sistema, la corriente de falla hará que el eslabón fusible se derrita rápidamente y cree un arco eléctrico con mucho gas a alta presión dentro el tubo, que soplará verticalmente a lo largo del interior del tubo que extinga el arco. Cuando se derrite el eslabón fusible, el contacto inferior fijo se aflojara debido a que no está tensionado y la estructura de bloqueo descargará el tubo portafusible que caerá hasta una visible posición de abierto.

### CONSTRUCCIÓN

El autodesconectador está compuesto por una base aislada, el tubo portafusible y una ménsula de montaje. Ambos lados del tubo portafusible se acoplan en los contactos fijos superior e inferior. Este autodesconectador está disponible con tubos portafusibles de 100 A o de 200 A.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

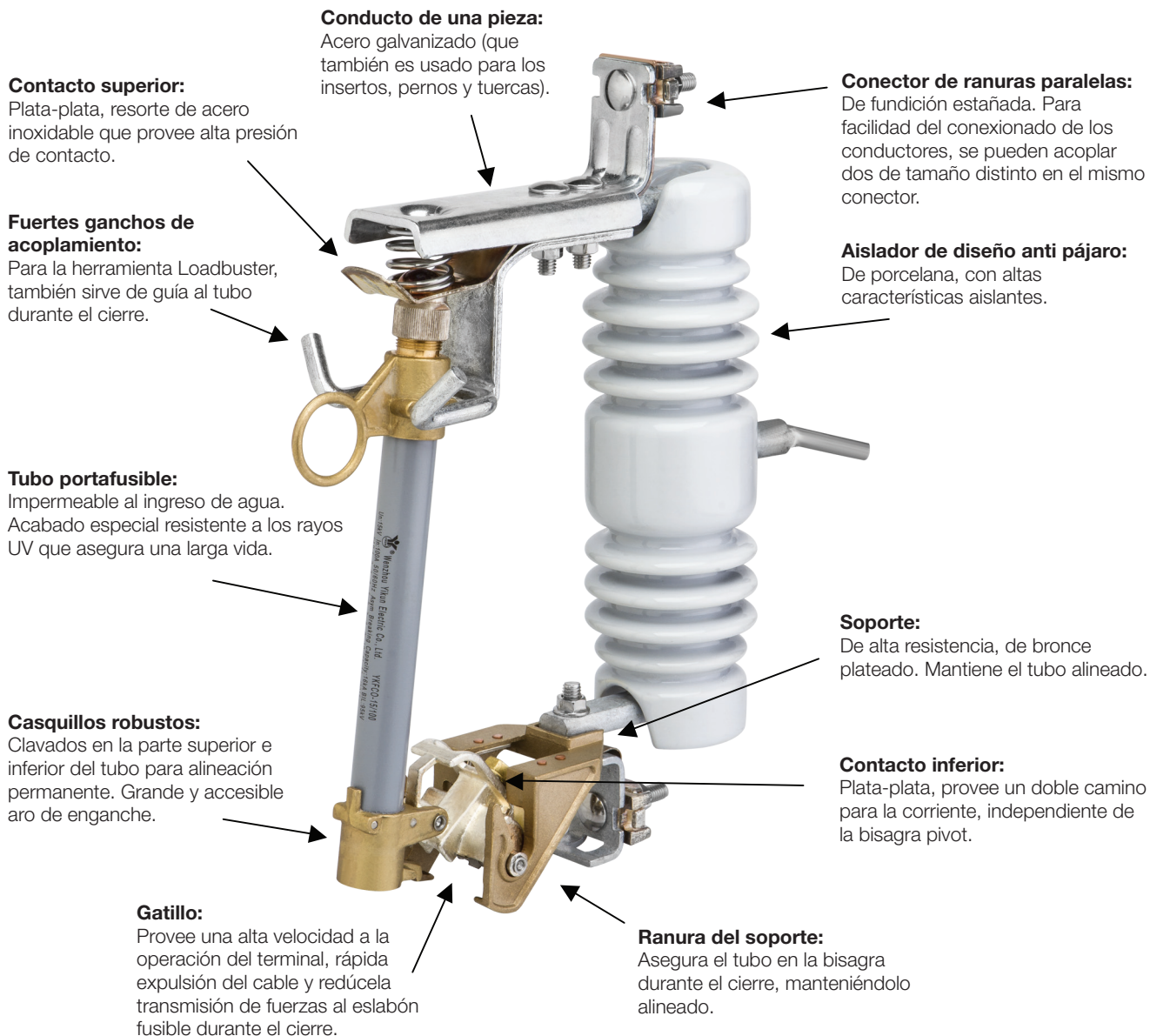
Responde a lo indicado en normas de construcción y ensayos ANSI C 37.41; ANSI C 37.42 e IRAM 2211 y sus complementarias durante el cierre.

### CARACTERÍSTICAS OPCIONALES

- Cámara apagachispas
- Aisladores antivandalicos

Distribuidor de:

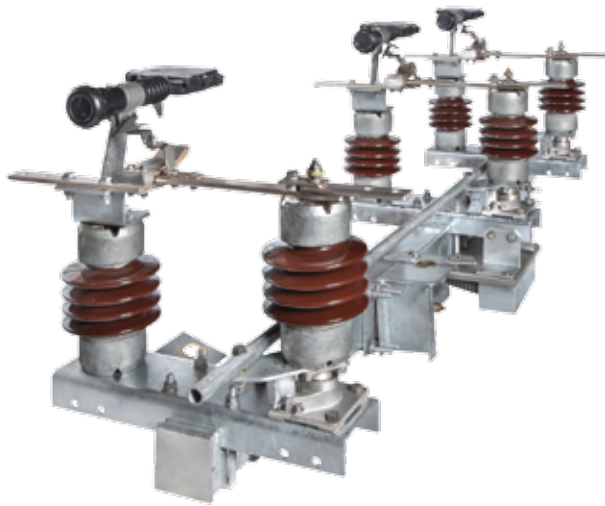




**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

TIPO / MODELO		YKFCO-15	YKFCO-25	YKFCO-33
Tensión nominal	kV	15	25	33
Capacidad de interrupción asimétrica	kV	10/16	8	8
Nivel básico de aislación (BIL)	kV	95	125	170
Distancia de fuga a tierra (mm)	mm	220	432	660
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	kV	35	42	70

Nos reservamos el derecho de realizar cambios de diseño, dimensiones y datos técnicos de nuestros productos sin previo aviso.



#### PRESENTACIÓN

Los seccionadores tripolares bajo carga, serie SBA-ES, se aplican para la interrupción de circuitos de alimentadores y subestaciones en instalaciones de distribución intemperie. Están equipados con cámaras de corte bajo carga de operación para apertura y cierre con velocidad independiente del operador.

Estos seccionadores de apertura lateral son capaces de operar los siguientes equipos o instalaciones:

- Transformadores de distribución.
- Líneas aéreas.
- Cables.

Los seccionadores serie SBA-ES se destacan por la robustez de su construcción y por los contactos de alta confiabilidad capaces de soportar las solicitaciones debido a las corrientes de cortocircuito.

Para la fabricación standard se suministran aisladores de porcelana.

#### DISPOSITIVOS DE MANIOBRA

Los seccionadores serie SBA-ES pueden accionarse mediante los siguientes tipos de dispositivos:

- Comando a palanca manual.
- Comando manual con enclavamiento.
- Comando motorizado a control remoto y automático.
- Comando motorizado autónomo operable a distancia con baterías y cargador 24 Vcc.

Diseño, construcción y ensayos conforme a recomendaciones IEC 62271-103 y ANSI.

#### OPCIONALES

- Aisladores en resina cicloalifática.
- Aisladores caucho siliconado.

## SECCIONADORES TRIPOLARES BAJO CARGA

**serie SBA-ES,**  
USO EXTERIOR,  
17,5 - 25,8 - 38 kV 400 a 600 A

THREE POLE LOAD BREAK SWITCH,  
SBA-ES SERIES, OUTDOOR USE,  
17,5 - 25,8 - 38 kV - 400 to 600 A

#### DESCRIPTION

Load-break three pole switches, SBA-ES series, are applied for interruption of feeders and substations circuits for outdoor installations. These switches are equipped with interrupting chambers with independent velocity from the operator for opening / closing operation. These side-break switches are able to operate installations or equipment as follows:

- Distribution transformers.
- Overhead lines.
- Cables.

Load-break switches SBA-ES serie features are its robust construction and the high reliable contacts able to support short-circuit withstand current. Porcelain insulators are supplied for standard construction.

#### CONTROL DEVICES

Load-break three pole switches, SBA-ES series can be operated by any of the following devices:

- Manual lever operating mechanism.
- Interlocked manual command.
- Motor operating mechanism with remote and automatic control.
- Autonomous motor operating mechanism distance operation with batteries and charger 24 Vdc.

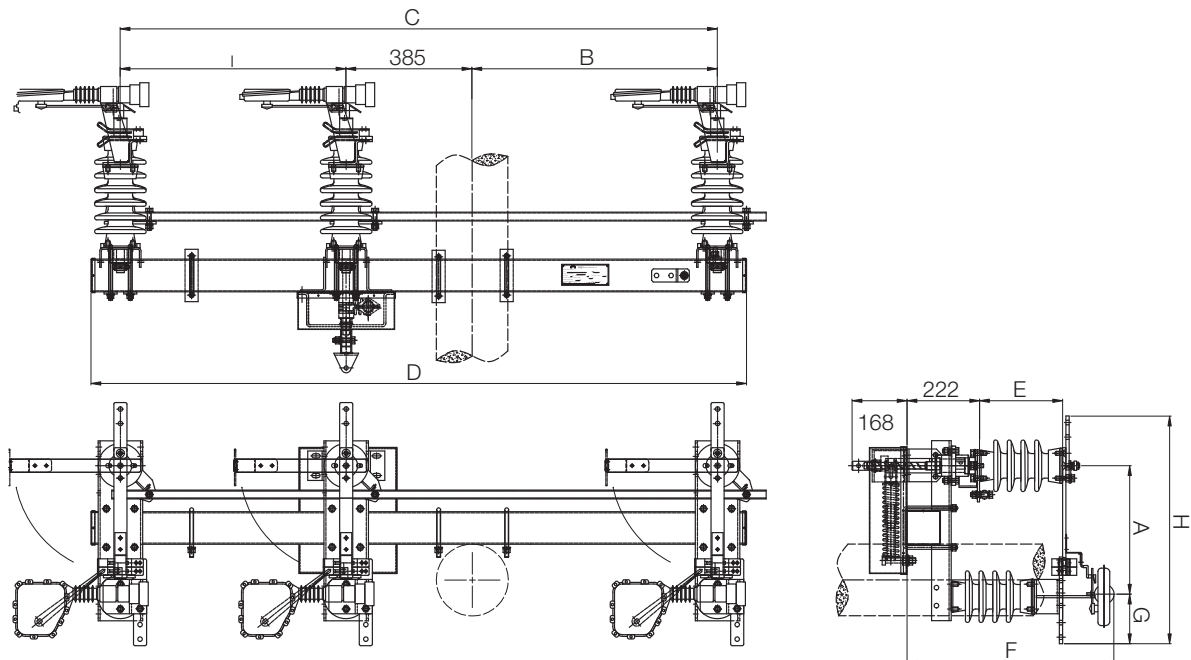
Design, construction and tests according IEC 62271-103 and ANSI standards.

#### OPTIONAL

- Cycloaliphatic resin insulators.
- Silicone rubber insulators.

DATOS TÉCNICOS / TECHNICAL DATA

REFERENCIA REFERENCE					
Tensión nominal Rated voltage	kV	17,5	25,8	38	
Corriente nominal Rated normal current (r.m.s.)	A	400	400	400	
		600	600	600	
Tensión de ensayo Withstand voltage A tierras y entre polos To earth and between poles <ul style="list-style-type: none"> <li>• A frecuencia industrial bajo lluvia • Wet power frequency</li> <li>• A impulso • Impulse</li> </ul>	kV	45	55	75	
		95	125	170	
	Sobre la distancia de secc. Across the isolating distance <ul style="list-style-type: none"> <li>• A frecuencia industrial bajo lluvia • Wet power frequency</li> <li>• A impulso • Impulse</li> </ul>	kV	60	75	100
		kV	110	145	195
Intensidad admisible de breve duración Rated short time withstand current (r.m.s.)	kA	20	20	16	
Valor cresta de la intensidad admisible Rated peak withstand current	kA	50	50	40	
Aislador tipo subestación (otros tipos a pedido) Insulator substation type		TR-205	TR-208	TR-210	
		C4-125	C4-150	C4-170	



DIMENSIONES / DIMENSIONS (mm)

kv	A	B	C	D	E porcelana cicloalifatico		F porcelana cicloalifatico		G	H	I
17,5	400	750	1825	2025	264	235	468	439	155	760	690
25,8	550	880	2105	2345	368	305	571	509	155	883	840
38	550	1110	2535	2810	467	365	670	569	155	883	1040

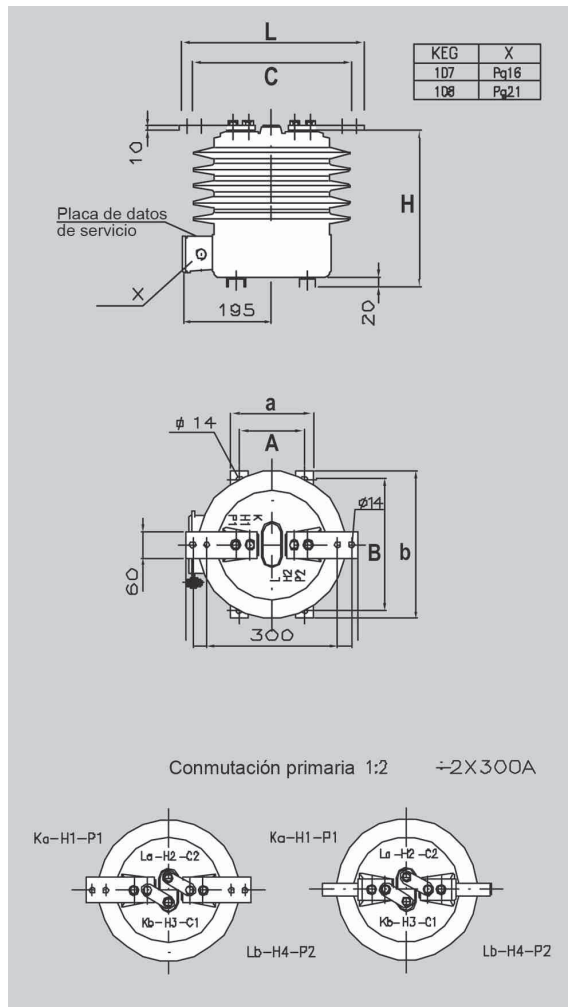
Nos reservamos el derecho de realizar cambios de diseño, dimensiones y datos técnicos de nuestros productos sin previo aviso.  
We reserve the right to change design, dimensions and technical data of our products without notice.



# GIFS

## Transformadores de intensidad de tipo soporte para servicio exterior

GIFS 12 | 17,5 | 24 | 36



Tipo GIFS Dimensiones mm		
	GIFS 12   17,5   24	GIFS 36
A	150	150
B	300	300
a	190	190
b	335	335
C	335	335
H	355	439

Tipo GIFS					
		GIFS 12	GIFS 17,5	GIFS 24	GIFS 36
U <sub>m</sub>	kV	12	17,5	24	36
Tensión de ensayo	kV	28 75	38 95	50 125	70 170
Intensidad primaria asignada – I <sub>PN</sub>	A	hasta 1250			
Intensidad secundaria asignada – I <sub>SN</sub>	A	1   5	1   5	1   5	1   5
Intensidad térmica de corta duración asignada – I <sub>th</sub>		hasta 1000 x I <sub>PN</sub>   max. 63 kA			
Valor de cresta de la intensidad admisible – I <sub>dyn</sub>		2,5 x I <sub>th</sub> , max. 100 kA			
Núcleo, Número de núcleos		Determinación en función de las exigencias: Clase de precisión, sobre intensidad indicada, potencia			
Frecuencia	Hz	50 60			
Distancia de fugas	mm	575	575	575	926
Peso	kg	40	40	40	55

Sujeto a modificaciones técnicas



GERMANY HAMBURG • WIRGES • KIRCHAICH • DRESDEN  
AUSTRIA MARCHTRENK | HUNGARY KECSKEMÉT | CHINA SHANGHAI | USA LAVONIA

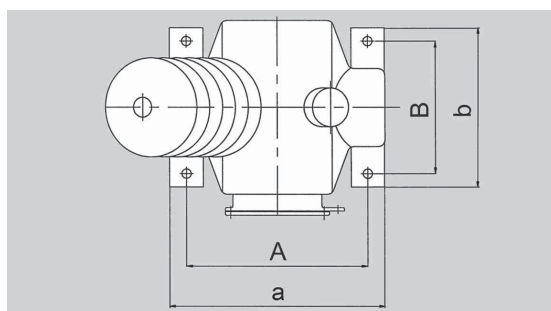
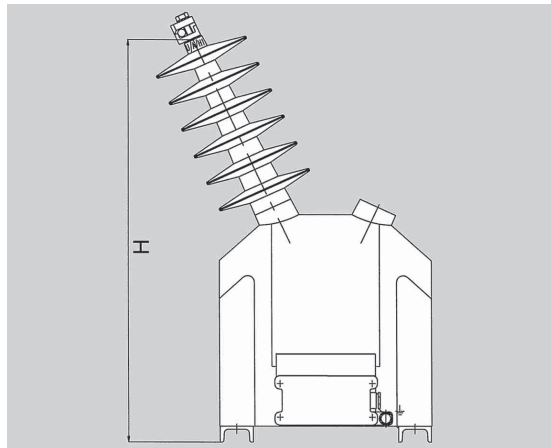




# VEF

## Transformadores de tensión para servicio exterior

VEF 12 | 17,5 | 24 | 36



Tipo VEF	Dimensiones mm			
	VEF 12	VEF 17,5	VEF 24	VEF 36
A	270	270	270	270
B	160	160	160	200
a	310	310	310	320
b	185	185	185	240
H	380	490	490	622

Tipo VEF						
			VEF 12	VEF 17,5	VEF 24	VEF 36
U <sub>m</sub>		kV	12	17,5	24	36
Tensión de ensayo		kV	28 75	38 95	50 125	70 170
Tensión primaria asignada- U <sub>PN</sub>		V	10000/√3 11000/√3	13800/√3 15000/√3	20000/√3 22000/√3	30000/√3 33000/√3
Tensión secundaria asignada - U <sub>SN</sub>		V	100/√3   110/√3			
Tensión secundaria asignada del arrollamiento (s) de puesta a tierra		V	100/3   110/3			
Potencia nominal en clase de precisión (IEC)	0,2	VA	40	40	40	50
	0,5	VA	100	100	100	100
	1,0	VA	200	200	200	200
Intensidad límite térmica secundaria		A	6	9	9	10
Intensidad límite térmica con 1,9 x U <sub>N</sub> / 8h		A	6	6	6	10
Frecuencia		Hz	50 60			
Distancia de fugas		mm	400	745	745	950
Peso		kg	33,5	35,5	35,5	51

Sujeto a modificaciones técnicas



GERMANY HAMBURG • WIRGES • KIRCHAICH • DRESDEN  
AUSTRIA MARCHTRENK | HUNGARY KECSKEMÉT | CHINA SHANGHAI | USA LAVONIA



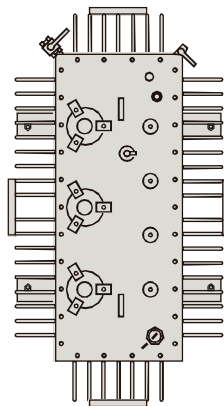
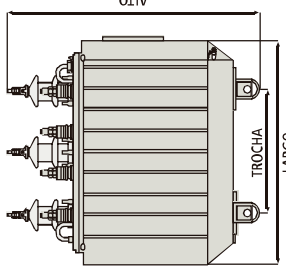
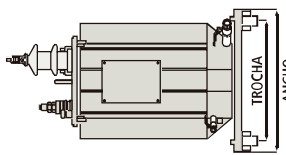
## Transformadores de Llenado Integral

Potencia		Pérdidas (W)		Ucc		Dimensiones (mm)		Masa	
kVA	Pcc	Pcc	Ancho	Alto	Trocha	Largo	Ancho	Alto	Trocha
25*	160	600	4	1000	750	1100	600	390	600
40*	200	900	4	1100	750	1100	600	470	600
63*	270	1350	4	1150	750	1100	600	530	600
80*	315	1500	4	1200	750	1100	600	600	600
100*	350	1750	4	1200	750	1150	600	640	600
125*	420	2100	4	1450	750	1150	600	680	600
160*	500	2500	4	1500	750	1250	600	820	600
200	600	3000	4	1550	850	1250	600	880	600
250	700	3500	4	1650	900	1250	700	1020	600
315	850	4250	4	1650	900	1300	700	1200	600
400	1000	5000	4	1650	950	1500	700	1470	600
500	1200	6000	4	1650	1050	1650	700	1740	600
630	1450	7250	4	1650	1050	1650	800	1940	600
800	1750	8750	5	1800	1050	1675	800	2360	600
1000	2000	10500	5	1950	1100	1700	800	3060	600
1250	2200	13000	5	1950	1200	1800	1000	3480	600

\* Con soporte para abrazaderas de sujeción a poste y para plataforma

Potencia		Pérdidas (W)		Ucc		Dimensiones (mm)		Masa	
kVA	Pcc	Pcc	Ancho	Alto	Trocha	Largo	Ancho	Alto	Trocha
16*	130	480	4	1200	800	1500	600	550	600
25*	190	650	4	1200	800	1500	600	600	600
40*	290	900	4	1300	800	1500	600	700	600
63*	320	1500	4	1300	800	1500	600	800	600
80*	330	1600	4	1200	850	1550	600	850	600
100*	420	1900	4	1200	900	1600	600	1000	600
125*	500	2500	4	1600	800	1600	600	1000	600
160*	600	2800	4	1600	800	1600	600	1100	600
200	700	3250	4	1400	900	1600	600	1200	600
250	850	4000	4	1500	1000	1700	700	1500	600
315	950	4800	4	1800	1100	1700	700	1600	600
400	1200	5000	4	1800	1100	2000	700	2000	600
500	1250	6400	4	1800	1100	2000	700	2300	600
630	1500	7600	4	1900	1200	2000	800	2700	600
800	1800	9800	5	2000	1200	2000	800	3200	600
1000	2200	11700	5	2100	1200	2100	800	3700	600
1250	2500	14200	5	2200	1300	2100	1000	4300	600

\* Con soporte para abrazaderas de sujeción a poste y para plataforma



Con diseños especiales se pueden llegar a proveer máquinas de hasta 2500 kVA.

Nuestros diseños están en continua evolución, por lo tanto los datos aquí detallados pueden ser modificados sin previo aviso.



Llámanos al teléfono o envíenos un mail  
+ 54 - 3404 - 487200 - Int. 113  
serviciost@tadeoczerweny.com.ar

**Administración:**  
Av. República 328 (S2525B00), Gálvez, Santa Fe, Argentina / Tel.: + 54 - 3404 - 487200  
administracion@tadeoczerweny.com.ar

**Planta Industrial y Ventas:**  
Bv. Argentino 374 (S2525CMP), Gálvez, Santa Fe, Argentina / Tel.: + 54 - 3404 - 487200  
tczsa@tadeoczerweny.com.ar / ventas\_galvez@tadeoczerweny.com.ar

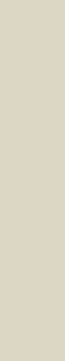
**Oficina Comercial Bs.As.:**  
Bernardo de Irigoyen 330 5° piso of. 121 (C1072AAH), C.A.B.A., Argentina / Tel.: + 54 - 11 - 5272 8001 al 5  
tczissas@tadeoczerweny.com.ar  
[www.tadeoczerweny.com.ar](http://www.tadeoczerweny.com.ar)



**Administración:**  
Av. República 328 (S2525B00), Gálvez, Santa Fe, Argentina / Tel.: + 54 - 3404 - 487200  
administracion@tadeoczerweny.com.ar

**Planta Industrial y Ventas:**  
Bv. Argentino 374 (S2525CMP), Gálvez, Santa Fe, Argentina / Tel.: + 54 - 3404 - 487200  
tczsa@tadeoczerweny.com.ar / ventas\_galvez@tadeoczerweny.com.ar

**Oficina Comercial Bs.As.:**  
Bernardo de Irigoyen 330 5° piso of. 121 (C1072AAH), C.A.B.A., Argentina / Tel.: + 54 - 11 - 5272 8001 al 5  
tczissas@tadeoczerweny.com.ar  
[www.tadeoczerweny.com.ar](http://www.tadeoczerweny.com.ar)



## Transformadores de Llenado Integral



F12021 Rev. 4

## Transformadores de Llenado Integral

### INTRODUCCIÓN:

Para satisfacer las necesidades de un mercado cada vez más exigente, Tardío Czerweny S.A. viene desarrollando y perfeccionando desde hace años el modelo de "Transformadores de Llenado Integral". Ampliamente aceptado y de uso casi exclusivo en Europa, este producto ha sido optimizado hasta tener aplicaciones en tensiones de hasta 36 KV.

### Entre sus principales características se pueden mencionar:

- A/ Diseño compacto y económico.
- B/ Mínimo mantenimiento.
- C/ Intercambiables con transformadores tipo I, II y III de la Norma IRAM 2250.
- D/ Praticidad en el diseño.
- E/ Ausencia de cámara de Nitrógeno.
- F/ Ausencia de tanque de expansión.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Estos transformadores cumplen con las prescripciones de las Normas IRAM en lo que respecta a potencia, tensiones, nivel de aislamiento, régimen de sobrecargas, etcétera. A pedido también se pueden producir bajo especificaciones particulares de cada cliente u otras normas internacionales.

Para facilitar su intercambiabilidad con otro tipo de máquinas mantienen las trochas y nuedas establecidas por IRAM 2250.

Al ser un transformador hermético (sin tanque de expansión) su estructura trabaja a presión variable en función de la temperatura del aceite, sin intercambio de aire con el exterior. Esto permite que el aceite del transformador nunca esté en contacto con el medio ambiente, lo que impide el ingreso de humedad preservando los inhibidores de oxidación y por ende prolongando la vida útil del transformador.

La principal diferencia con las máquinas herméticas tradicionales es que no cuenta con una cámara superior de Nitrógeno, ya que por diseño estas máquinas compensan las fluctuaciones de volumen de aceite mediante la expansión y contracción de sus paredes aleadas.

Por diseño la presión en el interior de la cuba, a la máxima temperatura del aceite, nunca sobrepasa los 4,9 N/cm<sup>2</sup>.

### PROVISIÓN ESTÁNDAR:

- A/ Tres aisladores de alta/media tensión de porcelana.
- B/ Cuatro aisladores de baja tensión en porcelana.
- C/ Un conmutador de cinco posiciones de accionamiento sin tensión.
- D/ Una válvula para extracción de muestra de aceite.
- E/ Una válvula para desagote del aceite.
- F/ Una tapa de llenado.
- G/ Una placa característica.
- H/ Cáncamos de izaje, transporte y decubado.
- I/ Una terminal de puesta a tierra.
- J/ Cuatro ruedas bi-direccionales.
- K/ Explosores de dos etapas en alta/media tensión.

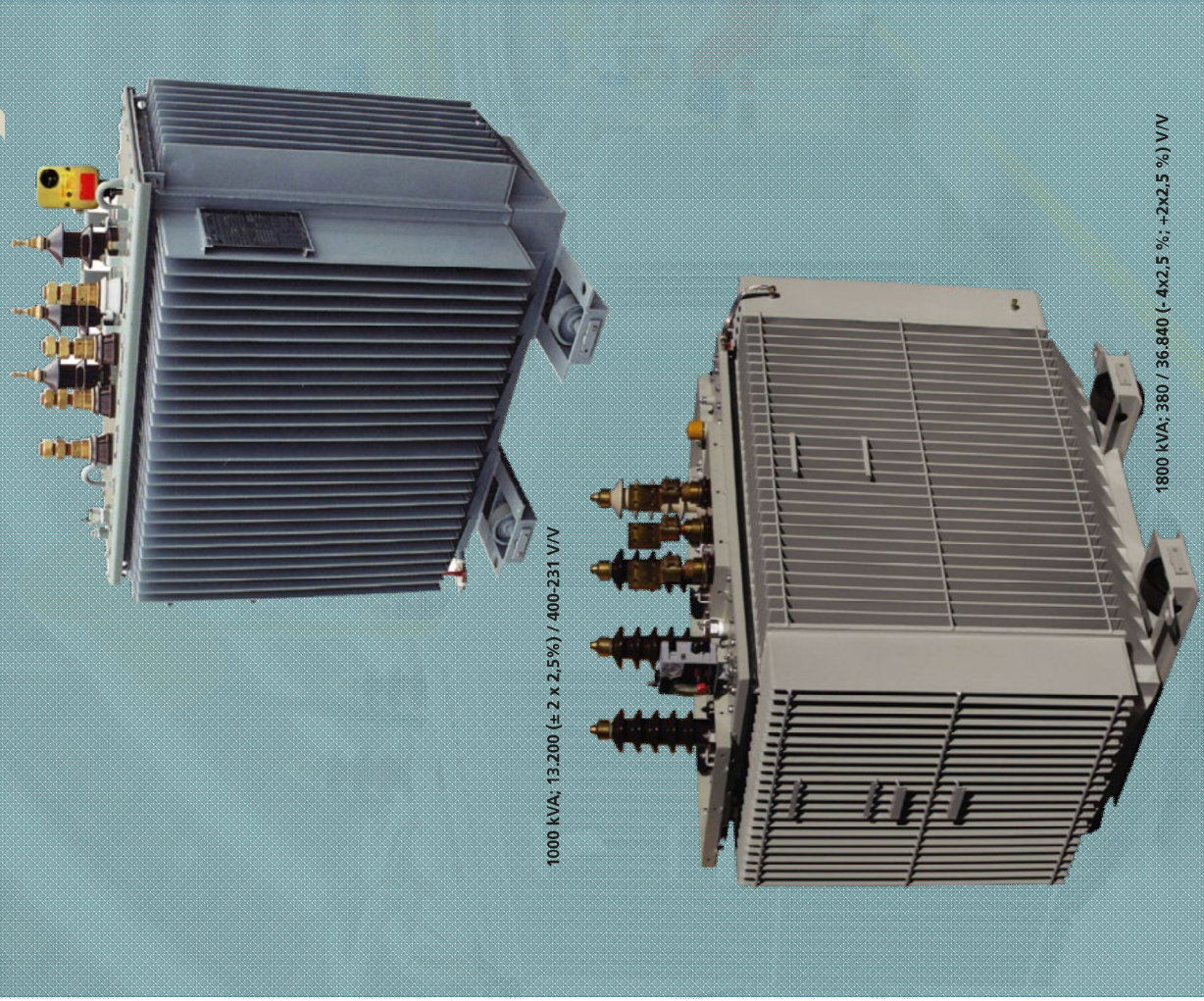
### ACCESORIOS OPCIONALES:

- Conectores tipo banderas para alta/media y baja tensión.
- Termómetro de aceite (con o sin contactos).
- Descargadores de Oxido de cinc.
- Aisladores enchufables (c/s carga) tipo Loadbreak/DEADBREAK bushings.
- Válvula de sobrepresión (c/s contactos).
- Brica para cubrebornes según especificaciones.
- Cubrebornes para Alta/Media y Baja Tensión.
- Instrumento de Protección Integral\*



\* Este último accesorio altamente recomendado principalmente para potencias iguales o superiores a 400 KVA, tiene la particularidad de combinar en un solo instrumento medidores de: Temperatura, Presión, Nivel e Indicación de Acumulación de Gases, cumpliendo en este último caso una misión similar a la de un Piele Buchholz.

Estos aparatos de protección y medición, vienen equipados con selectores de temperatura para emitir señales de alarma y disparo. Las otras tres mediciones sólo emiten una señal de disparo cada una.



1000 kVA; 13.200 (-± 2 x 2,5%) / 400-231 V/V

1800 kVA; 380 / 36.840 (- 4x2,5 %; +2x2,5 %) V/V



# Seccionador Unipolar a cuchilla - Famibuster/Bypass

Todas sus partes conductivas son de cobre electrolítico estañado (o plateado, bajo pedido). Su anilla articulada posee un seguro de apertura que opera únicamente cuando se maniobra con una pértiga. Los aisladores son de porcelana con amplia línea de fuga de color gris cielo o de resina cicloalifática. Las partes ferrosas son galvanizadas en caliente. **No incluyen morsetos de conexión**, los cuales se proveen bajo pedido.

## Modelo FAMI-BUSTER

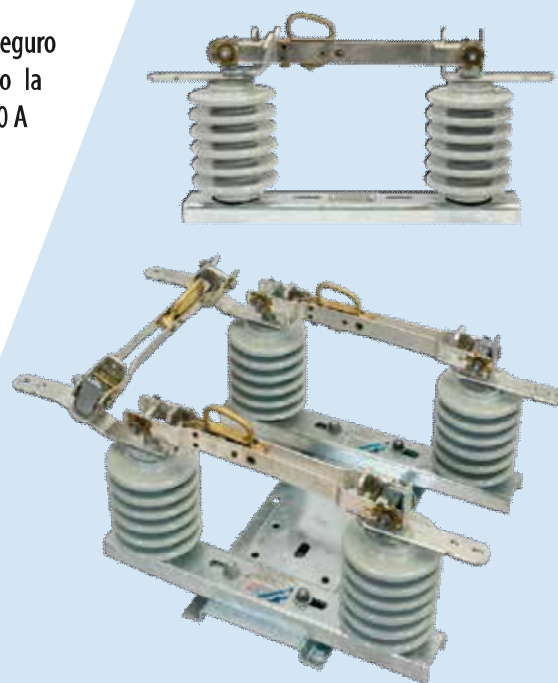
Especialmente indicado para sistemas trifásicos, operación polo por polo, como un sistema seguro y económico de seccionamiento. Se transforma en Seccionador Bajo Carga utilizando la herramienta **Loadbuster®** de **S&C**, montada en una pértiga, con capacidad de corte de 600 A a tensión nominal. Su aplicación es indispensable en sistemas de electrificación rural.

## Modelo FAMI-BUSTER BYPASS

Está constituido por tres seccionadores a cuchilla unipolares, montados en grupo en forma de "U" sobre una base única. Es indicado para instalaciones en lugares donde es necesario realizar tareas de mantenimiento e inspección periódica en reconectores o regulares de tensión, sin interrumpir el servicio.

### Características Técnicas

Modelo	FAMIBUSTER   BYPASS
Tensión Nominal (kV)	15 a 33 kV
Corriente Nominal (A)	400 - 600   600
Montaje	Vertical   Invertido
Accionamiento	Manual   a pértiga
Icc (1 seg)	16 kA
Icc (cresta)	40 kA



# Accesorios para Líneas Aéreas - Morsas de Retención

Morsa de Retención Automática SERIE FDW



La **morsa de retención automática serie FDW**, es apta para conductores de aluminio y aluminio con alma de acero, en secciones métrica comerciales. Por su acción tipo cuña y su alimentación lateral, revoluciona la forma de retener conductores combinando las características más solicitadas por los instaladores y usuarios:

- ◆ **Inserción Lateral Abierta**, el conductor se coloca accediendo lateralmente a la morsa, eliminando la necesidad de insertarlo a través de ella.
- ◆ **Automática**, el conductor se ajusta por el desplazamiento de las mordazas con forma de cuña. El cierre cónico provee una instalación permanente, independientemente de la habilidad del operario.
- ◆ **Full Tensión** (2000 y 3000 kg), es decir que soporta la carga de rotura del conductor alojado, eliminando el deslizamiento del mismo.
- ◆ **Sin Herramientas**, al no tener tuercas ni bulones, no hay necesidad de utilizar herramientas, por lo tanto la retención depende del torque aplicado.

### Características Técnicas

Modelo	FDW-010	FDW-040
ALUMINIO (mm <sup>2</sup> )	25 - 70	25 - 120
ALUMINIO/ACERO (mm <sup>2</sup> )	25 - 50	25 - 95
CARGA A LA TRACCION (Kg)	2.000	3.000



**FAMMIE**  
**FAMI S.A.**

**DESDE 1948 COMPROMETIDOS CON LA CALIDAD**

VISÍTENOS: [www.fami.com.ar](http://www.fami.com.ar)

**70 años de innovación y calidad**

Homero 340 (C1407IFH) CABA - Tel.: +54.11 4635-5445  
Email: [fami@fami.com.ar](mailto:fami@fami.com.ar)



REPRESENTANTES Y LICENCIATARIOS DE  
**S&C ELECTRIC COMPANY**

# Seccionador Tripolar a Cuernos

Clásico seccionador a cuernos **modelo ACT**, apto para montaje en cruceta normalizada, con aisladores de porcelana o resina cicloalifática, en tensiones nominales de 13,2 y 34,5 kV - 600 A.

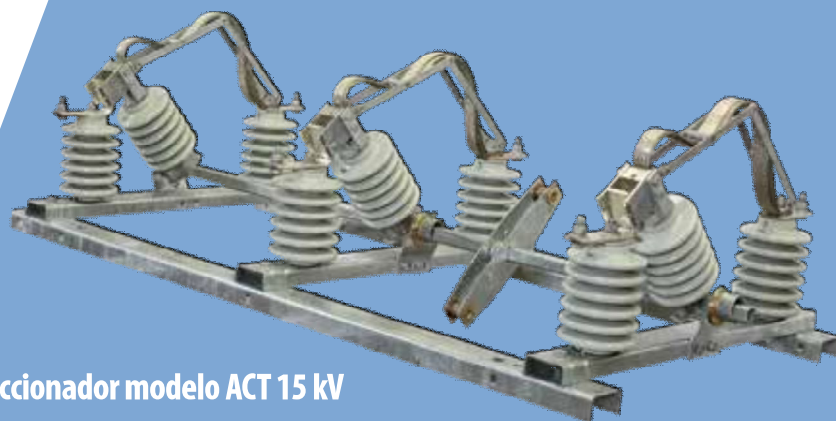
Los comandos que se ofrecen son del tipo **Estribo** para instalaciones normales o con Comando Manual y auxiliares (bobina, contactos, calefacción) para aquellos casos donde la señalización y el control sean requisitos indispensables.

Los contactos y mallas de conexión están fabricados en cobre electrolítico de máxima pureza y estañados. Todas sus partes ferrosas están protegidas por galvanización en caliente.

Opcionalmente, pueden suministrarse con cuchillas de **Puesta a Tierra** independientes o sincronizadas y contactos del tipo aireados a cuchilla.

## Características Técnicas

Tensión Nominal (kV)	15 a 33 kV
Corriente Nominal (A)	600
Montaje	Horizontal - Vertical
Accionamiento	Manual
Icc (1 seg)	10 kA
Icc (cresta)	25 kA



Seccionador modelo ACT 15 kV



**DESDE 1948 COMPROMETIDOS CON LA CALIDAD**



**FAMMIE  
FAMI S.A.**

VISÍTENOS: [www.fami.com.ar](http://www.fami.com.ar)

**70 años de innovación y calidad**

Homero 340 (C1407IFH) CABA - Tel.: +54.11 4635-5445  
Email: [fami@fami.com.ar](mailto:fami@fami.com.ar)



REPRESENTANTES Y LICENCIATARIOS DE  
**S&C ELECTRIC COMPANY**



## NOVA™ Reconectador trifásico controlado por microprocesador

Eaton ofrece una protección fiable, económica contra sobrecorriente, medidores avanzados y sistemas de automatización para circuitos de distribución de 34,5 kV con sus reconectores de circuito automático de fase trifásica NOVA™ trifásicos controlados electrónicamente, de Cooper Power™.

El NOVA Reconector combina el polímero epoxi cicloalifático sólido encapsulado, Interruptores de vacío con un mecanismo de funcionamiento confiable y ligero que utiliza un actuador magnético para proporcionar una vida de funcionamiento sin problemas. El sistema de polímero sólido no se basa en un líquido gaseoso,

O dieléctrico de espuma. El reconector NOVA es altamente resistente A ozono, oxígeno, humedad, contaminación y luz ultravioleta. El reconector NOVA está disponible con dos opciones de configuración: interfaz de control y interfaz auxiliar. Diseñados y probados para ser compatibles con los controles trifásicos de la serie Cooper de Eaton, estos reconectores automáticos de circuitos ofrecen una coordinación superior, protección y capacidades de aplicación.

Los reconectores NOVA compactos y ligeros se instalan fácilmente en polos o en subestaciones. El equipo de montaje está disponible tanto para aplicaciones de postes como para subestaciones. El reenganchador y los accesorios de control permiten una adaptación ulterior del programa de protección para lograr la máxima flexibilidad de funcionamiento del sistema. Eaton está fuertemente comprometida a la mejora de la fiabilidad de la industria de la energía eléctrica. Los avances tecnológicos, incluyendo los más recientes controles basados en microprocesadores y los aisladores sólidos de distribución de NOVA, representan nuestra inversión en el futuro.

El reconector NOVA no es sólo un avance tecnológico, sino un componente valioso que aporta ahorros operacionales significativos a la unidad de negocio de servicios públicos, reduciendo los costos de instalación, operación, capacitación y mantenimiento en su sistema de distribución de energía. Los reconectores NOVA están diseñados y fabricados de acuerdo con la norma IEEE Std C37.60™ -2003.



**EATON**

Powering Business Worldwide

### Calificaciones y características

La protección trifásica en los sistemas de 2.4 a 14.4 kV es proporcionada por los reconfiguradores NOVA15. Los reconfiguradores NOVA27 pueden aplicarse en sistemas con una clasificación de 27,6 kV. La protección del sistema de voltaje más alto a 34,5 kV es proporcionada por los reconfiguradores NOVA38.

Funcionamiento: Detección de transformadores de corriente, incorporados en el reconfigurador, información de detección de fallos de suministro al control electrónico. Las señales de disparo y cierre del control energizan los circuitos de operación en el reconfigurador. Debido a una relación de TC única para todas las clasificaciones, los valores de disparo mínimo del control electrónico son independientes de las clasificaciones de corriente continua y de interrupción del reconfigurador. La flexibilidad en coordinación con otros dispositivos de protección viene dada por diversas características de tiempo-corriente, desde una selección de curvas estándar o personalizadas, valores de disparo mínimo, ajustes de tiempo de reenganche y reposición y una selección de accesorios.

**Interrupción del vacío:** Una sola ruptura en cada fase se logra separando los contactos dentro del interruptor de vacío. Todos los arcos están contenidos dentro de la envoltura de vacío. Los interruptores de vacío axial-magnéticos patentados, utilizados en los reconfiguradores NOVA, ofrecen ciclos de servicio ampliados y aumentados en comparación con los interruptores de aceite o radiales-magnéticos. El campo axial-magnético mantiene el arco en un modo difuso, dando por resultado menos energía del arco ser disipado, dando por resultado la tensión térmica baja, conveniente para la encapsulación.

**Protección contra sobretensiones:** Los mejores resultados de funcionamiento se obtienen si los reconfiguradores están protegidos con descargadores de sobretensiones. En aplicaciones en línea, se recomienda la protección del pararrayos en ambos lados del reconfigurador. (Si la protección está en un solo lado, debe estar en el lado de la fuente. En las subestaciones, los pararrayos deben estar en el lado de la carga.) Eaton proporciona una excelente protección con su distribución de la serie Cooper Power: Clase, disponibles con los soportes de montaje para caber nuestros reconfiguradores.

### Voltage ratings (kV)

Description	15 kV	15 kV	27 kV	27 kV	38 kV
Maximum voltage	15.5 kV	15.5 kV	29.2 kV	29.2 kV	38 kV
Rated basic impulse level	110 kV	125 kV	125 kV	150 kV	170 kV
Radio noise limit ( $\mu$ V)	100 @ 9.4 kV	100 @ 9.4 kV	100 @ 16.4 kV	100 @ 16.4 kV	100 @ 23 kV
Power frequency withstand, dry	50 kV	50 kV	60 kV	60 kV	70 kV
Power frequency withstand, wet	45 kV	45 kV	50 kV	50 kV	60 kV

### Current ratings (Amperes)

Description	15 kV	15 kV	27 kV	27 kV	38 kV
Rated continuous current	630 A*	630 A*	630 A*	630 A*	630 A*
Short circuit current, symmetrical	12.5 A**	12.5 A**	12.5 A**	12.5 A**	12.5 A**
Making current, assymetrical peak	31 kA	31 kA	31 kA	31 kA	31 kA
Cable charging current	10 A	10 A	25 A	25 A	40 A

\* 800 amp accessory is also available

\*\* 16 kA option is also available. (Making current is 40 kA assymetrical peak)

### Mechanical ratings

Description	15 kV	15 kV	27 kV	27 kV	38 kV
Min. mechanical/electrical operations without maintenance (C-O)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Mass (weight) - kg (lbs)	89 (196)	94 (206)	94 (206)	104 (229)	104 (229)

### Duty cycle

Type	Porcentaje de interruptive rating	Number of unit operations	Minimun circuit X/R value
NOVA	15-20	88	4
	45-55	112	8
	90-100	32	15

Total 232

# APÉNDICE 14.5

Información técnica sobre  
reguladores automáticos de tensión



# Regulador de Tensão Monofásico

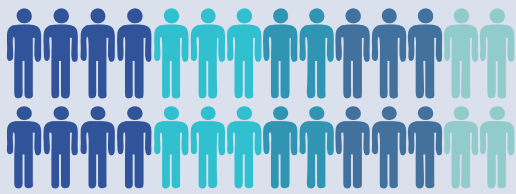
## Single-Phase Step Voltage Regulator



**DESDE 1968 PRODUZINDO EQUIPAMENTOS DE QUALIDADE NO BRASIL.**  
**SINCE 1968 MANUFACTURING HIGH QUALITY EQUIPMENT IN BRAZIL.**



**MAIS DE 1.200 EMPREGADOS**  
over 1,200 Employees



**MAIS DE 40.000**

**REGULADORES DE TENSÃO MONOFÁSICOS FABRICADOS**

Over 40,000 Step Voltage Regulators manufactured.

**CAPACIDADE DE FABRICAÇÃO:**  
- CORRENTE NOMINAL ATÉ 1200A  
- TENSÃO NOMINAL ATÉ 34,5kV

Manufacturing capacity:  
- Current rating up to 1200A  
- Rated voltage up to 34,5kV

*Dos quais mais de* **150**  
**ENGENHEIROS**  
**E TÉCNICOS ESPECIALIZADOS**  
of which, more than 150 engineers  
and Specialized Technicians



**MAIS DE 4.000**

**TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E REATORES DE DERIVAÇÃO FABRICADOS**

Over 4,000 Power Transformers and shunt reactors manufactured.

**CAPACIDADE DE FABRICAÇÃO ATÉ:**  
**TRANSFORMADORES: 1.000 MVA - 800 kV**

Manufacturing capacity up to: 1,000 MVA - 800 kV





# VANTAGENS DOS REGULADORES DE TENSÃO MONOFÁSICOS MARCA TOSHIBA

## ADVANTAGES OF TOSHIBA SINGLE-PHASE STEP VOLTAGE REGULATORS (SVR)



### CONFIABILIDADE CONSTRUÍDA PELA HISTÓRIA RELIABILITY BUILT BY HISTORY

Qualidade e confiabilidade comprovadas por concessionárias e cooperativas de energia

Quality and reliability proven by utilities, energy cooperatives and industries in Brazil and worldwide.

### ATENDE AOS REQUISITOS DAS NORMAS: COMPLIANCE WITH STANDARD REQUIREMENTS:

Comprovados através de relatórios de ensaios em laboratório independente:

Proven through independent laboratory test reports:

- \* IEEE ANSI C57-15
- \* IEC 60076-21
- \* NBR 11809.

### ALTA DURABILIDADE COM DESEMPENHO SUPERIOR COMPROVADO EM VIDA ÚTIL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. HIGH WITHSTANDING WITH SUPERIOR PERFORMANCE PROVEN THROUGH LONG LIFE TIME AND ENERGY EFFICIENCY

### ROBUSTEZ ASSOCIADA AOS COMUTADORES SOB CARGA. ROBUSTNESS ASSOCIATED WITH THE ON LOAD TAP CHANGER

Expectativa de 20 a 25 anos livre de manutenção

\*Baseado no carregamento e regulação reais da rede de distribuição

Expected life time of 20 to 25 years free of maintenance

\*Based to real loading and regulation of distribution line.

### CONTROLE ELETRÔNICO DE ÚLTIMA GERAÇÃO E DE FÁCIL MANUSEIO.

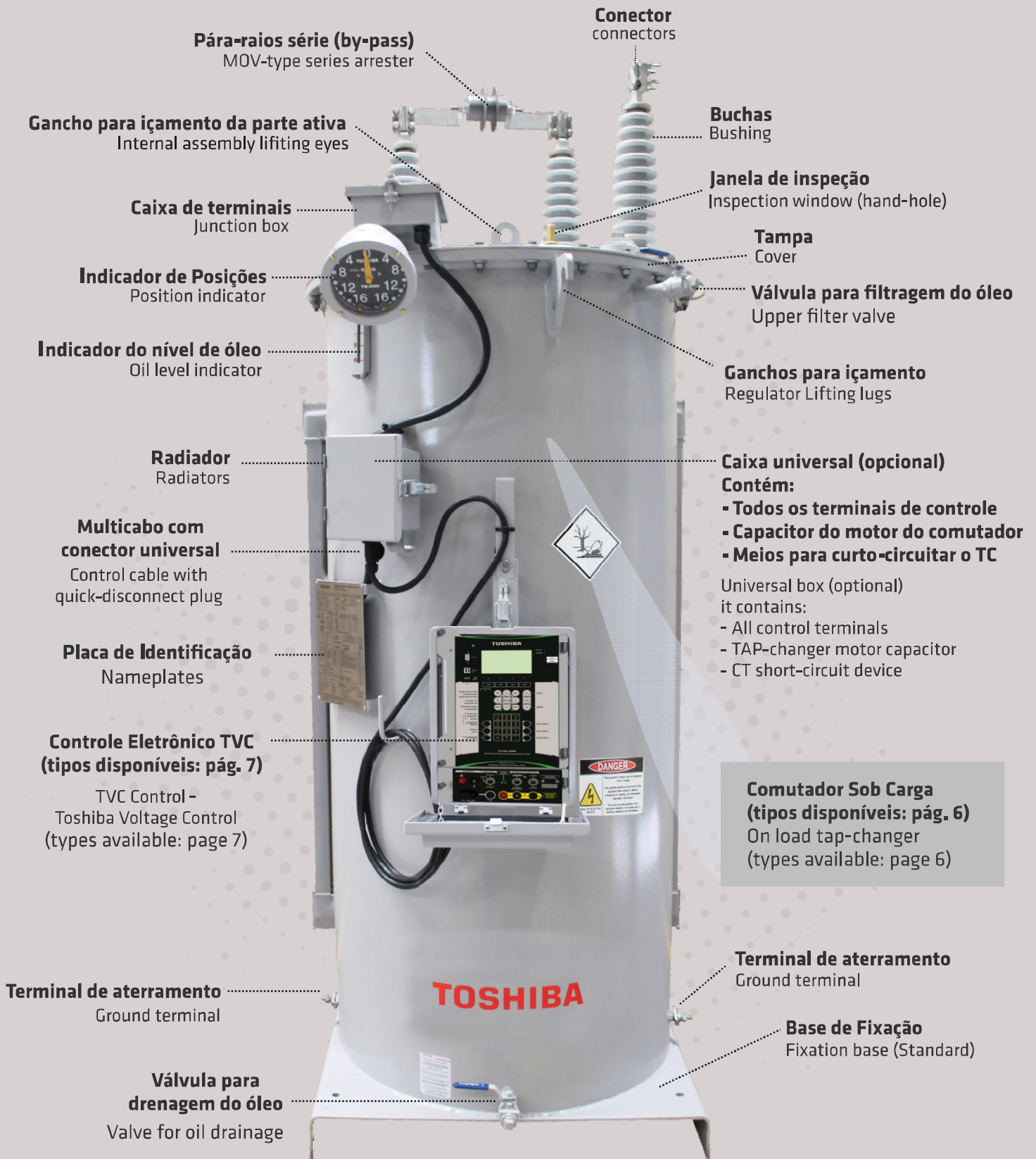
CUTTING EDGE ELECTRONIC CONTROL AND EASY OPERATION

### EQUIPAMENTO FABRICADO NO BRASIL E COM ASSISTÊNCIA TÉCNICA MUNDIAL.

EQUIPMENT MANUFACTURED IN BRAZIL WITH WORLDWIDE  
TECHNICAL ASSISTANCE.

# COMPONENTES DO REGULADOR DE TENSÃO MONOFÁSICO

## SINGLE-PHASE STEP VOLTAGE REGULATORS COMPONENTS



**Pára-raios série (by-pass)**  
MOV-type series arrester

**Conector**  
connectors

**Gancho para içamento da parte ativa**  
Internal assembly lifting eyes

**Buchas**  
Bushing

**Caixa de terminais**  
Junction box

**Janela de inspeção**  
Inspection window (hand-hole)

**Indicador de Posições**  
Position indicator

**Tampa**  
Cover

**Indicador do nível de óleo**  
Oil level indicator

**Válvula para filtragem do óleo**  
Upper filter valve

**Ganchos para içamento**  
Regulator Lifting lugs

**Radiador**  
Radiators

**Caixa universal (opcional)**  
Contém:

**Multicabo com conector universal**  
Control cable with quick-disconnect plug

- Todos os terminais de controle
- Capacitor do motor do comutador
- Meios para curto-circuitar o TC

Universal box (optional)  
it contains:

- All control terminals
- TAP-changer motor capacitor
- CT short-circuit device

**Placa de Identificação**  
Nameplates

**Controle Eletrônico TVC**  
(tipos disponíveis: pág. 7)  
TVC Control -  
Toshiba Voltage Control  
(types available: page 7)

**Comutador Sob Carga**  
(tipos disponíveis: pág. 6)  
On load tap-changer  
(types available: page 6)

**Terminal de aterramento**  
Ground terminal

**Terminal de aterramento**  
Ground terminal

**Válvula para drenagem do óleo**  
Valve for oil drainage

**Base de Fixação**  
Fixation base (Standard)

### Dispositivos e acessórios disponíveis:

- 1- Válvula de alívio de pressão (para todos os equipamentos);
- 2- Suporte para fixação ao poste (para equipamentos até 288kVA);
- 3- Tanque e radiadores podem ser em aço inoxidável, quando especificado;
- 4- Tanque e radiadores em aço carbono podem ser galvanizados e/ou pintados quando especificado.

### Devices and accessories available:

- 1- Pressure-Relief device (included in the regulators).
- 2- Pole-Mounting Bracket (units up to 288kVA not shown)
- 3- Tank and radiators can be in carbon or stainless steel according to customers's requirements.
- 4- Carbon steel tank and radiators can have painting treatment or galvanized according to customer's requirements

# DESEMPENHO E DIFERENCIAIS TÉCNICOS

## TECHNICAL PERFORMANCE AND DIFFERENTIALS



Reguladores com comutação rápida e óleo vegetal.  
availability of regulators with fast tap changing and ester fluid

### Performance superior no ensaio de curto circuito

Great performance on Short-circuit test

#### Variação de Impedância / Impedance variation

IEEE ANSI C57.15/2009;  
IEC 60076-21:2011  
NBR 11809/1991

**Toshiba**

Máximo/Maximum: 22,5%

Máximo/Maximum: 12%

Típico / our usual value  $\leq$  8%

#### Variação da corrente de excitação / Excitation current variation

IEEE ANSI C57.15/2009;  
IEC 60076-21:2011  
NBR 11809/1991

**Toshiba**

Máximo/Maximum: 25%

Máximo/Maximum: 5%

Típico / our usual value  $\leq$  3%

**Quando requisitado, o regulador pode ser projetado e especificado para suportar 40 vezes a corrente nominal.**

Under request, the regulator can be designed to withstand 40 times its nominal current.

### Elevada vida útil da parte ativa

Long lifetime of the active part

#### Fator de potência do isolamento / Power factor of the insulation material

Valor Garantido / our ensured value

Máximo/Maximum: 1,0%

Valor Típico / our usual value

0,5%

Nota: Valores baixos de fator de potência do isolamento indicam tendência de vida útil elevada.  
Note: Lower power factor value contributes for a longer lifetime

### Alta precisão na indicação da posição do tape

High precision on the tap position indication

Sensores especiais desenvolvidos pela Toshiba, garantindo:  
Special sensors developed by Toshiba

1 - Confiabilidade extraordinária no funcionamento dinâmico das decisões tomadas pelo controle eletrônico na adequada regulação de tensão da rede de distribuição.

1 - Great reliability on the dynamic performance of the decisions taken by the electronic control for the correct voltage regulation on the distribution line.

2 - Substituição rápida do controle eletrônico, sem necessidade de retornar à posição durante eventual serviço de manutenção com o regulador em funcionamento.

2 - In the event of maintenance, fast replacement of the electronic control without the necessity to bring the tap changer to the neutral position, while the regulators is on.





## Comutador CR-3

- Acionamento do mecanismo através de carregamento de molas
- Tempo de operação de cada posição: 4s
- Tempo de operação do neutro à posição máxima: 64s
- Capacidade de corrente até 668 A.
- Mechanism action through Spring Drive
- Operation time for each position : 4s
- Operation time from neutral to maximum position: 64s
- Current capacity up to 668 A.

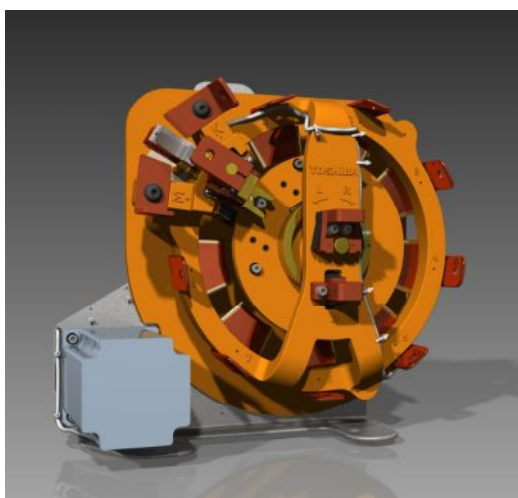
## Comutador CR-10

- Acionamento do mecanismo através de carregamento de molas
- Tempo de operação de cada posição: 4s
- Tempo de operação do neutro à posição máxima: 64s
- Capacidade de Corrente até 1200 A.
- Mechanism action through Spring Drive
- Operation time for each position : 4s
- Operation time from neutral to maximum position: 64s
- Current capacity up to 1200 A.



## Comutador CR-20

- Nova geração de Comutadores de alta velocidade
- Acionamento direto do mecanismo de comutação
- Tempo de operação de cada posição: 0,35s
- Tempo de operação do neutro à posição máxima: 11,20s
- Capacidade de corrente até 668 A.
- New generation of high speed tap-changers
- Direct motor drive action of the mechanism
- Operation time for each position: 0,35s
- Operation time from neutral to maximum position: 11,20s
- Current capacity up to 668 A.



**Notas:**

- Cada comutador é dimensionado para uma faixa específica de aplicações de corrente e tensão.
- Os comutadores marca Toshiba atendem aos padrões IEC e NBR para requisitos mecânicos, térmicos e dielétricos.

**Notes:**

- Each device is designed for a specific range of current and voltage applications.
- Toshiba tap-changers meet IEC, IEC and NBR standards for mechanical, thermal and dielectric requirements.

## TVC (Toshiba Voltage Control)



### TVC-SP (Single-Phase)

**Descrição:** Controle Padrão  
**Configuração:** Um controle em cada regulador.  
**Regulação:** Tradicional – Cada regulador com seu controle.  
 \* Opcional: Regulação Trifásica (Mestre – Escravo; Mestre – Seguidor; e Gerenciamento das diferenças de posições entre reguladores).

**Description:** Standard  
**Arrangement:** One control for each regulator  
**Regulation:** Traditional - Each regulator with its control.  
 \* Optional: Three-phase Regulation (Master - Slave; Master - follower; and positions difference management among regulators).

### TVC-MP (Multi-Phase)

**Descrição:** Controle com comando único.  
**Configuração:** Um controle em cada regulador + interconexão via fibra ótica.  
**Regulação:** Individual (por fase) + Trifásica (Mestre – Escravo; Mestre – Seguidor; e Gerenciamento das diferenças de posições entre reguladores).

**Description:** Single Command Control  
**Arrangement:** One control in each regulator + interconnexion via optic fiber  
**Regulation:** Single (per phase) + Three-phase (Master - Slave; Master - follower; and positions difference management among regulators).



### TVC-MPi (Multi-Phase Integrated)

**Descrição:** Controle Trifásico  
**Configuração:** Um controle para cada banco de reguladores  
**Regulação:** Individual (por fase) + Trifásica (Mestre – Escravo; Mestre – Seguidor; e Gerenciamento das diferenças de posições entre reguladores).

**Description:** Three-Phase Control  
**Arrangement:** One control for each regulators bank  
**Regulation:** Single (per phase) + Three-phase (Master - Slave; Master - follower; and positions difference management among regulators).

# CONTROLES- TB-R1000 / TVC-SP / TVC-MP / TVC-MPI HIGHLIGHTS

## VOLTAGE CONTROL - TB-R1000 / TVC-SP / TVC-MP / TVC-MPI HIGHLIGHTS

Função/Elemento / Function / Element	Descritivo / Description	TB-R1000	TVC-SP	TVC-MP	TVC-MPI
<b>USB - A</b>	Porta destinada à coleta de dados. / Port designated to the data collection	NA	NA	✓	✓
<b>USB - B / RS -232</b>	Porta de comunicação local / Local communication port	RS -232	RS -232	USB e RS-232	USB e RS-232
<b>Display gráfico / Graphic display</b>	Display de cristal líquido alfanumérico de fácil visualização e ajuste de parametrização. Liquid Crystal Display (LCD) easy to be read and with parameterization adjustment	✓	✓	✓	✓
<b>Teclado Alfanumérico / Alphanumeric keyboard</b>		NA	NA	✓	✓
<b>Teclado Navegação / Navigation keyboard</b>		✓	✓	✓	✓
<b>Protocolos de comunicação / Communication protocols</b>	► DNP 3.0 (nível/level 3); ► IEC 60870 -5-101 ► IEC 60870 -5-104 ► MOD - BUS;	DNP 3.0	✓	✓	✓
<b>Portas de comunicação / Communication Ports</b>	► RS -232 ► RS -485 ► FIBRA ÓPTICA / Optic fiber	Opcional/optional	Opcional/optional	Opcional/optional	Opcional/optional
	► Bluetooth industrial / Industrial Bluetooth	NA	Opcional/optional	Opcional/optional	Opcional/optional
	► Ethernet RJ-45	NA	Opcional/optional	Opcional/optional	Opcional/optional
<b>Sinalizações / Signs</b>	► Falha ou alarme configuráveis / Fails or configurable alarms	NA	NA	✓	✓
	► Indicação de sobrecorrente / corrente de curto na carga / overcurrent indication/short-circuit current on load	NA	✓	✓	✓
	► Saídas programáveis / Configurable outputs	NA	✓	✓	✓
<b>Teclado / Keyboard</b>	► Duas teclas para funções configuráveis (atalho) / two keys for configurable functions (shortcut)	NA	✓	✓	✓
	► Tecla para configurar tap de destino / key to configure the destination tap	NA	✓	✓	✓
	► Seis teclas para atalhos pré-definidos / six keys for pre-established shortcuts	NA	✓	✓	✓
		NA	✓	✓	✓
<b>Universalidade / Universality</b>	Possibilita a utilização do controle TVC nos reguladores de outros fabricantes. Allows the use of TVC control on other brand regulators.  Nota: O "kit retrofit" (opcional) de montagem e fiação providencia todas as partes necessárias para fácil adaptação e troca para utilização do controle TVC nos reguladores de todas as marcas existentes do mercado. Note: assembling and wiring "retrofit kit" (optional) gives all the necessary parts for the easy exchange and adjustment of the TVC control to operate in all Regulators brands currently active in the Market.	NA	✓	✓	✓
<b>Contador de operações / Operation counter</b>	Eletrônico de seis dígitos / Electro mechanic, six digits	✓	Opcional/optional	Opcional/optional	NA
<b>Sensor de posição / Position sensor</b>	Alta fidelidade na indicação de posição de tap através de sensores especiais desenvolvidos pela TOSHIBA, garantindo confiabilidade EXTRA no funcionamento dinâmico das decisões tomadas pelo controle eletrônico, na adequada regulação de tensão da rede de distribuição. Great accuracy on the tap position indication through special sensors developed by Toshiba, ensuring extra reliability on the dynamic decisions taken by the electronic control, providing the proper regulation of the voltage on the transmission lines.	✓	✓	✓	✓
<b>Nobreak</b>	Possibilita o retorno do regulador de tensão monofásico a um tap a ser parametrizável (por exemplo: tap zero) quando da ocorrência de desligamento da rede de distribuição provocado por fatores adversos à mesma. If there is any energy outage of the distribution line, it allows the regress of the voltage regulators to a tap to be done the parameterization (for example: the tap 0).	NA	Opcional/optional	Opcional/optional	Opcional/optional
<b>Exatidão / accuracy</b>		0,5%	0,3%	0,3%	0,3%
<b>Autoproteção / self-protection</b>	Evita as consequências do vandalismo (roubo/corte do multicabo) ou erro de operação, providenciando o curto-circuito automático do TC nos casos de abertura indevida do circuito. Avoiding consequences of eventual vandalism or even miss operation, providing the automatic short-circuit of the CT in case of inappropriate circuit opening.	NA	✓	✓	✓
<b>Mestre / Seguidor / Master / Follower</b>	Possibilita o funcionamento em banco através da sistemática Mestre / Seguidor. Allows the operation of the bank through Master / Follower configuration	NA	Opcional/optional	✓	✓
<b>Mestre / Escravo / Master / Slave</b>	Possibilita o funcionamento em banco através da sistemática Mestre / Escravo Allows the operation of the bank through Master / Slave configuration	NA	Opcional/optional	✓	✓
<b>Gerenciamento por diferença de tapes entre reguladores do banco.</b> Management by tap difference among regulators from the bank	A função Mestre - Escravo pode ser configurada no controle possibilitando o gerenciamento da regulação do banco regulador em relação à (ao): The Master / slave configuration allowing the management of the voltage regulator bank regarding:  ► Média das Tensões / Voltages average ► Regulador Fase 1 / Regulator phase 1 ► Regulador Fase 2 / Regulator phase 2 ► Regulador Fase 3 / Regulator phase 3	NA	✓	✓	✓

Controles Toshiba atendem aos requerimentos de exatidão, climáticos, dielétricos e compatibilidade magnética das normas IEEE e IEC.  
Toshiba controls meet IEEE and IEC standards for accuracy, environmental, electromagnetic compatibility and dielectric requirements.

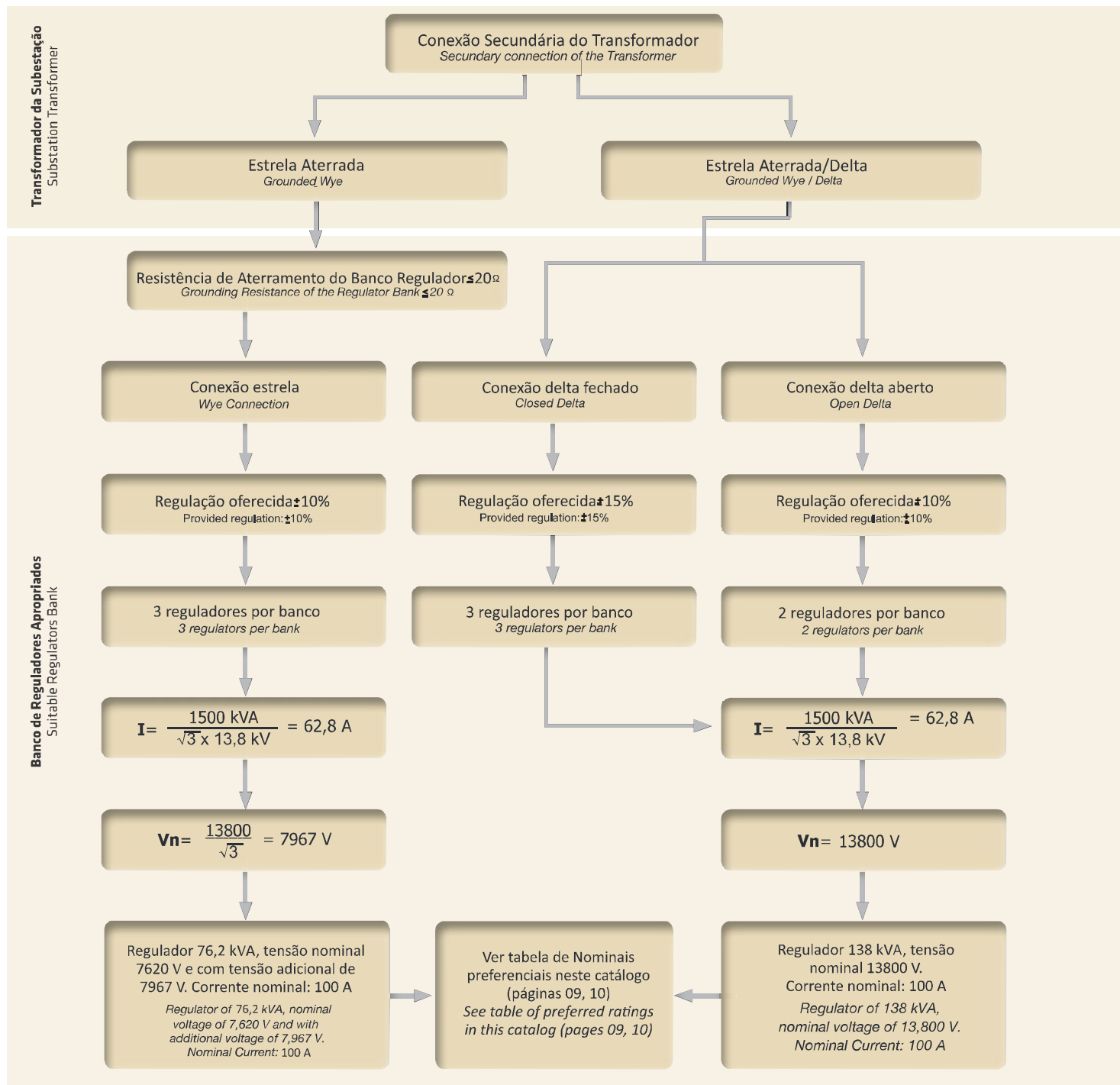


# COMO ESPECIFICAR UM REGULADOR

## HOW TO SPECIFY A REGULATOR

Como especificar reguladores para alimentar uma carga total de 1,5 MVA, alimentada por um transformador de 69 kV / 13,8 kV.

How to specify regulators to feed a total load of 1.5 MVA, fed through a transformer of 69 kV / 13.8 kV.



Exemplo de aplicação em cubículos  
Application example in cubicles

# NOMINAIS PREFERENCIAIS PARA REGULADORES 60Hz

## PREFERRED RATINGS 60Hz STEP VOLTAGE REGULATORS

Tensão Nominal Rated Voltage	Tensões Nominais Padronizadas (1) Standard Available Voltages (1)	kVA Nominal Rated kVA	Corrente Nominal a +/-10% Current Rating at +/-10%	Número de Catálogo Catalog No
7620/13200Y 95/110kV BIL	7967 / 7620 / 7200 / 6930 / 6582	38,1	50	HCMR-60-7.62-50
		76,2	100	HCMR-60-7.62-100
		114,3	150	HCMR-60-7.62-150
		167	219	HCMR-60-7.62-219
		250	328	HCMR-60-7.62-328
		333	438	HCMR-60-7.62-438
		416	546	HCMR-60-7.62-546
		500	656	HCMR-60-7.62-656
		667	875	HCMR-60-7.62-875
13800 95/110kV BIL	13800 / 13200 / 12600 / 12000 / 7967 / 7620	69	50	HCMR-60-13.8-50
		138	100	HCMR-60-13.8-100
		207	150	HCMR-60-13.8-150
		276	200	HCMR-60-13.8-200
		414	300	HCMR-60-13.8-300
		552	400	HCMR-60-13.8-400
		667	483	HCMR-60-13.8-483
		833	604	HCMR-60-13.8-604
		14400 / 24940Y 150kV BIL	14400 / 13800 / 13200 / 12000 / 7967/7620	72
144	100			HCMR-60-14.4-100
288	200			HCMR-60-14.4-200
333	231			HCMR-60-14.4-231
432	300			HCMR-60-14.4-300
576	400			HCMR-60-14.4-400
667	463			HCMR-60-14.4-463
833	578			HCMR-60-14.4-578
19920 / 34500Y 150kV BIL	19920 / 14400 / 13800 / 13200 / 7967 / 7620			100
		200	100	HCMR-60-19.92-100
		333	167	HCMR-60-19.92-167
		400	201	HCMR-60-19.92-201
		667	334	HCMR-60-19.92-334
		833	418	HCMR-60-19.92-418
23000 150kV BIL	23100 / 23000 / 19920 / 14400 / 13800 / 13200	230	100	HCMR-60-23-100
		469	200	HCMR-60-23-200
		690	300	HCMR-60-23-300
34500 200kV BIL	34500 / 33000 / 30000 / 19920 / 14400 / 13800	173	50	HCMR-60-34.5-50
		345	100	HCMR-60-34.5-100
		518	150	HCMR-60-34.5-150
		690	200	HCMR-60-34.5-200

(1) Opções de tensões padronizadas devem ser marcadas na placa de identificação.

Notas:

\* Reguladores são projetados e construídos para atender 12% de sobre-corrente nominal e elevação de temperatura dos enrolamentos 65°C.

\* Outras tensões e correntes nominais podem ser disponibilizadas mediante consulta.

(1) Standard voltage options will be shown as pinned on the nameplate

Notes:

\* Regulators are designed and constructed to withstand additional 12% increase to load current ratings and 65°C winding rise insulation.

\* Others voltage and current ratings can be available, for more information contact us.

Correntes nominais contínuas suplementares / Supplementary continuous-current ratings	
Faixa de Regulação/Range of voltage regulation (%)	Corrente nominal contínua / Continuous - current rating (%)
10	100
8.75	110
7.50	120
6.25	135
5.00	160

Esta tabela deve ser utilizada para corrente nominal contínua até 668 A

This table shall be applied up to 668 A rated current step voltage regulator.



# NOMINAIS PREFERENCIAIS PARA REGULADORES 50Hz

## PREFERRED RATINGS 50Hz STEP VOLTAGE REGULATORS

Tensão Nominal Rated Voltage	Tensões Nominais Padronizadas (1) Standard Available Voltages (1)	kVA Nominal Rated kVA	Corrente Nominal a +/-10% Current Rating at +/-10%	Número de Catálogo Catalog No
6600/11430Y 95/110kV BIL	6600 / 6350 / 6000 / 5500	33	50	HCMR-50-6.6-50
		66	100	HCMR-50-6.6-100
		99	150	HCMR-50-6.6-150
		132	200	HCMR-50-6.6-200
		198	300	HCMR-50-6.6-300
		264	400	HCMR-50-6.6-400
		330	500	HCMR-50-6.6-500
		396	600	HCMR-50-6.6-600
		462	700	HCMR-50-6.6-700
		528	800	HCMR-50-6.6-800
11000 95/110kV BIL	11000 / 10000 / 6600 / 6350 / 6000 / 5500	55	50	HCMR-50-11-50
		110	100	HCMR-50-11-100
		165	150	HCMR-50-11-150
		220	200	HCMR-50-11-200
		330	300	HCMR-50-11-300
		440	400	HCMR-50-11-400
		550	500	HCMR-50-11-500
		660	600	HCMR-50-11-600
15000 / 25980Y 150kV BIL	15000 / 14400 / 13800 / 11000 / 10000 / 6600	55	50	HCMR-50-15-50
		110	100	HCMR-50-15-100
		165	150	HCMR-50-15-150
		220	200	HCMR-50-15-200
		330	300	HCMR-50-15-300
		440	400	HCMR-50-15-400
		550	500	HCMR-50-15-500
		660	600	HCMR-50-15-600
22000 150kV BIL	22000 / 19920 / 14400 / 13800 / 11000 / 10000	110	50	HCMR-50-22-50
		220	100	HCMR-50-22-100
		330	150	HCMR-50-22-150
		440	200	HCMR-50-22-200
		660	300	HCMR-50-22-300
		880	400	HCMR-50-22-400
33000 200kV BIL	33000 / 30000 / 22000 / 19920 / 15000 / 11000	110	50	HCMR-50-33-50
		220	100	HCMR-50-33-100
		330	150	HCMR-50-33-150
		440	200	HCMR-50-33-200

(1) Opções de tensões padronizadas devem ser marcadas na placa de identificação.

Notas:

\* Reguladores são projetados e construídos para atender 12% de sobre-corrente nominal e elevação de temperatura dos enrolamentos 65°C.

\* Outras tensões e correntes nominais podem ser disponibilizadas mediante consulta.

(1) Standard voltage options will be shown as pinned on the nameplate

Notes:

\* Regulators are designed and constructed to withstand additional 12% increase to load current ratings and 65°C winding rise insulation.

\* Others voltage and current ratings can be available, for more information contact us.

Correntes nominais contínuas suplementares / Supplementary continuous-current ratings	
Faixa de Regulação / Range of voltage regulation (%)	Corrente nominal contínua / Continuous - current rating (%)
10	100
8.75	110
7.50	120
6.25	135
5.00	160

Esta tabela deve ser utilizada para corrente nominal contínua até 668 A

This table shall be applied up to 668 A rated current step voltage regulator.

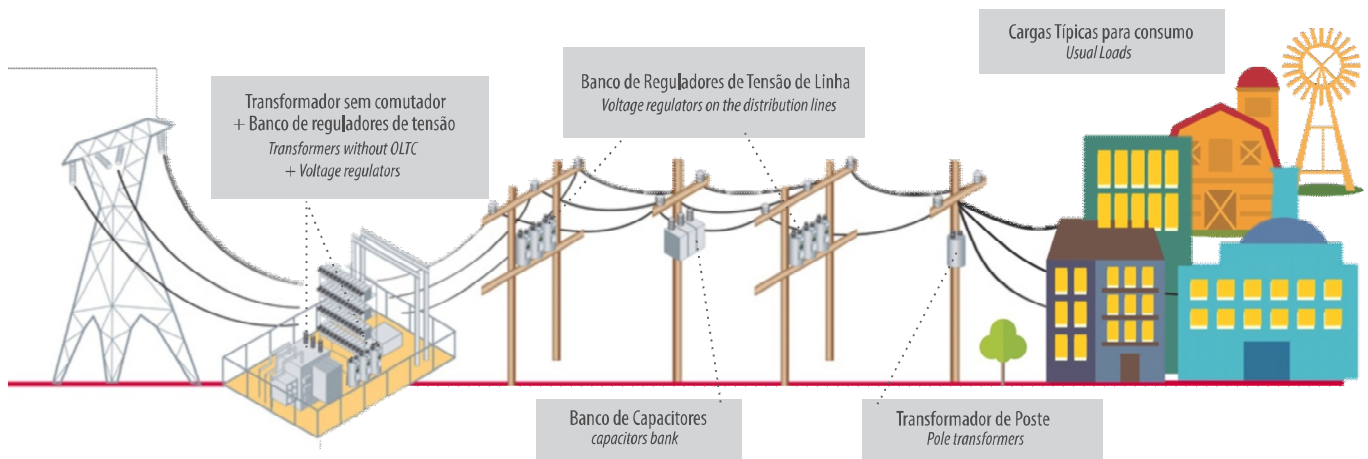


**Fábrica Betim - Brasil / Betim Factory - Brazil**



**Fábrica Contagem - Brasil / Contagem Factory - Brazil**

## APLICAÇÕES TRADICIONAIS DE REGULADORES DE TENSÃO MONOFÁSICOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA Usual applications for single-phase voltage regulators



### Retorno técnico e financeiro na utilização de Reguladores de tensão monofásicos:

*Technical and economic advantages of the Single-phase voltage regulators:*

**Melhoria imediata do nível de tensão da rede de distribuição de energia, evitando a necessidade da redistribuição das cargas dos ramais, troca de cabos e construção de novas subestações.**

*Prompt improvement of the voltage level in the distribution lines, avoiding the necessity of redistributing the loads on the phases, cable changes or construction of new substations.*

**Reduz o índice de interrupção de energia ( atuação das proteções ) devido à nível de tensão inadequado**

*Reduction of the energy interruption rate (protections action) due to inappropriate voltage level*

**Faturamento da empresa garantido pelo fornecimento contínuo de energia.**

*improvement of the utilities gains due to the continuous supply of energy*

**Funcionamento adequado das cargas, por exemplo: motores, geradores, sistemas de irrigação, robôs, cargas eletrônicas, iluminação, radares, painéis e etc...**

*Proper behavior of the loads, for example: motors, generators, irrigation systems, robots, electronic loads, illumination, radars, panels, etc...*

**Maior confiabilidade e satisfação do nível de serviço da concessionária.**

*Better quality and reliability on the utility service*

**Melhoria no nível de tensão resulta em melhor nível de fator de potência da carga e redução da conta de energia.**

*Improvement of the voltage level results on better load power factor and reduction of the energy cost.*

### Cargas típicas na aplicação do regulador de tensão

*Usual application of the Voltage regulators*

- Ao longo de extensas redes de distribuição de energia  
*- long electricity distribution lines*

- Cidades mais afastadas da subestação  
*- towns or neighborhoods far from the big cities*

- Indústrias em geral com necessidade de regulação de tensão.  
*- Industries with necessity of voltage regulation*

- Latifúndios, fazendas, sítios, condomínios e localidades rurais  
*- Rural areas*

- Construção de grandes obras, tais como: usinas de geração de energia / aeroportos / estádios e centros de treinamento de competição esportiva.  
*- during the progress of big constructions, like: Energy generation facilities, Airports, stadiums, etc...*

### Assistência Técnica/Technical assistance:

Serviços de supervisão de instalação e energização, treinamentos teóricos e práticos e peças sobressalentes / + 55 (31) 3329-6554 – falecom@tseaenergia.com.br

*Supervision service of installation, start up, trainings and spare parts / + 55 (31) 3329-6554 - falecom@tseaenergia.com.br*

## TRANSFORMADORES E SERVIÇOS DE ENERGIA DAS AMÉRICAS

Unidade/Unit Contagem-MG  
Rodovia BR-381, 3.045 – Bairro Amazonas  
Contagem-MG – Brasil – CEP 32240-090  
Tel: +55 (31) 3329-6650 (Domestic /  
Nacional) vendasbras@toshiba.com.br  
+ 55 (31) 3329-6660 (Export/Exportação)  
exportsales@tseaenergia.com.br

Unidade/Unit Betim -MG  
Rod BR-262, Km 364, S/N – Zona de  
Expansão Urbana  
Betim-MG – Brasil – CEP 32600-970  
Tel: +55 (31) 3329-6650 (Domestic / Nacional)  
vendasbrasil@toshiba.com.br  
+ 55 (31) 3329-6660 (Export/Exportação)  
exportsales@tseaenergia.com.br



# TOSHIBA

Leading Innovation >>>

## Manual de Instruções para REGULADORES DE TENSÃO MONOFÁSICOS



EP-40026

Revisão 0 - Novembro/2015

TOSHIBA AMÉRICA DO SUL LTDA.



## PREFÁCIO

Ao receber o Regulador marca TOSHIBA, você estará recebendo, não só a segurança de uma tecnologia japonesa, como também o cuidado de um controle rigoroso da QUALIDADE e o compromisso com a melhoria do desempenho ambiental.

Estamos certos de que este manual irá orientá-lo corretamente, a fim de obter do seu Regulador tudo que a sua engenharia de projetos especificou.

**NOTA:** Após a entrega do equipamento e seus acessórios, certifique-se da existência e integridade de todas as peças, conferindo com o romaneio. Se algum dano ou falta for observado, notifique imediatamente a Toshiba América do Sul Ltda.

**LEMBRE-SE:** Os defeitos ocasionados por manuseio e/ou operações indevidas, anulam a validade da garantia firmada no contrato.

As informações contidas neste documento estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. Nenhuma parte deste documento pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer forma ou de qualquer meio, eletrônico ou mecânico, para qualquer propósito, sem permissão expressa por escrito, da Toshiba América do Sul Ltda.

© 2015 Toshiba América do Sul Ltda. Todos os direitos reservados.

A Toshiba América do Sul Ltda. pode ter patentes, marcas comerciais, copyright ou outros direitos de propriedade intelectual que abrangem o conteúdo deste documento. A posse deste documento não lhe confere nenhum direito sobre as citadas patentes, marcas comerciais, copyright ou outros direitos de propriedade intelectual, salvo aqueles expressamente mencionados em um contrato de licença, por escrito da Toshiba América do Sul Ltda.

### REFERÊNCIAS NORMATIVAS BÁSICAS:

- **NBR 11809/1992:** REGULADORES DE TENSÃO
- **ANSI C.57.15/1999:** TERMINOLOGY, AND TEST CODE FOR STEP-VOLTAGE REGULATORS

# ÍNDICE

1	Introdução.....	5
2	Esquema básico da transmissão e distribuição da energia elétrica.....	5
3	Princípio de funcionamento.....	5
3.1	Funcionamento como elevador.....	5
3.2	Funcionamento como abaixador.....	6
4	Forma construtiva do regulador.....	6
4.1	Funções do reator .....	6
4.1.1	Divisor de tensão.....	7
4.1.2	Não permitir a interrupção do circuito na comutação.....	7
4.1.3	Limitar corrente circulante.....	7
4.2	Bobina de equalização.....	9
5	Tipos de conexões em banco de reguladores.....	10
5.1	Conexão em Estrela.....	10
5.2	Conexão em Delta Fechado.....	11
5.3	Conexão em delta aberto.....	11
6	Reguladores padronizados pela norma NBR 11809/1992 .....	13
7	Dimensionamento de regulador.....	13
8	Localização de bancos de reguladores.....	14
9	Funcionamento do regulador.....	14
10	Ajuste do compensador de queda na linha.....	15
10.1	Ajuste da compensação de queda na linha para os tipos de ligações dos reguladores.....	15
10.1.1	Ligação monofásica.....	15
10.1.2	Ligação em estrela.....	16
10.1.3	Ligação em triângulo.....	16
10.1.3.1	Ligação triângulo fechado.....	17
10.1.3.2	Regulador Atrasado.....	17
10.1.3.3	Regulador Adiantado.....	19
10.1.3.4	Ligação triângulo aberto.....	20
10.1.3.4.1	Ligação com Fase “B” sem regulador.....	20
10.1.3.4.2	Ligação com Fase “C” sem regulador.....	20
11	Transporte de reguladores monofásicos de tensão.....	21
11.1	Objetivo.....	21
11.2	Embalagem.....	21
11.3	Fixação.....	21
11.4	Verificação antes da Expedição.....	21
11.5	Utilização do Tipo de Carreta ou Caminhão.....	21
11.6	Documentos e Relatórios de Transporte.....	21
11.7	Valores Limites de Velocidade.....	21
12	Inspeção e manutenção de reguladores de tensão monofásicos.....	21
12.1	Introdução.....	21
12.2	Recebimento.....	22
12.3	Armazenagem.....	22
12.4	Instalação.....	22
12.4.1	Para colocar o regulador em funcionamento.....	22
12.4.1.1	Verifique o nível de óleo através do seu indicador próprio.....	22
12.4.1.2	Verifique as porcelanas das buchas.....	22
12.4.1.3	Verifique a rigidez dielétrica do óleo.....	22
12.4.1.4	Curto-circuitar as buchas de fonte, carga e neutro.....	22
12.4.1.5	Observe os desenhos da placa de identificação e do diagrama de controle.....	23
12.4.2	Conexões típicas para reguladores monofásicos.....	23
12.4.3	Manobra em reguladores.....	24
12.5	Instalação.....	25
12.5.1	Pára-raios “by-pass”.....	25
12.5.2	Válvula de alívio de pressão.....	25
12.5.2.1	Funcionamento.....	26
12.5.2.2	Tipos de válvulas.....	26
12.5.2.2.1	Sem contatos elétricos.....	26
12.5.2.2.1.1	TB-VAP300.....	26
12.5.2.2.1.2	TB-VAS 50.....	26
12.5.2.2.1.3	VA 46.....	27
12.5.2.2.2	Com contatos elétricos.....	27

12.5.2.2.2.1	VA 46/2.....	27
12.5.2.3	Comunicação de anormalidades.....	27
12.6	Conexões do regulador à caixa de controle.....	28
12.7	Manutenção do Regulador.....	29
12.7.1	Inspeção periódica.....	29
12.7.2	Inspeção interna do regulador.....	31
12.7.3	Retirada da parte ativa do tanque.....	31
12.7.4	Verificação do funcionamento do mecanismo de operação (com controle manual).....	31
12.7.5	Equipamentos necessários à inspeção.....	31
12.7.5.1	Instrumentos.....	31
<b>13</b>	<b>Instruções para comutador de derivação sob carga.....</b>	<b>32</b>
13.1	Comutador de Derivação sob Carga CR-3 B e CR-3 C.....	32
13.1.1	Introdução.....	32
13.1.2	Características.....	33
13.1.2.1	Acionamento.....	33
13.1.2.2	Comutação.....	34
13.1.3	Indicação.....	35
13.1.4	Diagrama geral do comutador.....	36
13.1.5	Manutenção.....	36
13.1.6	Cuidados durante a montagem.....	37
13.1.7	Vistas explodidas do comutador.....	37
13.2	Comutador de Derivação sob Carga CR-10.....	55
13.2.1	Introdução.....	55
13.2.2	Características.....	55
13.2.2.1	Acionamento.....	55
13.2.2.2	Comutação.....	55
13.2.3	Indicação.....	57
13.2.4	Diagrama geral do comutador.....	57
13.2.5	Manutenção.....	58
13.2.6	Cuidados durante a montagem.....	58
13.2.7	Vistas explodidas do comutador.....	59
<b>14</b>	<b>Indicador externo eletromecânico de posições (Tipo analógico) TB-1900.....</b>	<b>63</b>
14.1	Objetivo.....	63
14.2	Descrição características e funcionamento.....	63
14.2.1	Caixa de engrenagens e entradas de controle.....	63
14.2.2	Caixa de mecanismo de indicação e chaves de limitação de curso.....	63
14.3	Instalação e manutenção.....	64
14.4	Ensaio e testes.....	65
14.4.1	Ensaio de rotina.....	65
14.4.1.1	Tensão aplicada.....	65
14.4.1.2	Funcional.....	65
14.4.2	Ensaio de tipo.....	65
14.4.2.1	Ensaio de estanqueidade.....	65
14.4.2.2	Ensaio de desempenho mecânico de vida útil.....	66
14.5	Embalagem, transporte e armazenamento.....	66
14.6	Garantia e demais condições de fornecimento.....	66
14.7	Dimensões.....	66
<b>15</b>	<b>Cuidados especiais com o manuseio, descarte de resíduos e vazamentos.....</b>	<b>66</b>
15.1	Objetivo.....	66
15.2	Definições.....	67
15.3	Requisitos Gerais.....	67
15.3.1	Política Ambiental da Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda.....	67
15.3.2	Aspectos Ambientais.....	67
15.3.2.1	Aspectos Ambientais Significativos.....	67
15.3.3	Manuseio e Destinação de Resíduos.....	67
15.3.3.1	Descarte de Transformadores, Reguladores e Reatores.....	67
15.3.3.1.1	Sucatas metálicas em geral.....	67
15.3.3.1.2	Porcelana.....	67
15.3.3.2	Descarte de Óleo Isolante.....	68
15.3.3.3	Descarte de Tambores de Óleo Isolante.....	68
15.3.3.4	Descarte de Tintas e Solventes.....	68
15.3.3.5	Vazamento de Óleo Isolante.....	68
15.3.3.5.1	Pequeno vazamento de óleo isolante.....	68

15.3.3.5.2	Grande vazamento de óleo isolante.....	68
15.3.3.6	Vazamento de Tintas, Solventes, etc.....	68
15.3.3.7	Descarte de Panos, Estopas, Trapos, Papéis Isolantes, Papelão Prensado.....	68
15.3.3.8	Descarte de Embalagens de Madeira.....	68
15.3.3.9	Descarte de Plástico Utilizado nas Embalagens.....	68
15.3.3.10	Descarte de Papelão Utilizado nas Embalagens.....	68
15.3.3.11	Descarte de Proteções de Aço.....	68
15.3.3.12	Descarte de Gaxeta, Cortiça, Fitas Adesivas, Borrachas.....	68
15.3.3.13	Descarte de Embalagens de Tintas, Solventes.....	68
15.3.3.14	Descarte de Filtros de Limpeza de Óleo.....	68
15.3.3.15	Ruído.....	69
15.4	Requisitos Legais e Outros Requisitos.....	69
15.5	Treinamento, Conscientização e Competência.....	69
15.6	Comunicação.....	69
<b>16</b>	<b>Desenhos e Instruções Específicos em Anexo.....</b>	<b>69</b>



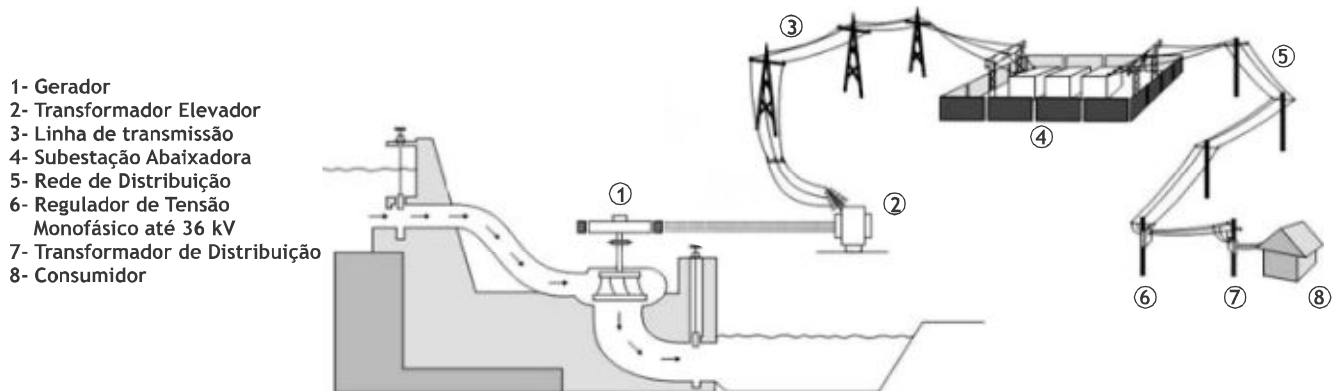
## 1 - INTRODUÇÃO

A aplicação de reguladores de tensão nos sistemas de distribuição de energia elétrica teve início na década de 40, nos países desenvolvidos, principalmente nos EUA, em função de sua grande extensão territorial, onde os centros de consumo estão espalhados por vastas áreas, distantes dos pontos de geração, e, aliado a isso, o aparecimento de grande quantidade de novos aparelhos eletroeletrônicos, sensíveis a oscilações de tensão, fez aumentarem as reclamações dos consumidores, que passaram a exigir boa qualidade na distribuição de energia elétrica. Por conta disso, hoje se encontram instalados em vários pontos daquele país dezenas de milhares de reguladores, fornecendo aos pontos de consumo uma regulação de tensão adequada e conferindo qualidade ao fornecimento de energia. Isso traz pelo menos três conseqüências benéficas:

Satisfação do consumidor;  
Redução das perdas na distribuição;  
Aumento do faturamento das concessionárias de energia elétrica.

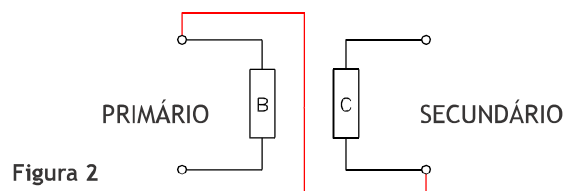
O Brasil apresenta certa similaridade com os EUA, no que se refere ao espaço territorial, o que viabiliza a utilização dos reguladores de tensão. Estes têm grande aceitação por parte das concessionárias, por razões econômicas, de simplicidade e versatilidade. Além disso, hoje há reguladores de tensão totalmente fabricados no Brasil, o que elimina os problemas de obtenção de peças de reposição verificados até 1986, quando tais equipamentos eram total ou parcialmente (comutador de derivações em carga) importados dos EUA.

## 2 - ESQUEMA BÁSICO DA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA:



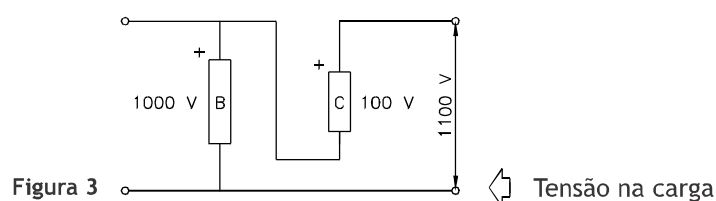
## 3 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio de funcionamento é similar a de um autotransformador, ou seja, existe, além do acoplamento magnético entre o primário e o secundário, um acoplamento elétrico, conforme figura abaixo:

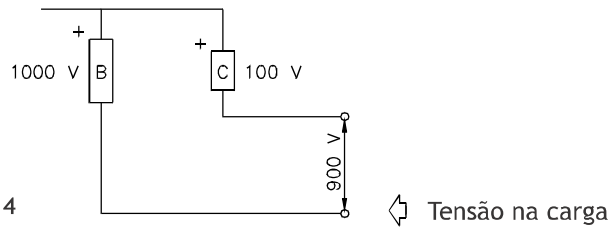


Existem duas formas de executarmos a ligação elétrica entre o primário e o secundário, tornando o autotransformador elevador ou abaixador:

### 3.1 - Funcionamento como elevador

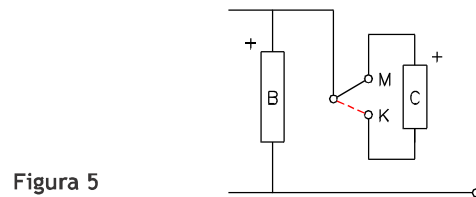


### 3.2 - Funcionamento como abaixador



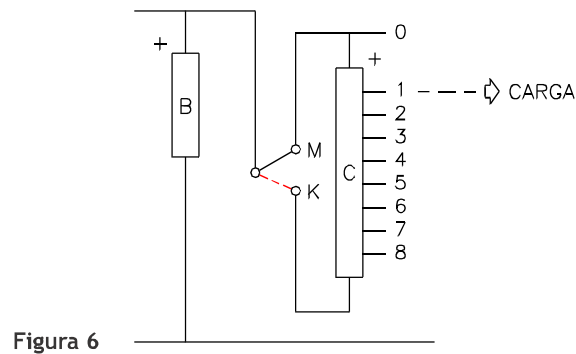
É a polaridade das bobinas que determina a ligação elétrica para o autotransformador funcionar como abaixador e elevador.

Portanto, vamos adicionar uma chave inversora de polaridade no circuito, para possibilitar que o autotransformador funcione como elevador e abaixador:



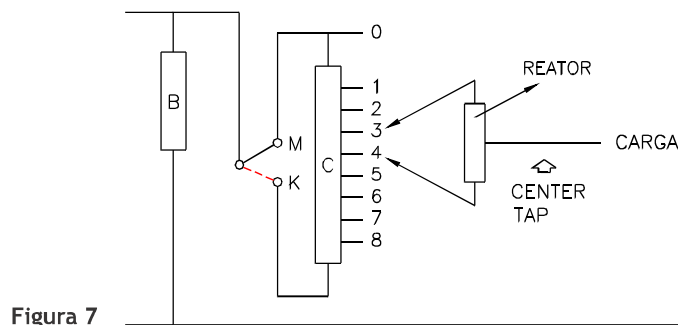
## 4 - FORMA CONSTRUTIVA DO REGULADOR

Adicionando tap's a bobina "C", passamos a ter degraus de tensão.



Logo se a carga estiver ligada no tap 1, e se precisarmos alterar sua ligação para o tap 2 teremos de interromper o circuito, ou seja, desenergizar o regulador.

Para que isso não aconteça, a solução é adicionar um reator ao circuito, porque enquanto uma das extremidades (pernas) do reator se move para o tap 2, a alimentação da carga se faz através da outra extremidade do reator.

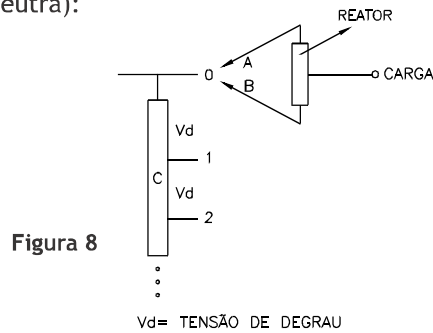


### 4.1 - Funções do reator

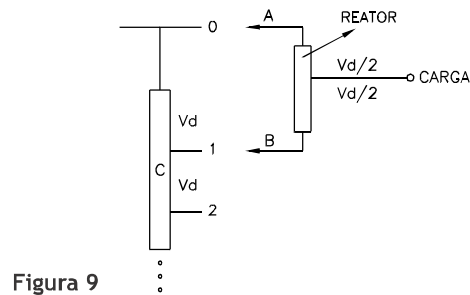
Vamos considerar para melhor detalhamento do circuito do reator, um pedaço da bobina "C".

#### 4.1.1 - Divisor de tensão

Considerando o reator na posição 0 (neutra):



Vamos agora para:

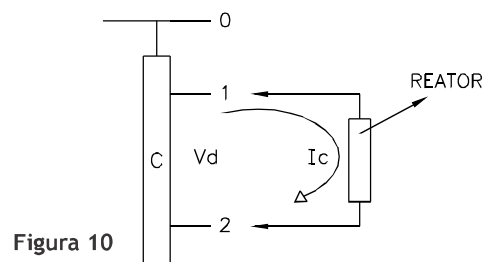


A tensão aplicada aos terminais do reator é  $V_d$ , mas a tensão na carga aumentará ou diminuirá na proporção de  $V_d/2$ , devido ao center tap, o que explica o reator ser um divisor de tensão.

#### 4.1.2 - Não permitir a interrupção do circuito na comutação

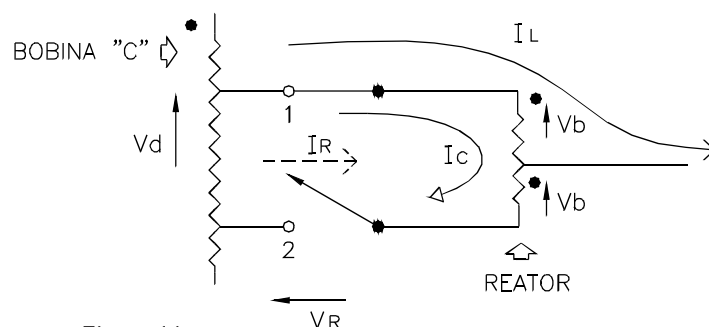
Analisando o circuito anterior, quando "B" sair do tap 0, e estiver se movendo para o tap 1, a energização do circuito se faz através de "A", não ocorrendo a interrupção do circuito.

#### 4.1.3 - Limitar corrente circulante



Ao ser aplicada a tensão  $V_d$  sobre os terminais do reator, circula uma corrente circulante,  $I_c$ , esta corrente deve ser limitada para que não ocorra o desgaste excessivo dos contatos do comutador e a vida útil dos mesmos seja preservada.

A determinação do limite da corrente circulante no reator parte do princípio da extinção de arco em um circuito conforme a figura:



Levantamos as seguintes equações:

$$V_R = 2V_b - V_d$$

$$I_R = \frac{1}{2} I_L - I_C$$

Apartir deste ponto, desenvolveu-se estas equações e concluiu-se que o reator deve ser projetado para:

$$I_C = 50\% I_L$$

A tolerância para o ensaio de corrente circulante é de -20% a 0%. O núcleo do reator possui de 1 a 2 Gap's que são dimensionados para que a corrente circulante se estabeleça dentro dos parâmetros anteriores.

Estes Gap's são preenchidos com fenolite ou premix. Contudo, ao longo da vida útil do regulador, o gap pode aumentar ou diminuir devido a vibrações e/ou temperatura e a calibração da corrente pode não corresponder aos parâmetros anteriores:

Segue um exemplo de recalibração do reator:

- Regulador:

HCMR 60 Hz 138 kVA (1380 kVA) 13800 V ± 10% (32 graus) 100 A.

Projeto -  $I_C = 0,5 \times 100 = 50$  A com tolerância de -20% a 0%

Campo - Supondo:  $I_C = 70$  A

Medindo o Gap =  $2 \times 10,5 = 21$  mm

➔ Para recalibrar faz-se a proporção direta:

70 A - 21 mm

50 A - X

X = 15 mm - 2 x 7,5 mm

O reator apresenta a característica de possibilitar a circulação da corrente de carga,  $I_L$ , livre por ele, não constituindo impedância para esta corrente. Isto acontece por causa do center tap, que promove a circulação da metade de  $I_L$  por um lado do reator (A) e a outra metade de  $I_L$  por outro lado do reator (B), conforme se segue:

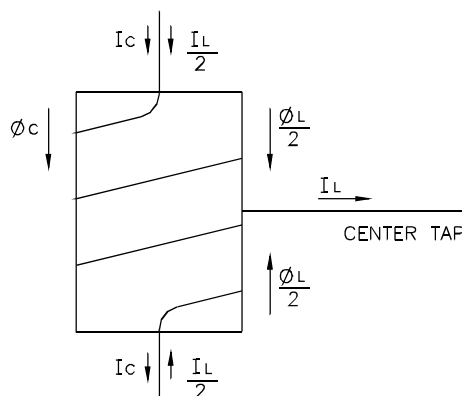


Figura 12

De acordo com a figura anterior, temos que os fluxos magnéticos,  $\frac{\phi L}{2}$ , criados pela corrente,  $\frac{I_L}{2}$ , se anulam, o que em um circuito indutivo significa que a tensão induzida na bobina do reator devido a circulação da corrente de carga é zero:

$$V_{\text{induzida}} = N \frac{d\phi}{dt} = 0$$

## 4.2- Bobina de equalização

Analisando os circuitos abaixo:

Circuito A: Como não existe tensão aplicada sobre o reator,  $I_c = 0$ .

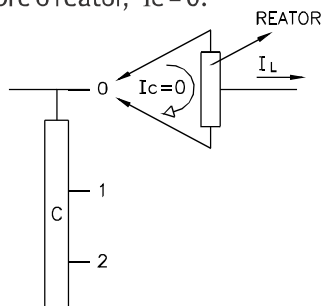


Figura 13

Circuito B: Como existe tensão aplicada sobre o reator  $I_c \neq 0$ .

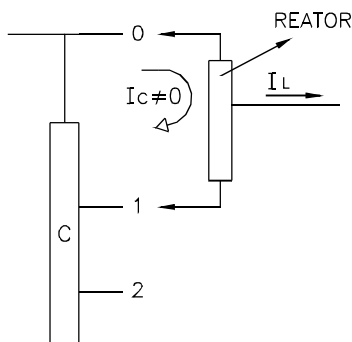


Figura 14

A alternância da corrente circulante de zero (circuito A) para o valor 50%  $I_L$  (circuito B) durante as comutações do regulador, causaria um elevado desgaste dos contatos do comutador devido ao  $L \frac{di}{dt}$ , ou seja, a taxa de variação de corrente de zero para 50% seria elevada, o que causaria o aumento da tensão de arco e conseqüentemente da potência de arco.

Para resolver este problema e manter a corrente circulante no reator constante em 50%  $I_L$  independentemente da posição do comutador, adiciona-se a bobina de equalização ao circuito do reator conforme se segue:

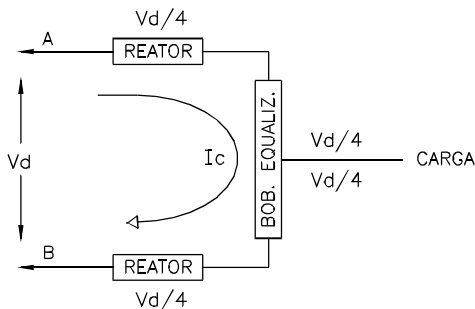


Figura 15

A bobina de equalização localiza-se na parte ativa do transformador principal do regulador. O que possibilita que esta bobina seja um elemento ativo, ou seja, uma fonte de tensão, no circuito do reator, quando o mesmo estiver na condição do circuito "A". Sendo assim, analisando o circuito a seguir, percebe-se que a corrente circulante nesta condição muda de sentido, mas se mantém em módulo.

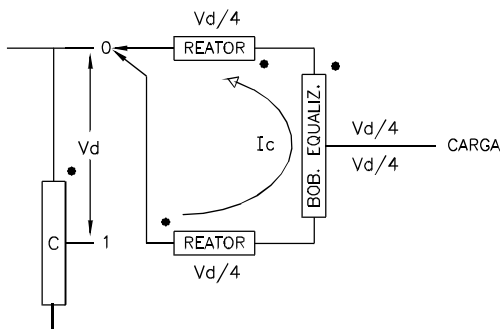


Figura 16

## 5 - TIPOS DE CONEXÕES EM BANCO DE REGULADORES

### 5.1 - Conexão em Estrela

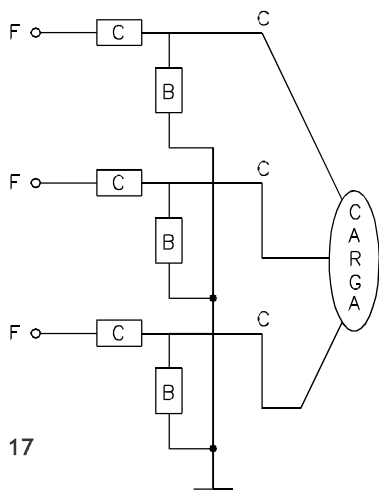


Figura 17

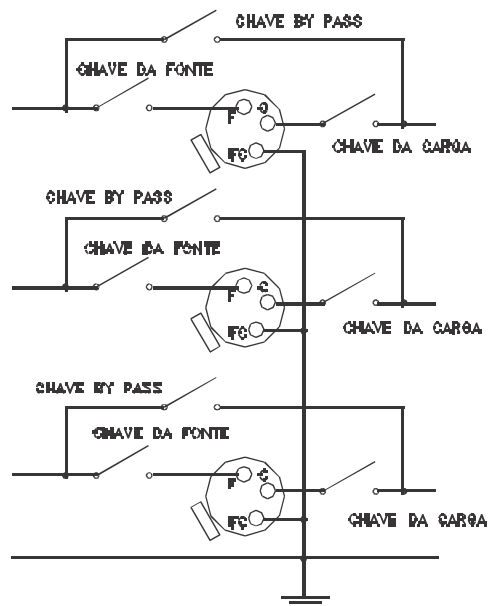


Figura 18

Supondo os reguladores elevando em +10%.  
O diagrama fasorial ficaria:

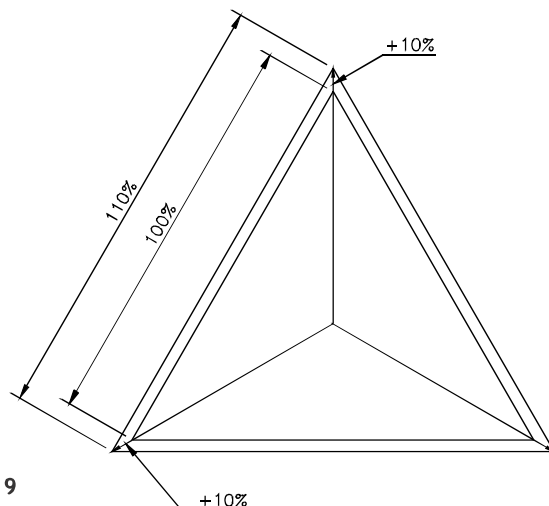


Figura 19

A recomendação é que se o banco de reguladores for ligado em estrela, necessariamente a fonte seja também em estrela, para que a corrente de neutro devido à possíveis desequilíbrios de carga do banco tenha caminho fechado para a terra e, portanto para a fonte.

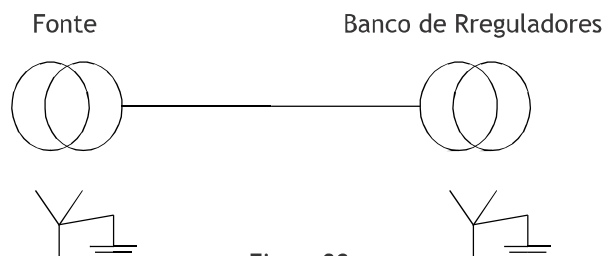


Figura 20

**⚠ ATENÇÃO** Recomenda-se que a resistência de aterramento seja menor que 20 ohms.

Caso a fonte seja em triângulo, e o banco de reguladores em estrela, o neutro virtual da ligação estrela se deslocará caso a carga seja desequilibrada, e o banco de reguladores entrará numa avalanche de comutações. Geralmente no banco, alguns reguladores vão para a posição máximo elevar e outro(s) para o máximo abaixar.

## 5.2 - Conexão em Delta Fechado

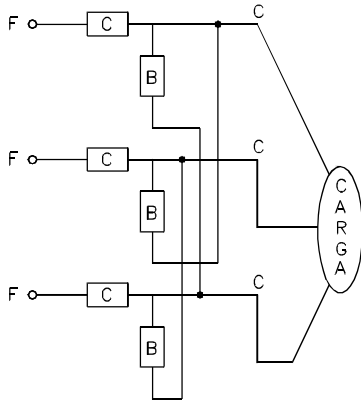


Figura 21

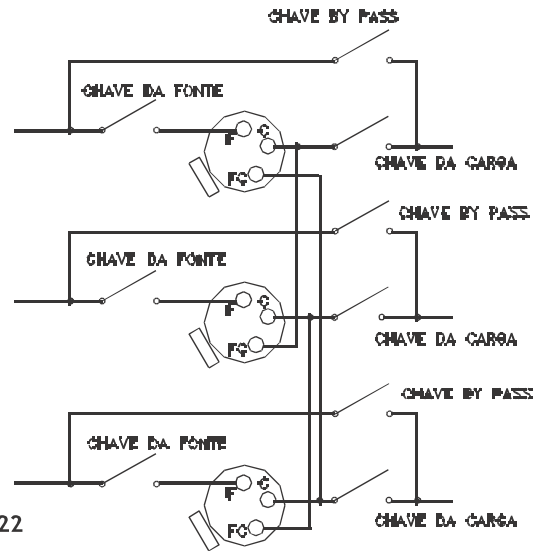


Figura 22

Supondo reguladores de 13800 V, elevando em +10%.

$$\Rightarrow 13800 \times 0,1 = 1380$$

$$\Rightarrow 13800 \text{ V}$$

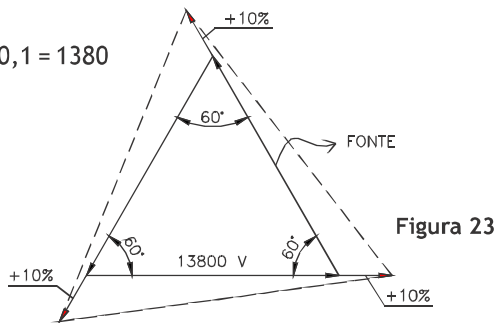


Figura 23

Logo:

$$\text{Sen } 60^\circ \frac{1380}{C'} \Rightarrow C' =$$

$$1195$$

$$1380$$

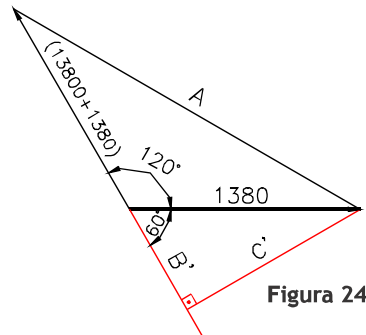


Figura 24

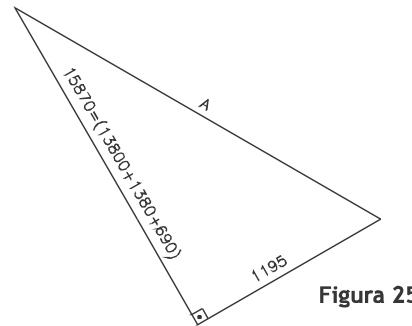


Figura 25

Então:

$$A = \sqrt{(15870)^2 + (1195)^2}$$

$$A = 15915 \text{ V}$$

$$\text{Regulação (\%)} = \frac{15915}{13800} = 115 \%$$

**A REGULAÇÃO DO BANCO LIGADO EM DELTA FECHADO É DE  $\pm 15\%$**

## 5.3 - Conexão em Delta Aberto

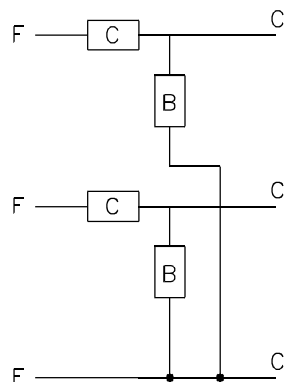


Figura 26

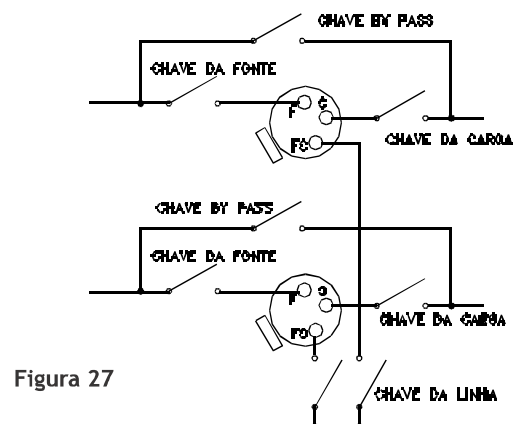


Figura 27

Supondo reguladores de 138 kVA 13800 V elevando em +10%.

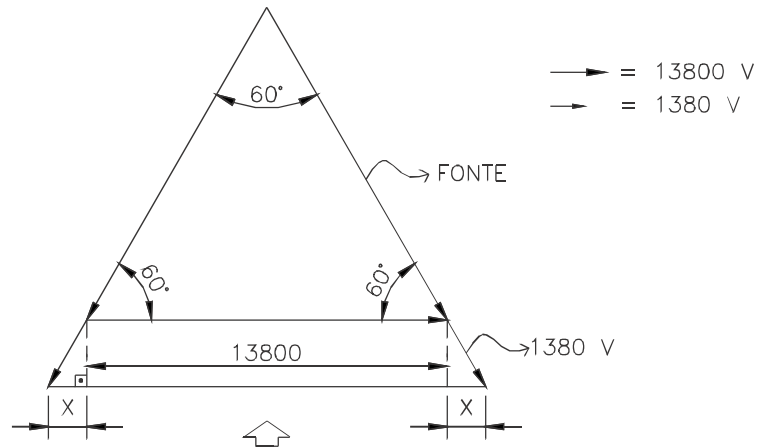


Figura 28

TENSÃO ENTRE FASES NA SAÍDA DO BANCO = A

Logo:

$$\cos 60^\circ = \frac{X'}{13800} \Rightarrow X' = 6900$$

$$A = 13800 + 2X = 15180$$

$$\text{Regulação (\%)} = \frac{15180 - 13800}{13800} = 10\%$$

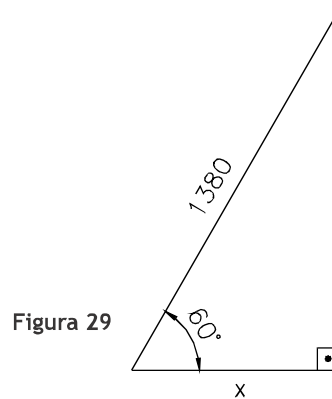


Figura 29

**A REGULAÇÃO DO BANCO LIGADO EM DELTA ABERTO É DE ±10%**

Esta ligação é vantajosa quando se tratar de ligação em cascata, com isso coloca-se 2 reguladores em cada ponto da cascata, economizando 1 regulador. Recomenda-se utilizar 3 e no máximo 4 bancos de reguladores em cascata, devido à problemas de possíveis sobretensões no sistema quando do fechamento de religadores.



6 - REGULADORES PADRONIZADOS PELA NORMA NBR 11809/1992

Tensão Nominal do Sistema (V)	Tensão Nominal do Regulador (V)	Ligação do banco de Reguladores	Nível Básico de Impulso (kV)	Potência Nominal (kVA)	Corrente de Linha (A)
4160	2400	Estrela com neutro aterrado	60	50	200
				75	300
				100	400
				125	500
				167	668
				250	1000
8320	4800	Estrela com neutro aterrado	75	333	1332
				50	100
				75	150
				100	200
				125	250
				167	334
13200	7620	Estrela com neutro aterrado	110	250	500
				333	668
				38,1	50
				57,2	75
				76,2	100
				114,3	150
				167	219
				250	328
				333	438
				416	546
13800	13200	Delta	95(*)	509	668
				667	875
				833	1093
				69	50
				138	100
				207	150
24940	14400	Estrela com neutro aterrado	150(*)	276	200
				414	300
				552	400
				72	50
				144	100
				216	150
				288	200
				333	231
34500	19920	Estrela com neutro aterrado	150/200(*)	432	300
				576	400
				667	463
				833	578
				100	50
				200	100
				333	167
				400	201
				667	334
				833	418

Tabela 4

(\*) Quando explicitamente solicitado, os reguladores poderão ser opcionalmente projetados para BIL = 110 kV ou 200 kV, aplicáveis em reguladores com classe de isolamento de 15 kV e 34,5 kV, respectivamente.

7 - DIMENSIONAMENTO DE REGULADOR

Utilizando a tabela anterior vamos exemplificar como dimensionar um regulador:

- Carga de 10 MVA;
- Tensão da regulação: 13800 V;
- Fonte em estrela com resistência de aterramento menor que 20 Ohms;
- Ligação do banco em estrela.

Para isso, a corrente é:

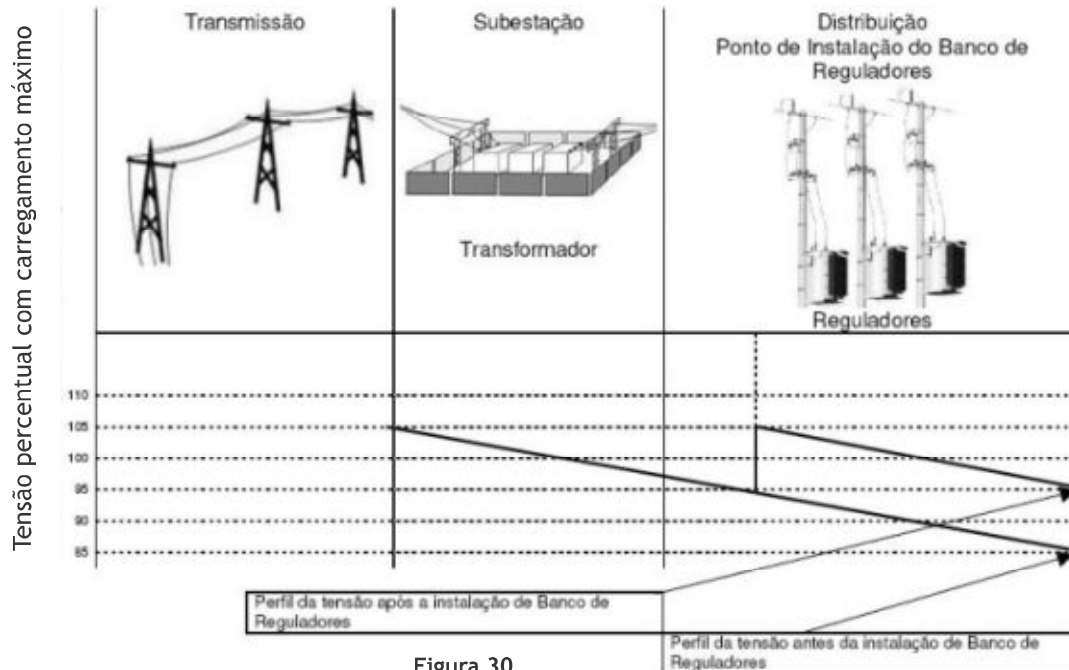
$$I = \frac{10000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 418 \text{ A}$$

A tensão nominal do regulador deve ser:

$$VN = \frac{13800}{\sqrt{3}} = 7967 \text{ V}$$

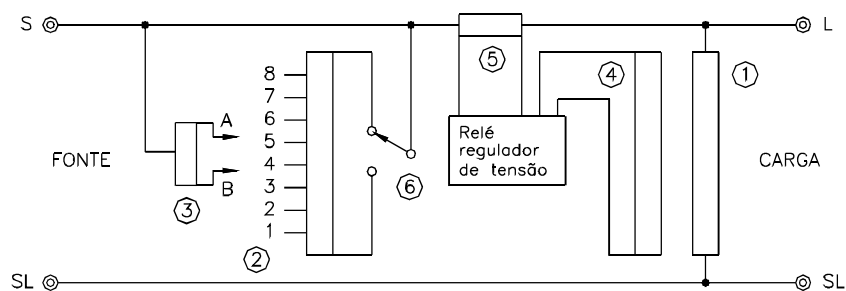
Analisando a tabela anterior, escolhemos o regulador de 333 kVA - 7620 V - 438 A, e com tensão adicional 7967 V.

## 8 - LOCALIZAÇÃO DE BANCOS DE REGULADORES



A faixa admitida pela portaria da ANEEL é que a tensão esteja entre 7,5% a + 5%.

## 9 - FUNCIONAMENTO DO REGULADOR



O enrolamento 1, chamado de enrolamento de excitação (enrolamento B), induz uma tensão no enrolamento 2 (enrolamento C), também conhecido por enrolamento de TAP's ou regulação. Na figura 31, o TP4 (transformador de potencial) instalado do lado da carga envia um sinal para o Controle regulador de tensão que posiciona os terminais A e B do reator 3 na posição adequada para manter a tensão na carga constante. A chave inversora de polaridade mostrada em 6 determinará se o regulador elevará ou diminuirá a tensão, sendo que seu controle é feito pelo Controle regulador. O TC5 (transformador de corrente) instalado do lado da carga enviará ao Controle regulador um sinal de carregamento da linha, possibilitando a compensação de quedas de tensão que ocorram no sistema.

## 10 - AJUSTE DO COMPENSADOR DE QUEDA NA LINHA

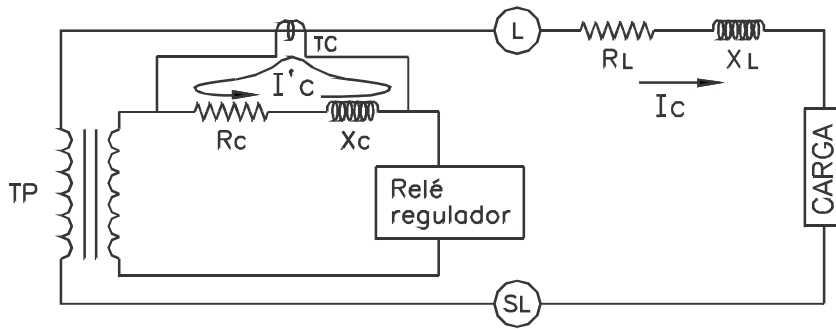


Figura 32

Utilizando equações fundamentais de tensão, concluímos facilmente que a queda de tensão na linha referida ao circuito de controle é dada por:

$$1) R_C = \frac{I_C R_L}{R_{TP}}$$

$$2) X_C = \frac{I_C X_L}{R_{TP}}$$

Onde:

$R_L$ : Resistência da linha em ohms.

$X_L$ : Reatância da linha em ohms.

$R_C$ : Resistência do compensador em volts.

$X_C$ : Reatância do compensador em volts

$I_C$ : Corrente nominal primária do TC (A)

**OBS.:** Para reguladores Toshiba, a corrente primária do TC é idêntica à corrente nominal do regulador.

A relação do TP é dada por:

$$R_{TP} = \frac{\text{Tensão nominal do regulador}}{120}$$

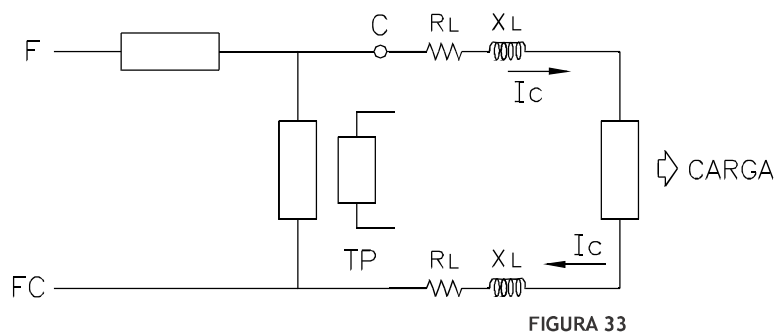
Observando as equações (1) e (2) anteriormente, temos em comum o fator  $\frac{I_C}{\text{Relação do TP}}$ , o qual definiremos como:

**FC: Fator compensador de queda na linha**

**Nota:** Este fator depende apenas dos dados de placa do regulador.

### 10.1 - Ajuste da compensação de queda na linha para os tipos de ligações dos reguladores

#### 10.1.1 - Ligação monofásica



$$F_C = \frac{I_C}{R_{TP}} \times 2 \text{ ou } 1,67$$

Nota: O ajuste de FC nesta ligação depende do aterramento. O fator deve ser de:

- 2,0: para sistema isolado da terra;
- 1,67: para sistema com neutro ligado à terra.

### 10.1.2 - Ligação em estrela

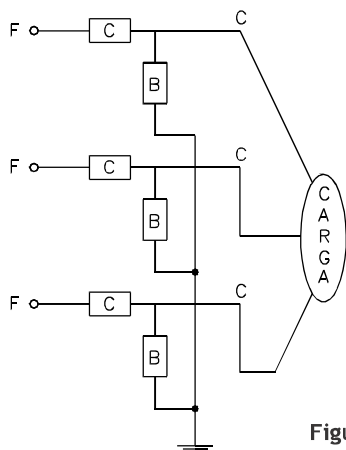


Figura 34

Com a tensão do TP e da carga estão da fase para a terra:

$$F_C = \frac{I_C}{R_{TP}} \times 1$$

### 10.1.3 - Ligação em triângulo

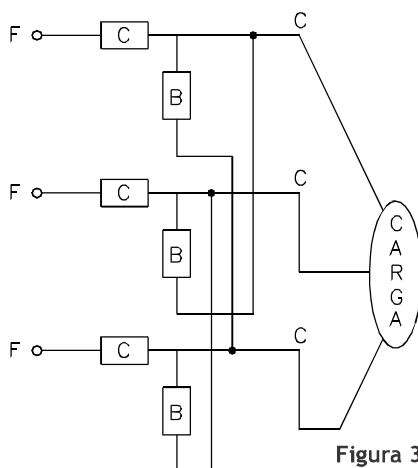


Figura 35

Como a tensão do TP é entre fases, e da carga é da fase para a terra:

$$F_C = \frac{I_C}{R_{TP}} \times 1,73$$

Considerando o fator de potência igual a 1,0, podemos afirmar:

- 1- A tensão de fase de um sistema monofásico e a corrente de carga estão em fase;
- 2- As tensões de fase para neutro em um sistema de ligação estrela multi-aterrada estão em fase com as correntes de carga correspondentes.
- 3- As tensões de fase para neutro em um sistema de ligação triângulo estão defasadas de 30° em relação as correntes de carga correspondentes.
- 4- Devido ao defasamento entre tensão e corrente na ligação em triângulo, é necessário corrigir os valores obtidos para o compensador de queda na linha conforme itens 10.1.3.1 e 10.1.3.2 a seguir:

#### 10.1.3.1 - Ligação triângulo fechado, considerando:

$V_A, V_B, V_C$  : Tensão entre fases

$V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}$  : Tensão de fase para a terra equivalente

$I_C$  : Corrente de carga

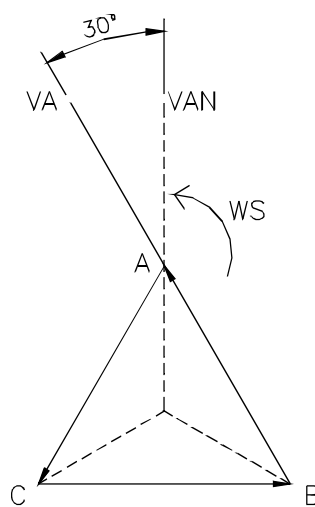
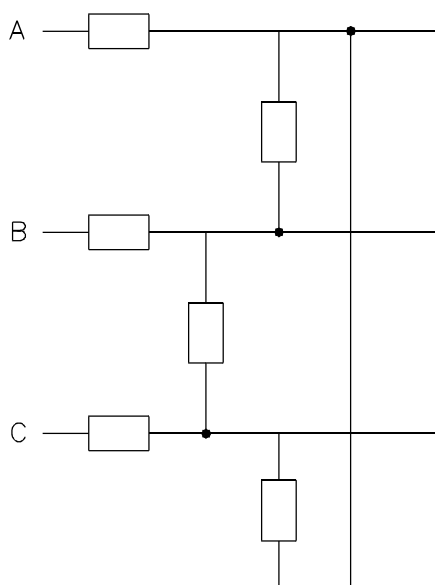
$R_L$  : Resistência da linha (ohms)

$X_L$  : Reatância da linha (ohms)

$F_P$  : Fator de potência = 1,0

#### 10.1.3.2 - Regulador Atrasado

Temos:



Denominando:

$$V_{AB} = V_A$$

$$V_{BC} = V_B$$

$$V_{CA} = V_C$$

Figura 36

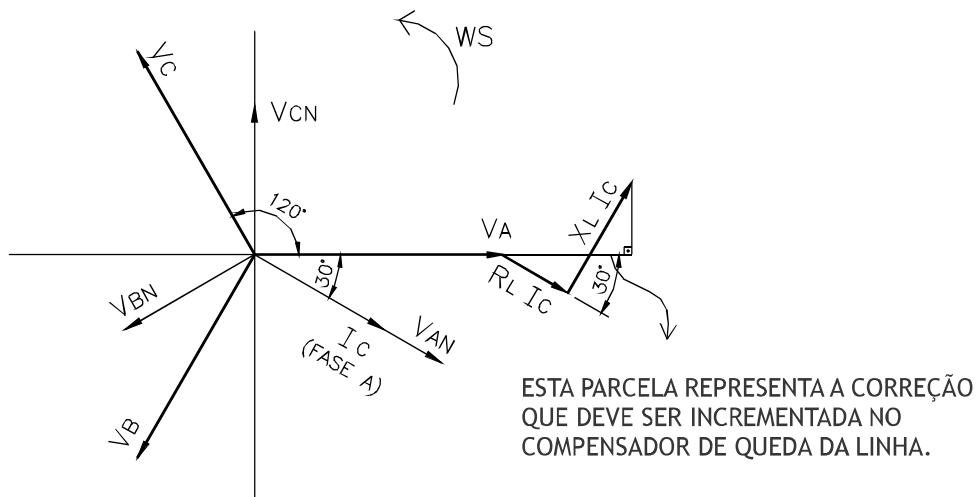


Figura 37

Analisando as figuras anteriores, podemos concluir que:

- 1- A tensão entre fases está adiantada de 30 em relação à tensão fase-neutro da fase correspondente.
- 2- Como o regulador é monofásico, ou seja, a tensão fase-neutro é a sua referência, podemos falar que o regulador está atrasado.

Refletindo para o circuito do compensador de queda na linha, podemos afirmar:

$$\frac{R_L I_C}{R_{TP}} = R_C ; \frac{X_L I_C}{R_{TP}} = X_C$$

E sabendo que é facilmente demonstrável que para determinarmos a parcela de incremento no compensador basta multiplicarmos o módulo vetor pelo unitário com a sua defasagem, temos:

$$(R_C + jX_C) \times 1 \angle + 30^\circ$$

$$(R_C + jX_C) \times (+ 0,866 + j0,5)$$

$$0,866R_C + j 0,5R_C + j 0,866X_C - 0,5X_C$$

Logo:

$$R'_C : 0,866R_C - 0,5X_C$$

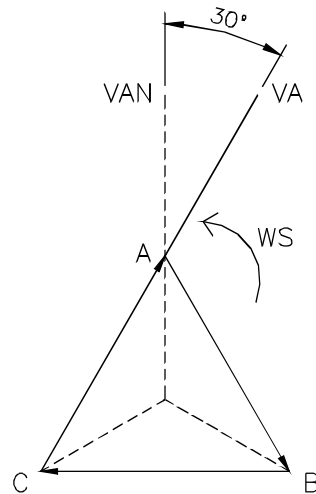
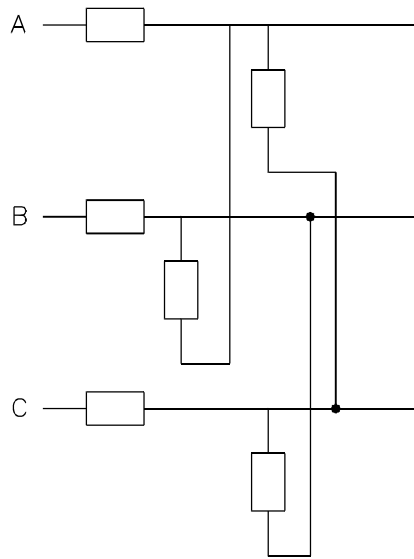
$$X'_C : 0,866X_C + 0,5R_C$$

Sendo:

$R'_C$ : correção de  $R_C$   
 $X'_C$ : correção de  $X_C$

Após o cálculo de  $R'_c$  e  $X'_c$ , os valores positivos deveriam ser ajustados na chave de polaridade do controle com polaridade positiva e os valores negativos deveriam ser ajustados na chave de polaridade do controle com polaridade negativa. Contudo, o controle do regulador TOSHIBA está programado para realizar a correção dos valores de  $R'_c$  e  $X'_c$  automaticamente, desde que os valores de  $R_c$  e  $X_c$  e a transformação da ligação triângulo sejam previamente ajustados no controle. (Ver maiores informações no Manual do Controle Regulador de Tensão).

### 10.1.3.3 - Regulador Adiantado



Denominando:

$$\begin{aligned} V_{BA} &= V_B \\ V_{CB} &= V_C \\ V_{AC} &= V_A \end{aligned}$$

Figura 38

Temos que:

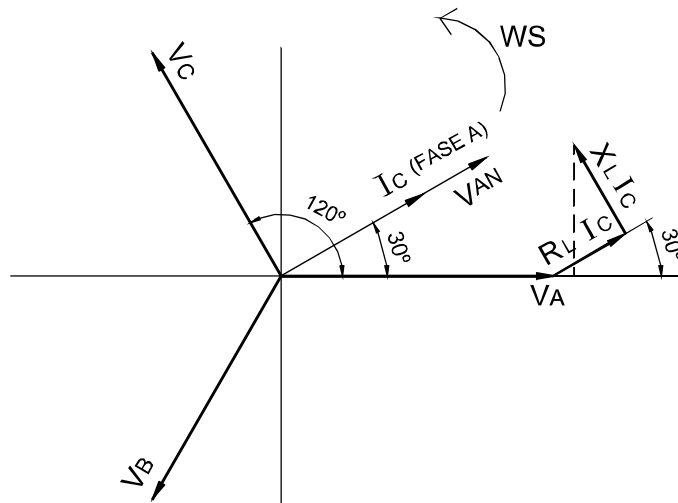


Figura 39

Analisando as figuras anteriores, podemos concluir que:

3- A tensão entre fases está atrasada de 30 em relação à tensão fase-neutro da fase correspondente.

4- Como o regulador é monofásico, ou seja, a tensão fase-neutro é a sua referência, podemos falar que o regulador está adiantado.

Refletindo para o circuito do compensador de queda na linha, podemos afirmar:

$$\boxed{\frac{R_L I_C}{R_{TP}} = R_C ; \frac{X_L I_C}{R_{TP}} = X_C}$$

E sabendo que é facilmente demonstrável que para determinarmos a parcela de incremento no compensador basta multiplicarmos o módulo vetor pelo unitário com a sua defasagem, temos:

$$(R_C + jX_C) \times 1 \quad \left| \begin{array}{l} - \\ -30^\circ \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} &(R_C + jX_C) \times (+0,866 - j0,5) \\ &0,866R_C - j0,5R_C + j0,866X_C + 0,5X_C \end{aligned}$$

Logo:

$$R'_c : 0,866R_c + 0,5X_c$$

$$X'_c : 0,866X_c - 0,5R_c$$

Sendo:

$R'_c$ : correção de  $R_c$

$X'_c$ : correção de  $X_c$

Após o cálculo de  $R'_c$  e  $X'_c$ , os valores positivos deveriam ser ajustados na chave de polaridade do controle com polaridade positiva e os valores negativos deveriam ser ajustados na chave de polaridade do controle com polaridade negativa. Contudo, o controle do regulador TOSHIBA está programado para realizar a correção dos valores de  $R'_c$  e  $X'_c$  automaticamente, desde que os valores de  $R_c$  e  $X_c$  e a transformação da ligação triângulo sejam previamente ajustados no controle. (Ver maiores informações no Manual do Controle Regulador de Tensão).

### 10.1.3.4 -Ligação triângulo aberto

#### 10.1.3.4.1 -Ligação com Fase "B" sem regulador

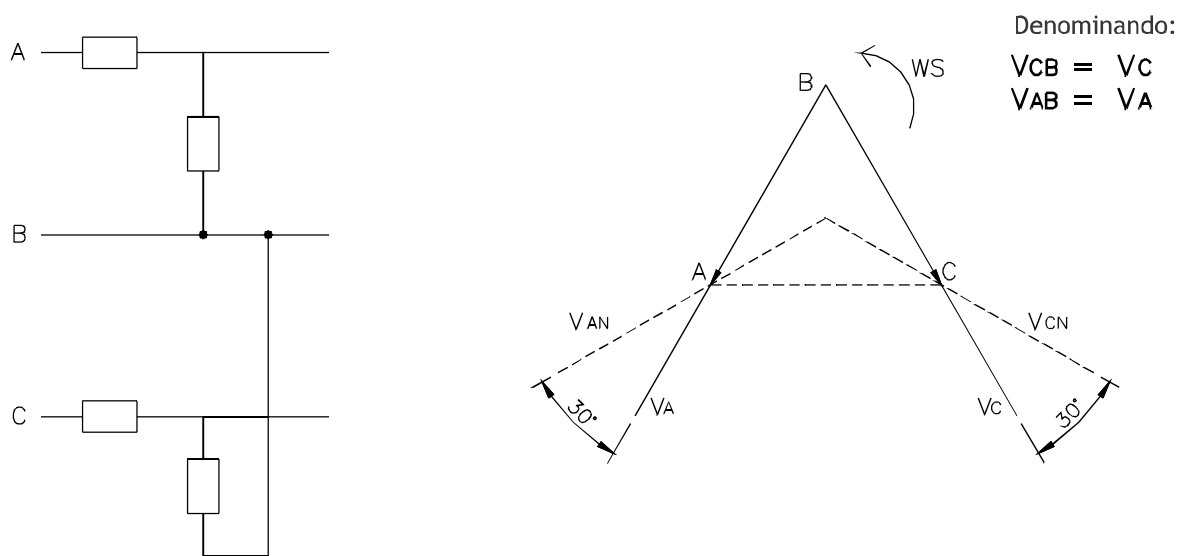


Figura 40

Conclui-se que o regulador da fase "C" é o adiantado e o da fase "A" é o atrasado. Os valores de  $R'_c$  e  $X'_c$  são os mesmos demonstrados anteriormente para o regulador atrasado e adiantado.

#### 10.1.3.4.2 -Ligação com Fase "C" sem regulador

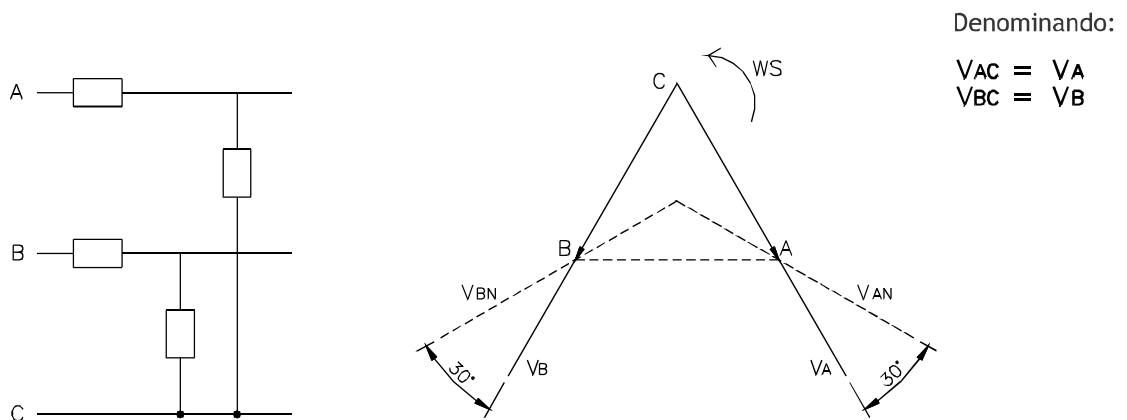


Figura 41



Conclui-se que o regulador da fase “A” é o adiantado e o da fase “B” é o atrasado. Os valores de R'c e X'c são os mesmos demonstrados anteriormente para o regulador atrasado e adiantado.

Após o cálculo de R'c e X'c, os valores positivos deveriam ser ajustados na chave de polaridade do controle com polaridade positiva e os valores negativos deveriam ser ajustados na chave de polaridade do controle com polaridade negativa. Contudo, o controle do regulador TOSHIBA está programado para realizar a correção dos valores de R'c e X'c automaticamente, desde que os valores de Rc e Xc e a transformação da ligação triângulo sejam previamente ajustados no controle. (Ver maiores informações no Manual do Controle Regulador de Tensão).

Concluimos que nas ligações em triângulo aberto, um regulador está atrasado e outro adiantado. Contudo, no campo, às vezes, é difícil determinar qual regulador está atrasado e qual está adiantado, para ajustar os valores de R e X do compensador de queda na linha.

## 11 - TRANSPORTE DE REGULADORES MONOFÁSICOS DE TENSÃO

### 11.1 - Objetivo

Visando uma melhor garantia do equipamento, durante o embarque e o transporte, deverão ser tomadas as medidas preventivas contra choques constantes deste manual.

### 11.2 - Embalagem

O regulador deverá ser embalado em engradado de madeira. A base e a parte superior do regulador deverão ser bem calçadas à embalagem para impedir o deslocamento do regulador durante o transporte.

### 11.3 - Fixação

Para evitar deslocamentos durante o transporte, deverão ser colocados fixadores na base da carreta ou caminhão. A fixação na parte superior deverá ser feita através de amarrações nos ganchos ou na embalagem.

### 11.4 - Verificação antes da Expedição

O responsável pelo transporte deverá confirmar os itens abaixo antes de sair da fábrica:

- Condição de embarque
- Condição do equipamento


### 11.5 - Utilização do Tipo de Carreta ou Caminhão

 <b>ATENÇÃO</b>	A carreta ou caminhão deverá possuir um tacômetro instalado
--	---

### 11.6 - Documentos e Relatórios de Transporte

 <b>ATENÇÃO</b>	Deverão ser guardados durante um tempo mínimo de 03 anos
--	--

### 11.7 - Valores Limites de Velocidade

 <b>ATENÇÃO</b>	Vias pavimentadas: Máximo 60 km/h
	Vias não pavimentadas: Máximo 40 km/h

*Estes limites deverão ser obedecidos rigorosamente.*

**Nota:** O não cumprimento desses limites de velocidade poderá implicar na perda da garantia do equipamento, caso seja detectado problema que possa ser decorrente de tal fato.

## 12 - INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE REGULADORES DE TENSÃO MONOFÁSICOS

### 12.1 - Introdução

O regulador de tensão TOSHIBA foi projetado para oferecer um bom serviço na linha e facilitar sua operação e sua manutenção.

Os materiais de alta qualidade e um bom trabalho de fabricação foram combinados para lhe oferecer o melhor regulador. Seu regulador foi cuidadosamente inspecionado e ajustado na fábrica, no entanto, para que seu funcionamento seja satisfatório é importante que sua instalação seja perfeita e a manutenção seja contínua.

O propósito deste manual é ajudar a obter de seu regulador um serviço duradouro e econômico. Leia este manual antes de instalar ou operar seu regulador.

## 12.2 - Recebimento

Na entrega de seu regulador, verifique cuidadosamente cada item da nota fiscal. Se por acaso algo estiver faltando ou o mesmo estiver danificado, comunique-se imediatamente com a agência que realizou a entrega e faça as anotações necessárias na nota fiscal.

Se necessário entre em contato com a Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda.

## 12.3 - Armazenagem

Se o regulador não for colocado em funcionamento imediatamente, o mesmo poderá ser guardado em local abrigado ou ao tempo sem maiores precauções, desde que o compartimento de controle e a tampa de inspeção estejam bem fechados.

## 12.4 - Instalação

Os reguladores de tensão da TOSHIBA podem ser instalados tanto em locais cobertos como ao ar livre, em plataformas ou postes, desde que sejam respeitados os limites de condições de serviço estabelecidos na NBR 11809 / ANSI C57.15 ou na especificação técnica do cliente, o que for mais rigoroso.

### 12.4.1 - Para colocar o regulador em funcionamento

#### 12.4.1.1 - Verifique o nível de óleo através do seu indicador próprio

#### 12.4.1.2 - Verifique as porcelanas das buchas



#### **CUIDADO**

As porcelanas das buchas devido ao manuseio e transporte indevido podem apresentar trincas.

#### 12.4.1.3 - Verifique a rigidez dielétrica do óleo

(isto não será necessário se a unidade for instalada imediatamente após o recebimento e em boas condições). Se a rigidez dielétrica estiver abaixo de 30 kV, será necessário filtrar o óleo antes de colocar o regulador em funcionamento.

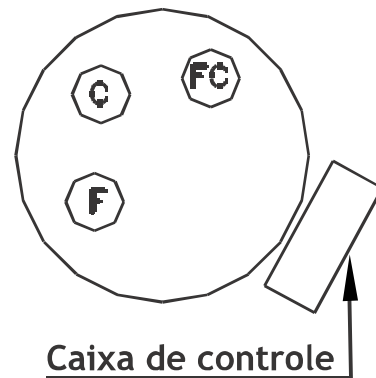
#### 12.4.1.4 - Curto-circuitar as buchas de fonte, carga e neutro

Medir a resistência (com MEGGER) entre estas buchas e o tanque. Os valores lidos devem ser no mínimo, 2000 Mega Ohm, na temperatura ambiente.

#### NOTA:

1- As buchas são identificadas conforme nomenclatura descrita no quadro seguinte, de acordo com o interesse do cliente. Esta nomenclatura estará visivelmente impressa na tampa do regulador.

ISOLADORES	NOMENCLATURA	
	ANSI	ABNT
FONTE	“S”	“F”
CARGA	“L”	“C”
NEUTRO	“SL”	“FC”



Disposição dos isoladores na tampa do regulador

2- Caso algum dos requisitos descritos anteriormente não sejam atendidos, entrar em contato com o serviço de assistência técnica da Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda através dos telefones (0xx31) 3329-6565, (0xx31) 3329-6654 ou e-mail: falecom@toshiba.com.br

#### 12.4.1.5 - Observe os desenhos da placa de identificação e do diagrama de controle

### ⚠ CUIDADO

Verifique em qual tensão será ligado o Regulador de Tensão Monofásico. Para certificar-se, siga as conexões estabelecidas na placa de identificação do regulador.

#### 12.4.2 - Conexões típicas para reguladores monofásicos

As Figuras de 42 a 45 representam as quatro conexões básicas para os sistemas monofásicos e trifásicos, onde a regulação é realizada por reguladores monofásicos.

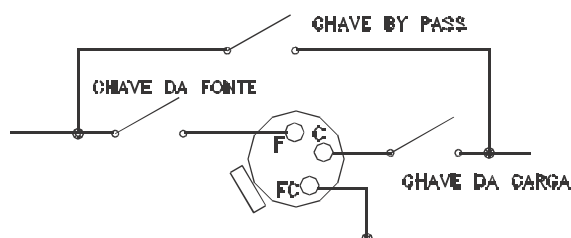


Figura 42 - MONOFÁSICO  
Conexão de um regulador monofásico em uma linha monofásica.

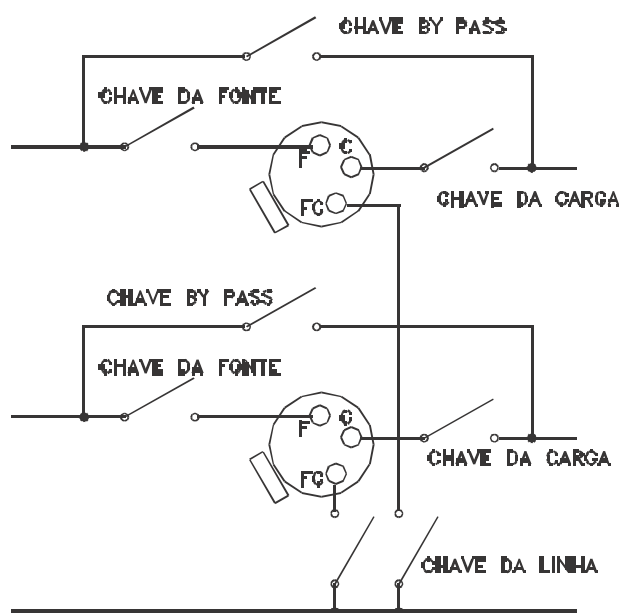


Figura 43 - DELTA ABERTO  
Conexão de dois reguladores monofásicos em uma linha trifásica em delta aberto fornecendo ao sistema 10% de faixa de regulação nas 3 (três) fases.

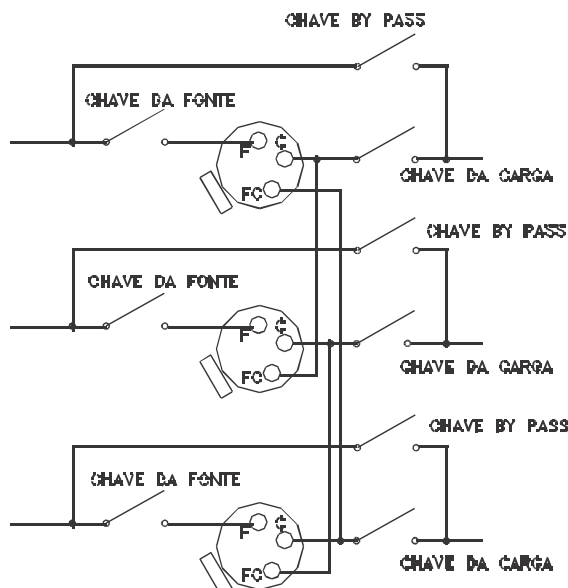


Figura 44 - DELTA FECHADO  
 Conexão de três reguladores monofásicos em uma linha trifásica em delta fechado fornecendo ao sistema 15% de faixa de regulação.

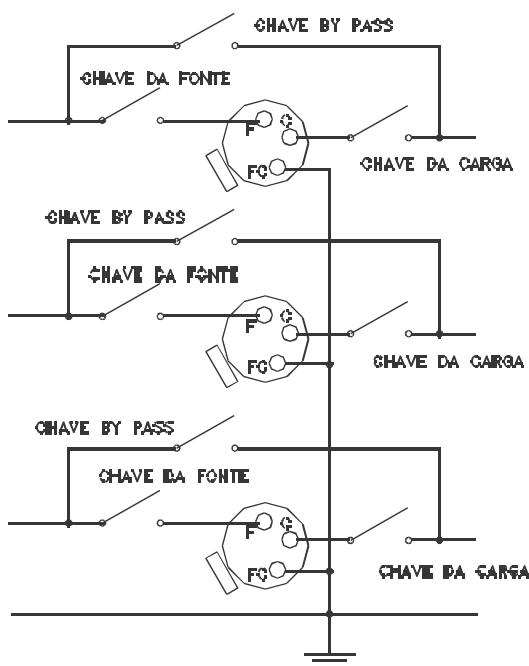


FIGURA 45 - CONECTADO EM ESTRELA  
 Conexão de três reguladores monofásicos em estrela em uma linha trifásica com neutro aterrado fornecendo ao sistema 10% de faixa de regulação.

### 12.4.3 - Manobra em reguladores

A colocação e a retirada do regulador de serviço deve obedecer ao seguinte procedimento (Figura 47).

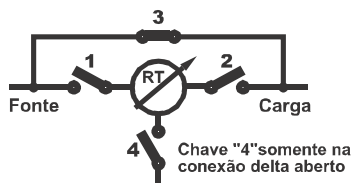
**Nota:** Este procedimento é para reguladores com controle TB-R1000.



**PERIGO:** Antes de efetuar operações para colocar ou retirar o regulador de serviço, certifique-se que a lâmpada indicadora de posição neutra, localizada no painel inferior do controle esteja acesa e que há indicação de TAP "0" no painel frontal do controle e no indicador externo de posição. **Não efetue as operações sem a confirmação desses itens.**

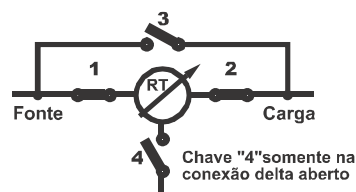
## Principais operações de manobra

### Colocação do regulador em serviço e abertura da chave by-pass



- 01- Utilize os equipamentos de segurança.
- 02- Verifique se as partes metálicas estão rigidamente aterradas.
- 03- Coloque a chave de alimentação "normal/desliga/externo" do painel inferior da caixa de controle na posição "desliga" em todos os reguladores do banco.
- 04- Feche a chave "4" apenas para o banco em delta aberto em todos os reguladores do banco.
- 05- Feche a chave "1" (lado da fonte) em todos os reguladores do banco.
- 06- Coloque a chave de alimentação "normal/desliga/externo" do painel inferior do controle na posição "normal", selecione a opção "manual" através da tecla "manual/auto" do painel superior do controle e coloque todos os reguladores do banco na posição "0" através das teclas elevar  $\uparrow$  e abaixar  $\downarrow$  do painel superior do controle.
- 07- Certifique-se que a lâmpada indicadora de posição neutra localizada no painel inferior do controle esteja acesa e se há indicação de tap "0" no painel superior do controle em todos os reguladores do banco.
- 08- Não continuar com os procedimentos de manobra do regulador caso exista divergência entre a indicação de tap "0" do painel superior do controle e a indicação da lâmpada de posição neutra localizada no painel inferior do controle.
- 09- Coloque a chave de alimentação "normal/desliga/externo" do painel inferior do controle na posição "desliga" em todos os reguladores do banco.
- 10- Feche a chave "2" (lado da carga) em todos os reguladores do banco.
- 11- Abra a chave "3" (by-pass) em todos os reguladores do banco.
- 12- Coloque a chave de alimentação "normal/desliga/externo" do painel inferior do controle na posição "normal" e selecione a opção "auto" através da tecla "manual/auto" do painel superior do controle em todos os reguladores do banco.

### Retirada do regulador de serviço e fechamento da chave by-pass



- 01- Utilize os equipamentos de segurança.
- 02- Verifique se as partes metálicas estão rigidamente aterradas.
- 03- Selecione a opção "manual" através da tecla "manual/auto" do painel superior do controle e coloque todos os reguladores do banco na posição "0" através das teclas elevar  $\uparrow$  e abaixar  $\downarrow$  do painel superior do controle.
- 04- Certifique-se que a lâmpada indicadora de posição neutra localizada no painel inferior do controle esteja acesa e se há indicação de tap "0" no painel superior do controle em todos os reguladores do banco.
- 05- Não continuar com os procedimentos de manobra do regulador caso exista divergência entre a indicação de tap "0" do painel superior do controle e a indicação da lâmpada de posição neutra localizada no painel inferior do controle.
- 06- Coloque a chave de alimentação "normal/desliga/externo" do painel inferior do controle na posição "desliga" em todos os reguladores do banco.
- 07- Feche a chave "3" (by-pass) em todos os reguladores do banco.
- 08- Abra a chave "2" (lado da carga) em todos os reguladores do banco.
- 09- Abra a chave "1" (lado da fonte) em todos os reguladores do banco.
- 10- Abra a chave "4" apenas para o banco em delta aberto em todos os reguladores do banco.

Figura 47

## 12.5 - Instalação

### 12.5.1- Pára-raios "by-pass"

Todos os reguladores, modelo padrão, são equipados com pára-raios by-pass que devem ser montados entre as buchas de fonte e carga.

O pára-raios by-pass limita a tensão através do enrolamento, mas não atua como proteção da linha à terra.

Proteção contra descargas atmosféricas (Pára-raios Shunt): para melhor proteção do regulador e da linha, deve-se instalar pára-raios de tensão apropriada entre linha e terra, sendo um no lado da fonte e outro no lado de carga.

#### ⚠ CUIDADO

Fusíveis: quando forem usados com os reguladores monofásico, coloque-os apenas nos terminais da fonte, nunca no terminal neutro ou comum.

### 12.5.2 - Válvula de alívio de pressão

Utilizada para aliviar a pressão interna do tanque, protegendo-o quando da ocorrência de pressões elevadas, devido a problemas na parte ativa do regulador.

#### ⚠ ATENÇÃO

Verifique no desenho de "Dimensões Externas", anexo, qual tipo de válvula se aplica ao seu regulador.

### 12.5.2.1 - Funcionamento

Quando a pressão interna do tanque for superior à pressão de atuação da válvula de alívio, esta será automaticamente acionada, liberando a pressão. Assim que a pressão interna do tanque atingir um valor menor que o valor da pressão operação a válvula será desativada e voltará a vedar o tanque.

NOTA: Ao ocorrer o acionamento das válvulas do tipo VA 46 e VA 46/2 (com contato), o pino sinalizador será elevado, indicando a atuação da válvula. Após o seu funcionamento o pino sinalizador continuará elevado mesmo que a válvula não esteja atuando, devendo ser abaixado à sua posição original manualmente. bandeirola deverá ser rearmada manualmente, empurrando-a para baixo, até que se encoste na tampa, ficando na posição horizontal. Com esta operação o microswitch, se houver, será rearmado.

### 12.5.2.2 - Tipos de válvulas

#### 12.5.2.2.1 - Sem contatos elétricos

##### 12.5.2.2.1.1 - TB-VAP300

Localização: Na tampa do regulador ou na lateral do tanque.

Pressão de atuação:  $0.7 \pm 20\%$  kgf/cm<sup>2</sup>

Fabricante: TOSHIBA

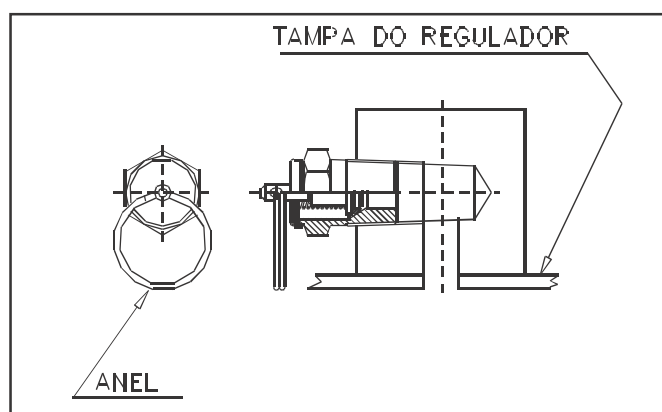


Figura 47

##### 12.5.2.2.1.2 - VAS 50

Localização: Na tampa do regulador

Pressão de atuação:  $0.7 \pm 10\%$  kgf/cm<sup>2</sup>

Fabricante: ANILAG

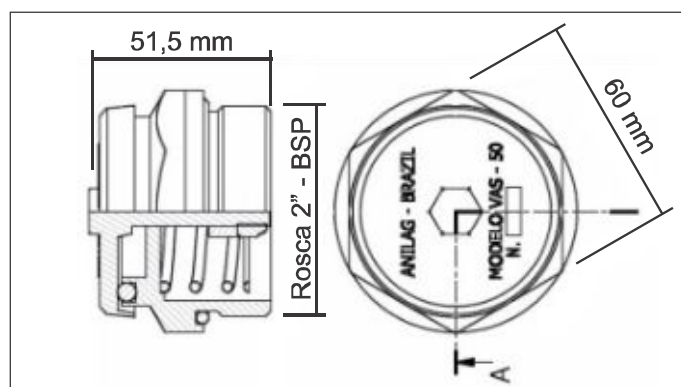


Figura 48

### 12.5.2.2.1.3 - VA 46

Localização: Na tampa do regulador

Pressão de atuação:  $0.7 \pm 10\%$  kgf/cm<sup>2</sup>

Pino sinalizador na cor amarela

Fabricante: ANILAG

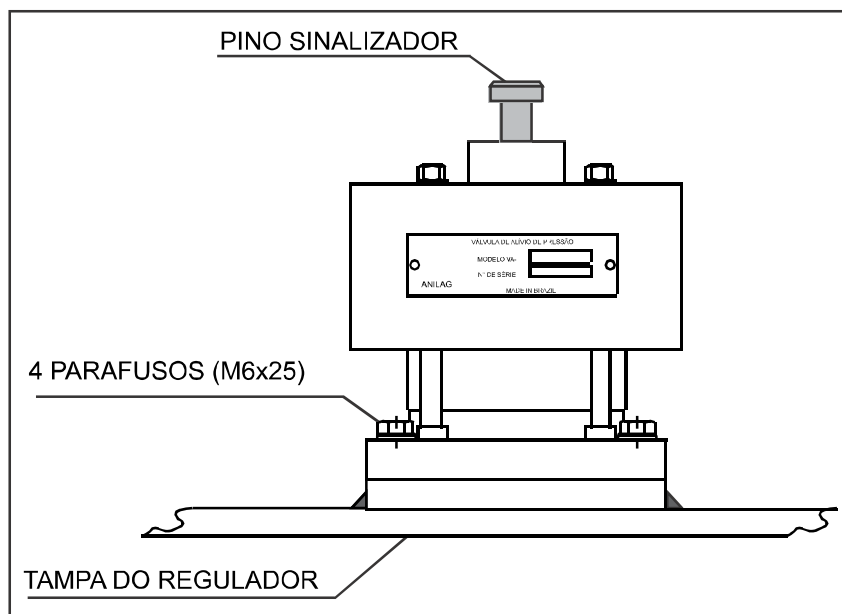


Figura 49

### 12.5.2.2.2 - Com contatos elétricos

#### 12.5.2.2.2.1 - VA 46/2

Localização: Na tampa do regulador

Pressão de atuação:  $0.7 \pm 10\%$  kgf/cm<sup>2</sup>

Pino sinalizador na cor amarela

Fabricante: ANILAG

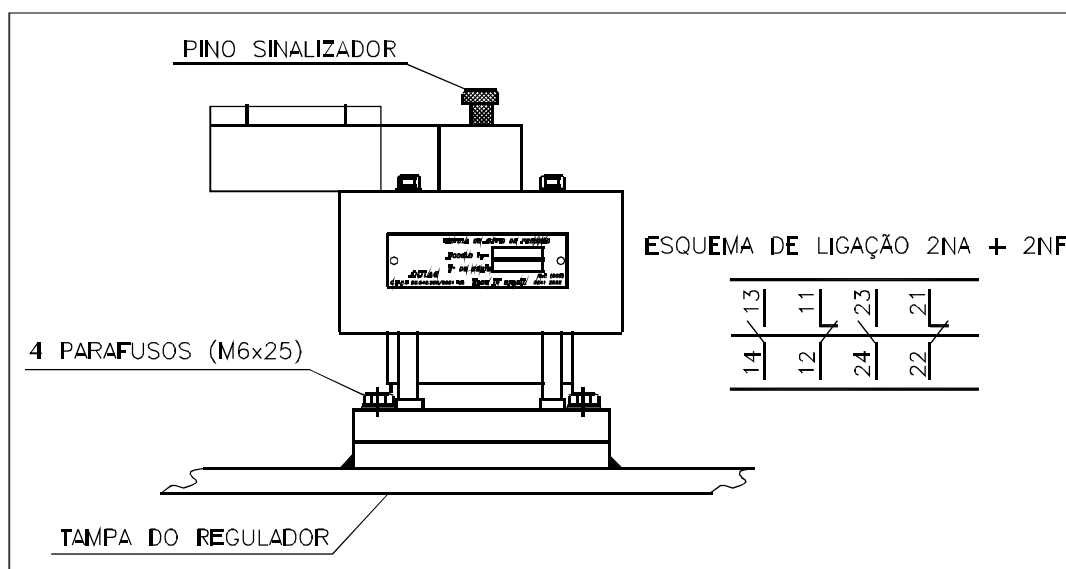


Figura 50

**ATENÇÃO:** Quando a válvula é acionada indica que ocorreram avarias na parte ativa do regulador, devendo-se proceder a uma análise gascromatográfica no óleo, medir a rigidez dielétrica do óleo e a resistência de isolamento do regulador.

### 12.5.2.3 - Comunicação de anormalidades

Se através da inspeção periódica ou com o regulador em funcionamento normal for percebida alguma anormalidade, solicitamos que o fato seja comunicado à Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda.

## 12.6 - CONEXÕES DO REGULADOR À CAIXA DE CONTROLE

A conexão do regulador à caixa de controle é realizada através de um multicabo, o qual é conectado ao bloco de terminais na tampa do regulador e conectado à caixa de controle através do prensa cabo. (ver figuras 51 e 52)

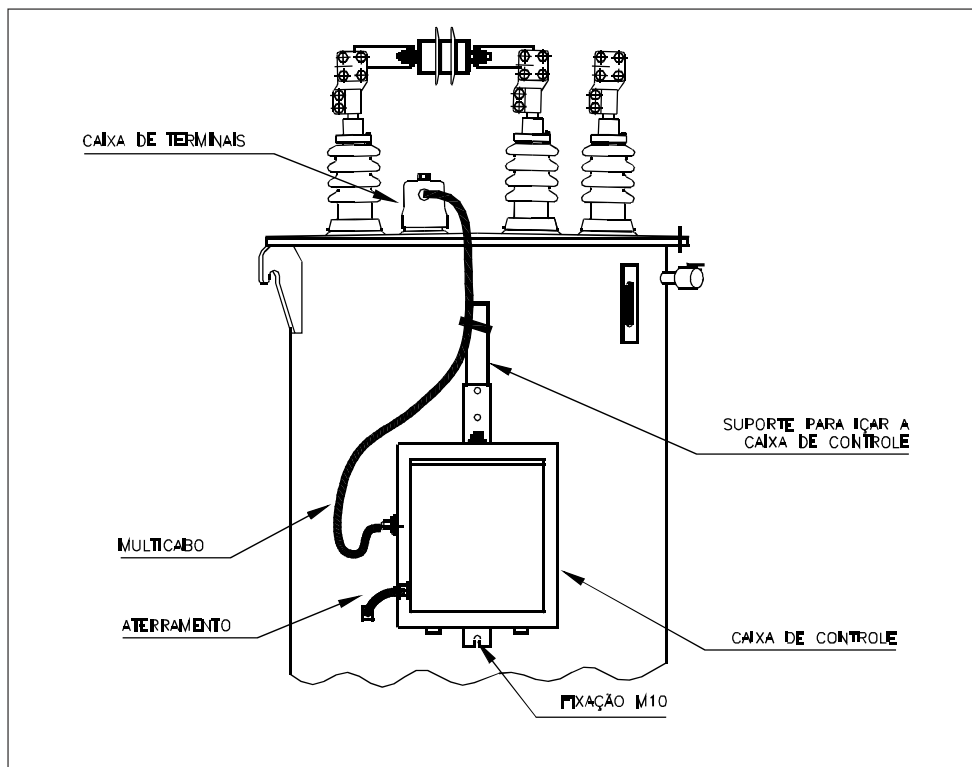


Figura 51 - Regulador sem indicador externo de posições

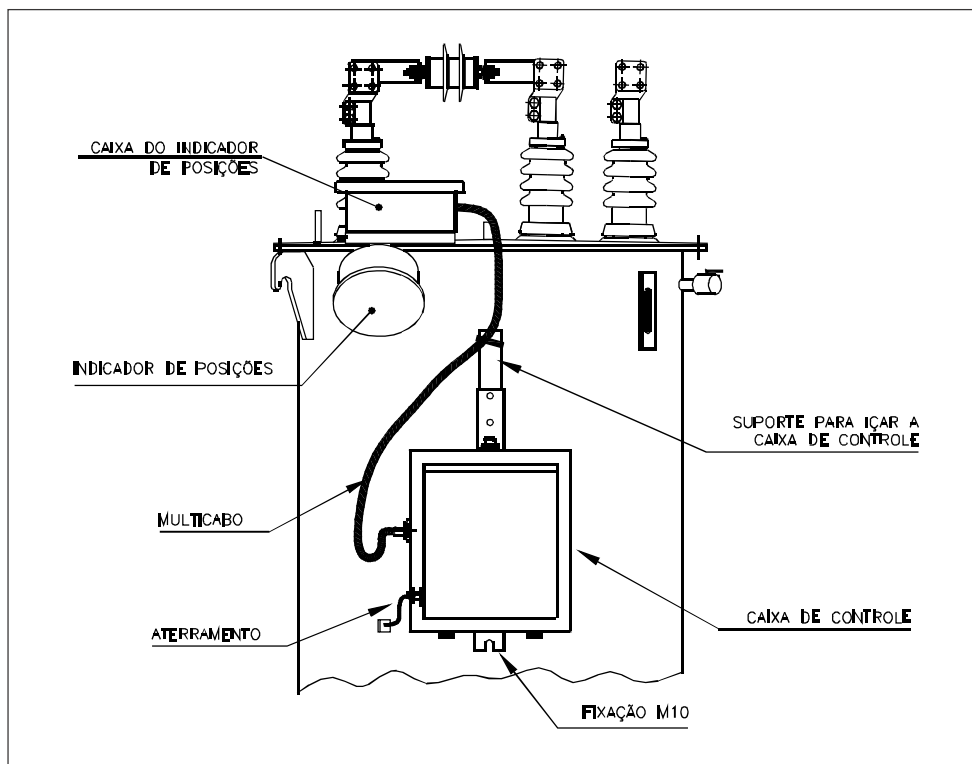


Figura 52 - Regulador com indicador externo de posições



## 12.7 - MANUTENÇÃO DO REGULADOR

### 12.7.1 - Inspeção periódica

#### CONTROLE ELETRÔNICO

Cláusula	Ponto de Inspeção	Verificar	Período	Procedimento ou item de verificação	Avaliação / Correção
1	Controle	- Acionamento manual - Bloqueio máximo e mínimo	1 ano	- Posicionando o ajuste de operação em elevar, verifique que o controle eleva o Tap, parando no bloqueio ajustado. - Posicionando o ajuste de operação em abaixar, verifique que o controle abaixa o Tap, parando no bloqueio ajustado.	Conforme a instrução de operação.
2		Tensão de referencia		Com o regulador energizado, ajuste: $U_r=0V$ , $U_x= 0V$ . Verificar se a tensão de saída de "Voltímetro" está igual ( $\pm 1V$ ) da referência depois de estabilizado.	
3		- Temporização linear - Acionamento automático Elevar e Abaixar		- Variando o ajuste da tensão de referência para uma tensão maior que a tensão da rede .- Verificar se o motor aciona no sentido "Elevar" passado o tempo ajustado. - Variando o ajuste grosso para uma tensão menor que a tensão da rede. - Verificar se o motor aciona no sentido "Abaixar" passado o tempo ajustado.	

#### REGULADOR DE TENSÃO

4	Acessórios	Buchas	1 ano	1. Acumulo de impurezas nas porcelanas; 2. Vazamento de óleo; 3. Aperto dos terminais.	1. Quando a contaminação for excessiva, limpe com um pano que contenha amônia ou tetracloreto de carbono e aplique um neutralizador. Depois disto, lave com água doce e seque-a com pano seco; 2. Quando os terminais estiverem frouxos, reaperte-os.	
		Pára-raios		1. Aglomeração de impurezas; 2. Resistência de isolamento.		
		Indicador de nível de óleo		- Trinca no visor de vidro; - Vazamento de óleo.		- Troca do visor de vidro; - Reaperto do corpo do indicador ou troca da gaxeta.
		Válvula de drenagem do óleo		- Vazamento de óleo.		- Reaperte-a, se persistir o vazamento o equipamento deve ser retirado de serviço

Cláusula	Ponto de Inspeção	Verificar	Período	Procedimento ou item de verificação	Avaliação / Correção
4	Acessórios	Caixa de Controle e Caixa de Terminais	1 ano	- Penetração de água no interior da caixa; - Verifique a conexão do multicabo à caixa de controle e Terminais.	- Em caso de penetração de água, troque as gaxetas de vedação da porta; - Conexão do multicabo frouxo, reaperte-a.
5	Acessórios	Indicador de Posição do Comutador	1 ano	-Penetração de água no interior do Indicador externo.	-Fazer a Manutenção do Indicador. -Retirar humidade na caixa de terminais.
6	Exterior do tanque		1 ou 3 anos	- <i>Verifique a condição geral da pintura do tanque.</i>	- A renovação da pintura da superfície externa deverá ser feita de acordo com a seguinte frequência; 1. Os equipamentos instalados em zonas industriais, marítimas e em atmosferas poluídas quimicamente de 12 em 12 meses; 2. Os equipamentos instalados em atmosfera sem poluição e fora da orla marítima, aproximadamente de 3 em 3 anos.
7	Óleo isolante	Rigidez dielétrica	6 meses	- Todos os procedimentos devem estar de acordo com a Norma ABNT NBR 6869.	1. Satisfatório: Maior que 26 kV/2,5 mm; 2. A recondicar: Menor que 26 kV/2,5 mm.
8	Miscelânea	Ruído de excitação anormal e vibração		- Verifique a condição de fixação das partes conectadas ao tanque.	- Reajuste. Entre em contato com a Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda através dos telefones: (0xx31) 3329-6565 ou (0xx31) 3329-6654 e-mail: falecom@toshiba.com.br

#### OBSERVAÇÕES:

\* Após todos os testes, os ajustes devem ser colocados conforme encontrados inicialmente.

\* Não havendo condição de realizar todos os testes devido a variações que estes testes provocarão no lado carga, sugerimos a retirada do regulador de serviço e o fechamento do by-pass e a desconexão do lado carga (ver procedimento na instrução de manobra fixada na parte interna da caixa de controle), o que permite o teste de todas as funções do controle, exceto as relativas à compensação de queda de linha.

### 12.7.2 - Inspeção interna do regulador

Recomenda-se a cada 250.000 operações realizar a inspeção interna do regulador. Esta periodicidade é a mesma recomendada para o comutador, conforme item 13.1.5.

A inspeção interna consiste basicamente de:

- A) Inspeção do comutador de derivação de carga, conforme instrução específica para o mesmo.
- B) Inspeção da parte ativa.

\* Não há necessidade de se realizar nenhum ensaio ou verificação a menos que se note uma condição anormal de funcionamento e, neste caso, a Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda deverá ser notificada. Recomenda-se realizar no mínimo:

- Verificação da relação de espiras;
- Medição da resistência elétrica dos enrolamentos de excitação e de TAP's;
- Inspeção visual.

### 12.7.3 - Retirada da parte ativa do tanque

A retirada da parte ativa do tanque deverá ser feita em local abrigado, preferencialmente com controle de poeira, retirando-a totalmente do tanque.

Procedimentos:









- A) Retire os parafusos de fixação da tampa;
  - B) Retire todos os parafusos de fixação e aterramento da caixa de controle ao tanque do regulador. A caixa de controle sai junto com a tampa se necessário;
  - C) A parte ativa deverá ser removida do tanque pelos olhais de suspensão localizados na tampa;
- Quando se fizer a inspeção verifique se todos os parafusos, porcas e conexões estão bem apertados.
- D) Para cada hora de exposição, a parte ativa deverá ser submetida a 2 (duas) horas de vácuo. Máximo 5 mmHg;
  - E) Após terminado o período de vácuo, deverá ser iniciado o enchimento de óleo. Completado o nível de óleo, o vácuo poderá ser quebrado;
  - F) Deixe o regulador em repouso por 12 horas antes de energizá-lo.

### 12.7.4 - Verificação do funcionamento do mecanismo de operação (com controle manual)

Notas:

1) Este procedimento é para reguladores com controle TB-R1000. Para localização das chaves do painel de controle e indicações do display, ver manual de instruções do controle TB-R1000 (EP-55166) item 2.0.

Para verificar o funcionamento do comutador deve-se seguir o procedimento abaixo:

- A) Alimentar o relé regulador / indicador digital de posições (alimentação normal ou externa).
  - B) Pressione a tecla Manual  / Automático até que a indicação de modo manual apareça no display “”. Pressione a tecla  para acessar o modo estático. Em seguida, pressione a tecla  ou  até que seja exibido o código 12, sub-código 00 (TAP atual). Pressione a tecla  “elevar TAP”. O valor da grandeza indicado será incrementado até um valor máximo igual a +16.
  - C) O mesmo procedimento deverá ser feito para abaixar TAP, porém ao invés de pressionar a tecla  “elevar TAP”, pressione  “abaixar TAP”. O valor da grandeza indicado será decrementado até um valor mínimo igual a -16.
- O Contador de operações incrementará de uma a cada alteração de TAP indicada no display, conferindo a operação do mecanismo.

### 12.7.5 - Equipamentos necessários à inspeção

#### 12.7.5.1 - Instrumentos

- A) Instrumento para testar a rigidez dielétrica do óleo;
- B) Aparelho para teste de relação de espiras;
- C) Volt-ohmímetro para calibração e teste do aparelho de comando;
- D) “Megger” para testes de isolamento;

### 13 - INSTRUÇÕES PARA COMUTADOR DE DERIVAÇÃO SOB CARGA

O comutador foi construído para suportar severas condições de operação, com um mínimo de manutenção. Todas as partes móveis do comutador que requerem lubrificação, incluindo o motor de acionamento são imersas no óleo. O motor não tem anéis coletores e nem escovas e todos os contatos das chaves são suficientemente resistentes. Aqueles destinados à interrupção de correntes são feitos de ligas de materiais altamente resistentes.

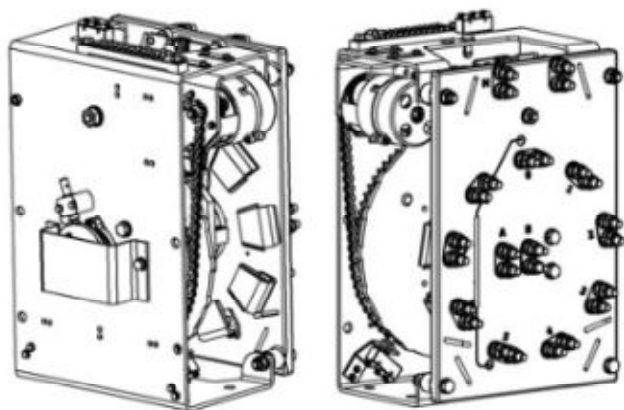
#### 13.1- Comutador de Derivação sob Carga Tipo CR-3B e CR-3C

##### 13.1.1 - Introdução

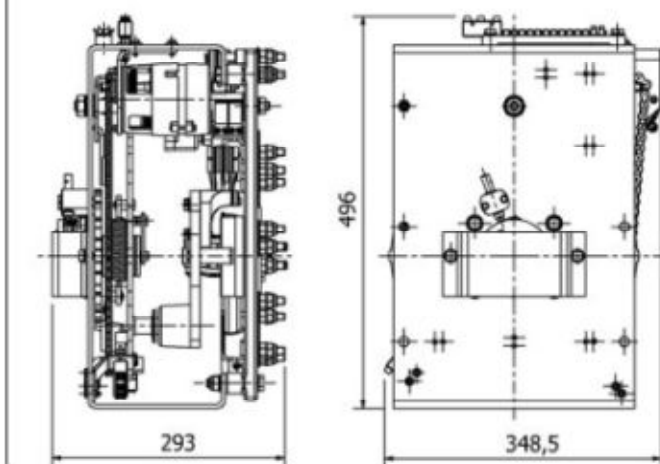
O comutador de derivações TOSHIBA se aplica a reguladores monofásicos do tipo REATOR, controlado e monitorado através do comando eletrônico TOSHIBA.

Comutador CR-3 B (50/60 Hz) - Desenho N2-4830017 G1/G2/G3/G4

Comutador CR-3 C (50/60 Hz) - Desenho N2-4830013 G1/G2/G3/G4

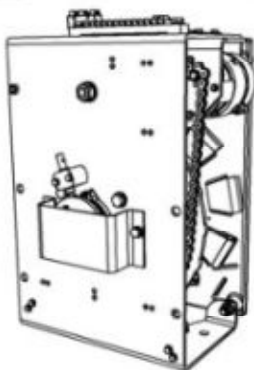


Dimensões externas em milímetros



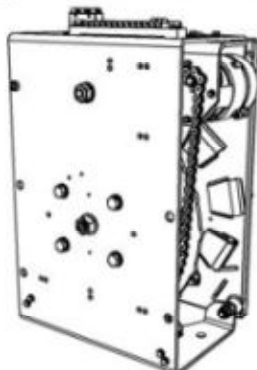
G1

Comutador com disco potenciométrico e com indicador externo TB-I900



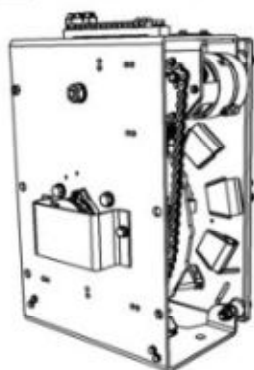
G2

Comutador sem disco potenciométrico e sem indicador externo TB-I900



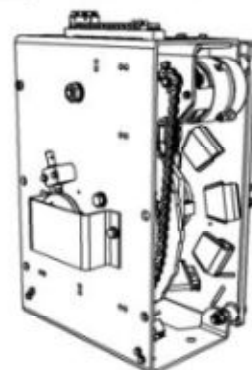
G3

Comutador com disco potenciométrico e sem indicador externo TB-I900



G4

Comutador sem disco potenciométrico e com indicador externo TB-I900



## 13.1.2 - Características

### 13.1.2.1 - Acionamento :

Os modelos CR são comutadores rotativos com acionamento através de molas que são carregadas por um acionador motorizado .

O mecanismo apresenta as seguintes características :

- \* Funcionamento simples, com poucas peças móveis, e muito seguro ;
- \* Comutação independente do motor (chain drive), o que garante que uma vez iniciado o deslocamento dos contatos móveis não há maneira de ser interrompido (a interrupção provocaria a erosão elétrica imediata dos contatos) ;
- \* Bloqueios através de batentes, que delimitam com absoluta segurança os campos permitidos aos contatos elétricos móveis ;
- \* O motor de acionamento elétrico com redutor reversível dimensionado para suportar todas as condições exigidas pelo comutador, tais como a permanência energizado e travado, por qualquer dos bloqueios mecânicos, sem danos. Caracteriza-se por movimentos suaves que minimizam a turbulência e a contaminação do óleo isolante, no qual trabalha totalmente imerso ,e, apesar disso, pode ainda ser utilizado, por períodos de no máximo 30 minutos, fora do óleo para testes, verificações e manutenções. O motor pode ser acionado com tensões de 90 a 140Vca em 60 Hz e proporciona corrente máxima de 0.8A (quando travado), e sua alimentação é feita conforme FIG. 54 .

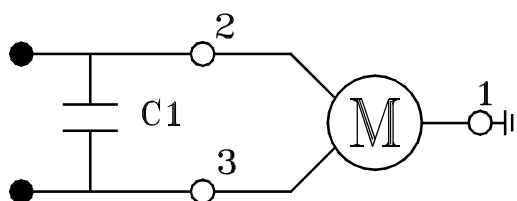


Figura 54 -Diagrama de ligação do motor

Onde :

M - Motor redutor de indução 0,14 CV - 102,87 W 127 V - 780 mA

C1 - Capacitor 10 micro faraday - 250V - 60 Hz / 16 micro faraday - 250V - 50 Hz

1 - Terminal de aterramento

2 - Terminal para fase (para elevar)

3 - terminal para fase (para abaixar)

OBS.: O Capacitor C1, não acompanha o conjunto do comutador e é instalado no interior da caixa de comando do regulador .

### 13.1.2.2 - Comutação :

O comutador CR dispõe de contatos para 8 tap's além do contato “by-pass” (posição nominal), dispostos de forma circular (conforme FIG. 55).

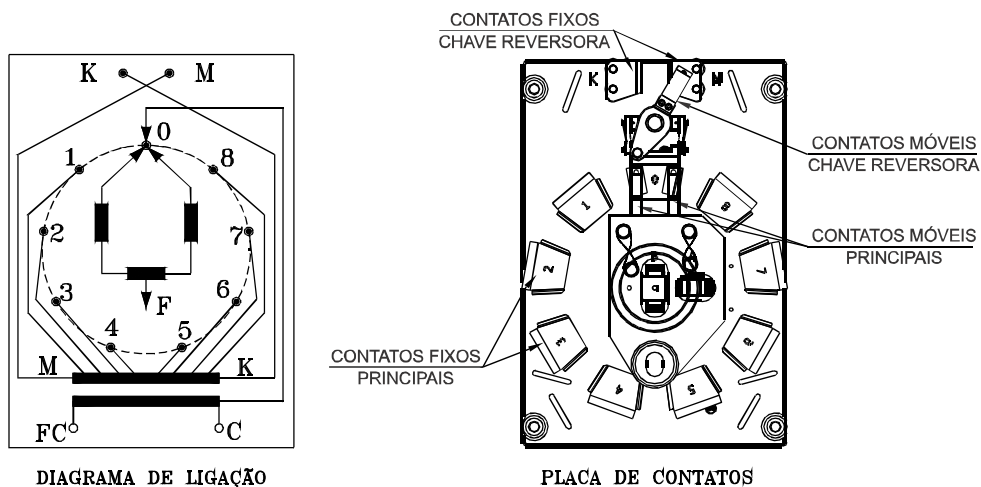


Figura 55 - Vista interna da placa de contatos (Posição nominal)

Dois contatos móveis, acionados um ao outro mecanicamente e independentes eletricamente, comutam-se entre estes contatos fixos em seqüência e um por vez, perfazendo um total de 16 posições além do “by-pass” (ou neutra / posição nominal).

As figuras 56, 57 e 58 demonstram as conexões para os tap's +1, +2 e +3.

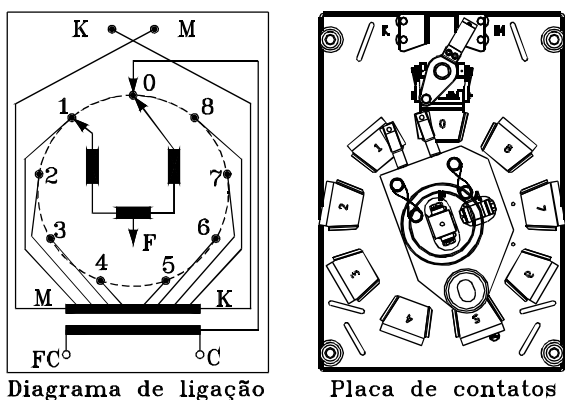


Figura 56 - Posição +1

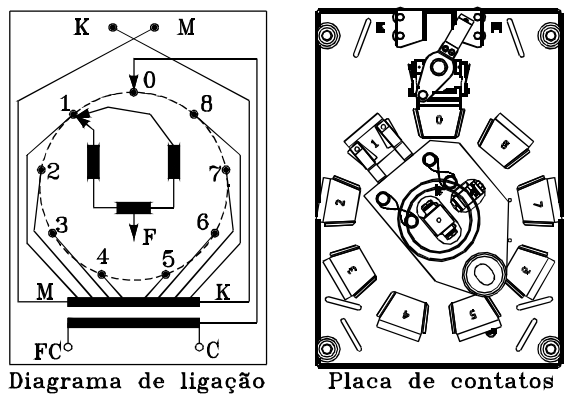


Figura 57 - Posição +2

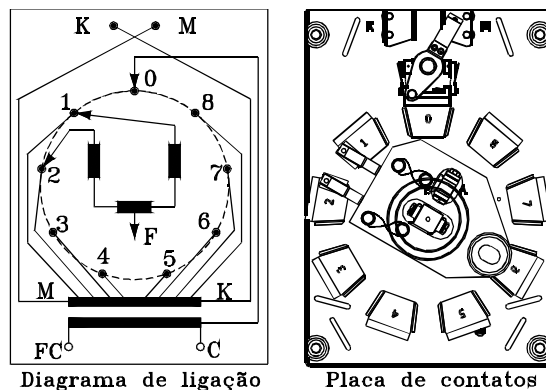


Figura 58 - Posição +3

Uma chave inversora de polaridade conectada ao contato by-pass, através de escovas, permite o câmbio entre as extremidades do enrolamento de “tap's” ampliando assim o número de posições em mais 16 pontos de tensão. Esta chave inversora só pode ser acionada quando os contatos A e B se encontram no contato by-pass, o que é garantido pelo mecanismo de acionamento que possui batente apropriado para esta condição .

As figuras 59, 60 e 61 mostram as posições -1, -2 e -3 respectivamente:

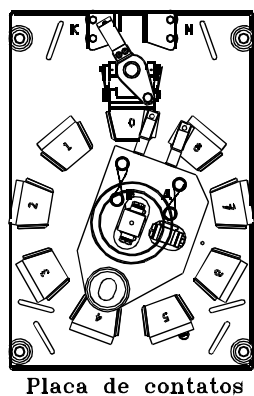
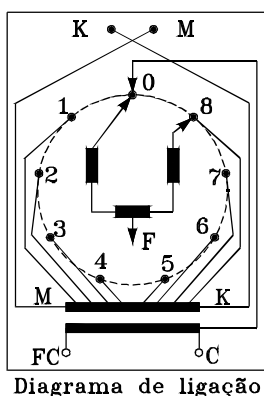


Figura 59 - Posição -1

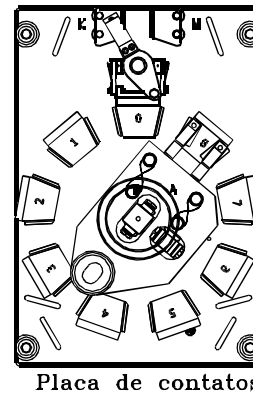
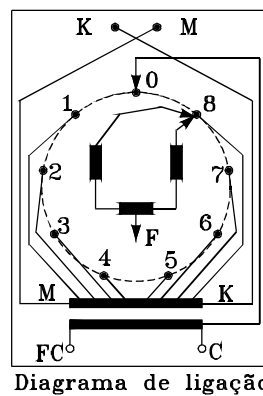


Figura 60 - Posição -2

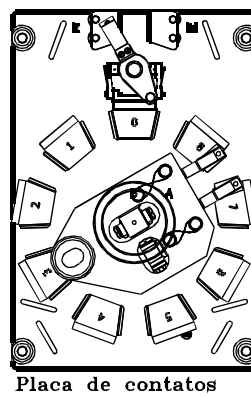
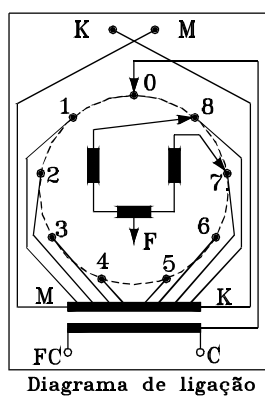


Figura 61 - Posição -3

### 13.1.3 - Indicação:

O comutador TOSHIBA possui um contato que fecha a cada operação do comutador, em qualquer dos sentidos, permitindo assim, através do contador de operação, monitorar a vida útil em n° de operações do comutador.

Opcionalmente a Toshiba também fornece o comutador com o sistema externo de indicação de posição do comutador, através de conexão física por um cabo flexível entre o indicador externo e o eixo de giro do comutador, sendo uma indicação segura e em tempo real, independente do regulador estar energizado.

### 13.1.4 - Diagrama geral do comutador

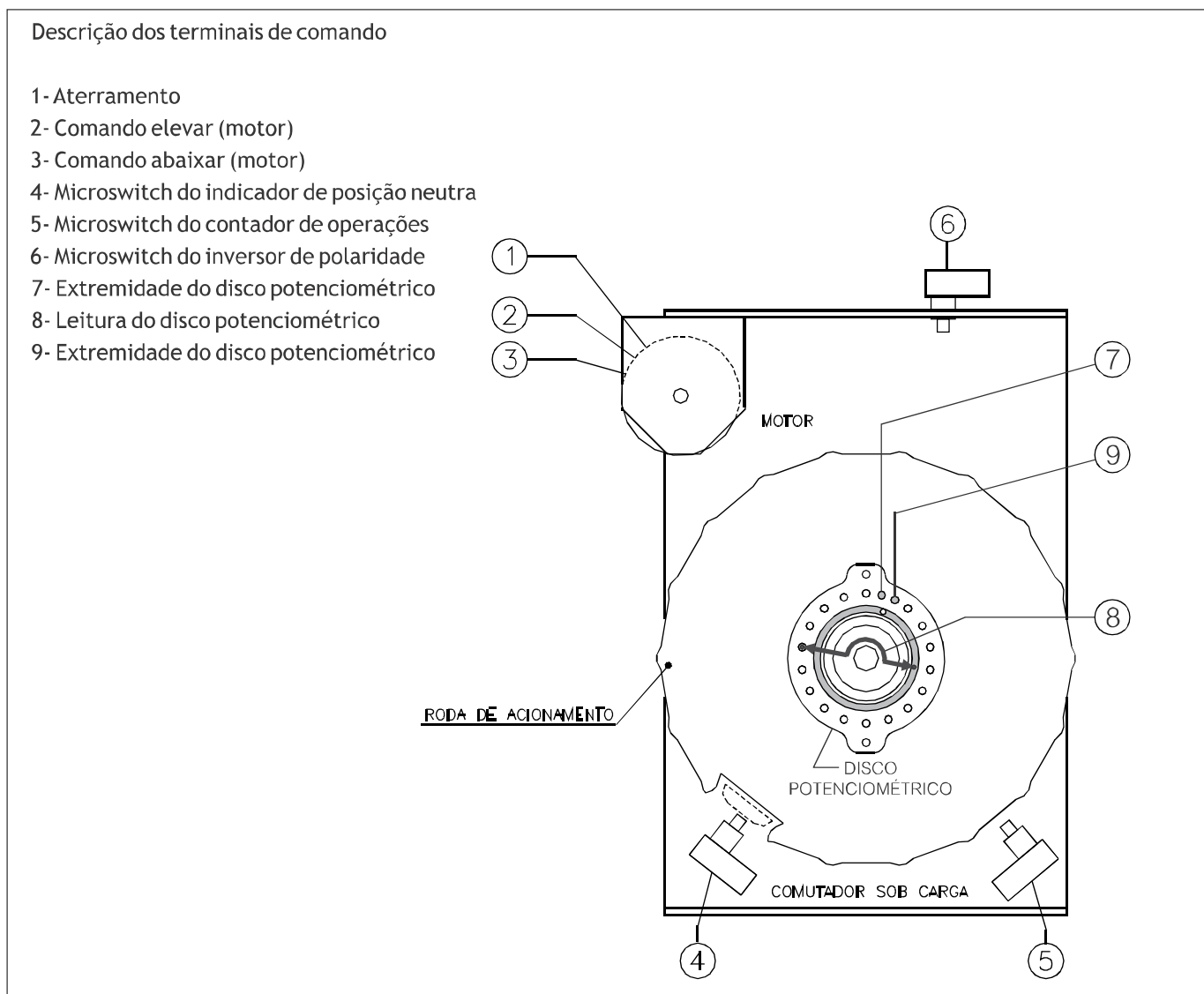


Figura 62 - Esquema elétrico do comutador

Obs.: A numeração dos terminais pode ser modificada em função da necessidade específica de cada regulador (ver diagrama geral do regulador).

### 13.1.5 - Manutenção

Os prazos de manutenção e os cuidados na montagem e inspeção dos comutadores tipo CR-3, com indicador mecânico externo ou com disco potenciométrico, devem obedecer aos mesmos critérios utilizados para os comutadores sem indicador mecânico externo ou sem disco potenciométrico.

Os comutadores TOSHIBA são dispositivos simples e de vida útil longa, contudo, são necessárias as seguintes inspeções :

FREQUÊNCIA (Nº de operações)	DESCRIÇÃO DE SERVIÇOS
A cada 150.000	- Substituição contatos fixos e móveis; - Verificação do mecanismo de operação
A cada 1.000.000	Revisão geral (desmontagem e substituição de peças com desgaste)



Medição da resistência de contato (contato fixo + contato móvel + eixo + anel coletor): Conectar os terminais do microhmímetro entre os terminais do eixo e do anel coletor. Efetuar medições nos tap's pares de 0 a +16. O valor de referência da resistência ôhmica para um comutador novo é de no máximo  $800\mu\Omega$ , por contato. Durante a vida útil do comutador ocorre um desgaste natural dos contatos, além de desalinhamento e folgas dos mecanismos móveis que provocam uma elevação gradual desta resistência ôhmica. O limite máximo de  $2.500\mu\Omega$  é considerado aceitável. Se o comutador atingir este valor antes do período indicado para manutenção / inspeção, o mesmo deverá ser retirado de serviço e inspecionado para avaliar a condição de operação. Se necessário, deverá ser realizada a troca dos contatos e/ou revisão das folgas dos mecanismos.

### EROSÃO DOS CONTATOS

A erosão dos contatos está em função de muitas variáveis tais como :

- \* Tensão de "Tap"
- \* Fator de potência
- \* Projeto da bobina de "tap's"
- \* Número de operações
- \* corrente de carga
- \* Projeto do reator
- \* Tempo de comutação
- \* Folgas dos mecanismos móveis e alinhamento dos contatos

Geralmente a erosão ocorre tal como mostra a figura.

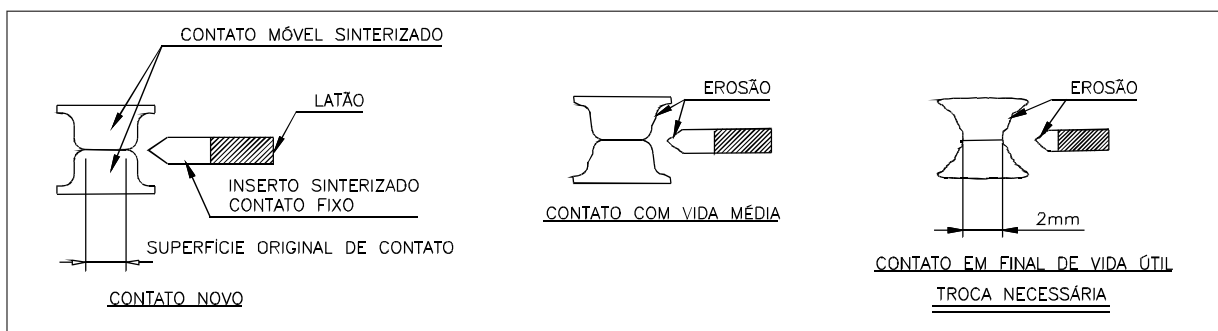


Figura 63 - Desgaste dos contatos móveis

OBS.:

1) Os contatos fixos têm menor desgaste que os contatos móveis, porém ao se efetuar a troca de um contato é recomendado a troca de todo o conjunto de contatos fixos, móveis e escovas. A troca parcial de contatos fixos, móveis ou escovas poderá provocar um desalinhamento acentuado do comutador, desgaste prematuro dos demais componentes móveis, além de gerar gaps (aberturas) nos alinhamentos dos contatos, elevando a resistência ôhmica do conjunto, podendo comprometer a elevação de temperatura dos contatos.

2) Em condições normais de alinhamento, pressão das pastilhas dos contatos móveis e desgastes dos contatos fixos e móveis, uma superfície com até 3mm de contato na pastilha do contato móvel é suficiente para manter o comutador em condições normais de operação, sem comprometer os limites de elevação de temperatura dos contatos. Um desgaste superior a este valor exige obrigatoriamente a troca do conjunto de contatos.

#### 13.1.6 - Cuidados durante a montagem

Todas as porcas que atuam sobre tirantes de latão devem ser torquedadas a 1.2 kgf.m ;

A corrente de acionamento deve ter folga mínima de 15 mm e máxima de 22 mm (medição conforme fig. 64);

Utilize sempre peças de reposição originais.

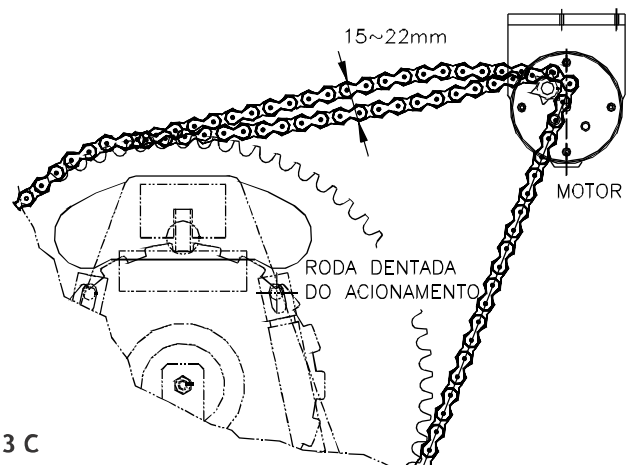


Figura 64

#### 13.1.7 - Vistas explodidas dos comutadores tipo CR-3 B e CR-3 C

Objetivo: Requisição e substituição de peças sobressalentes.

Vista explodida

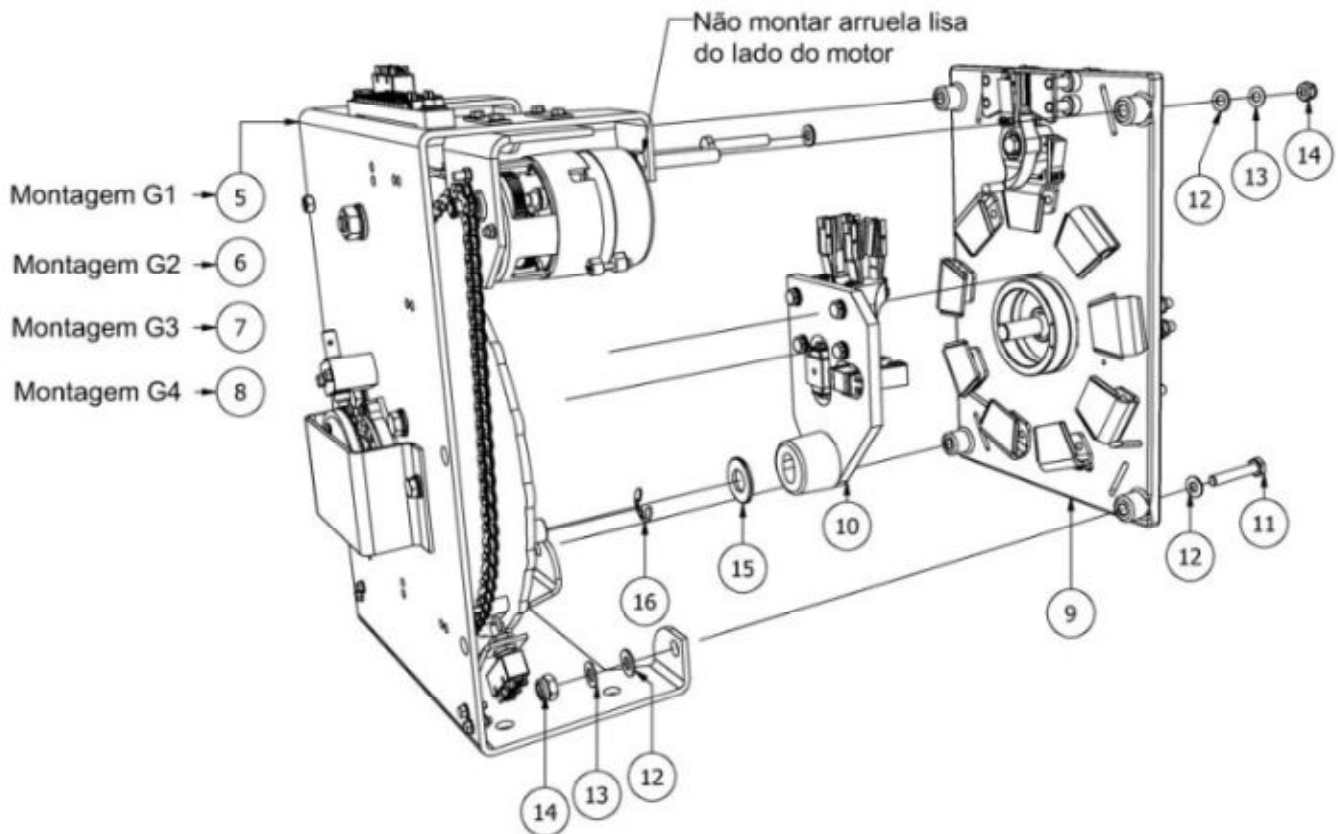
Comutador CR-3 B  
Desenho N2-4830017 G1/G2/G3/G4

G1) Com disco potenciométrico e com TB-I900

G2) Sem disco potenciométrico e sem TB-I900

G3) Com disco potenciométrico e sem TB-I900

G4) Sem disco potenciométrico e com TB-I900



No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Quantidade			
				G1	G2	G3	G4
1	MONTAGEM G1	COM disco potenc. e COM TB-I900		00			
2	MONTAGEM G2	SEM disco potenc. e SEM TB-I900			00		
3	MONTAGEM G3	COM disco potenc. e SEM TB-I900				00	
4	MONTAGEM G4	SEM disco potenc. e COM TB-I900					00
5	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G001		01			
6	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G002			01		
7	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G003				01	
8	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G004					01
9	PLACA DE CONTATOS FIXOS	N2-4830018G001		01	01	01	01
10	PLACA DE CONTATOS MÓVEIS	N3-4830004G001		01	01	01	01
11	6PF	N4-0410003P065	M10x65 F51	04	04	04	04
12	AL	N4-0440009P010	M10 F51	07	07	07	07
13	MOLA PRATO	N4-0440004P010	M10 (OLEADO)	04	04	04	01
14	PORCA AUTOTRAVANTE	N4-0430012P011	M10 PASSO 1,5	04	04	04	04
15	AL	N4-0440009P020	M20 F51	01	01	01	01
16	ANEL ELASTICO	N4-0440013P010		01	01	01	01

Lista de materiais  
Comutador CR-3 B (N2-4830017 G1/G2/G3/G4)

Vista explodida

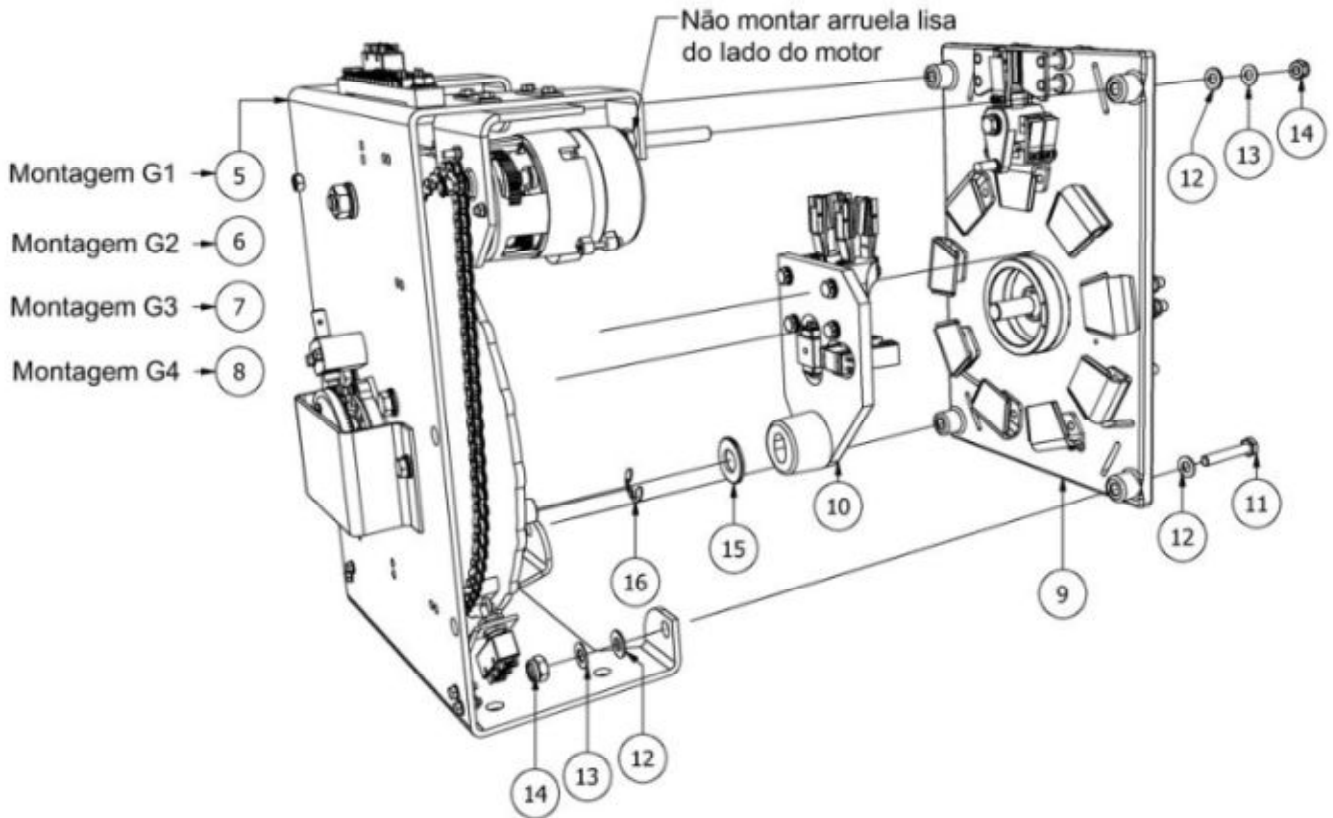
Comutador CR-3 C  
Desenho N2-4830013 G1/G2/G3/G4

G1) Com disco potenciômetro e com TB-I900

G2) Sem disco potenciômetro e sem TB-I900

G3) Com disco potenciômetro e sem TB-I900

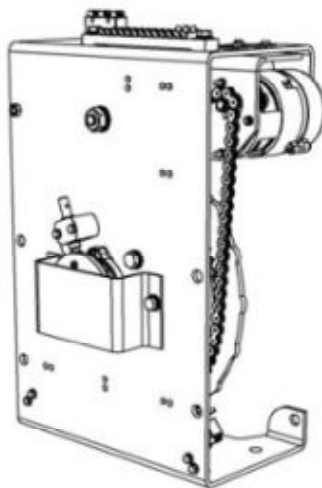
G4) Sem disco potenciômetro e com TB-I900



No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Quantidade			
				G1	G2	G3	G4
1	MONTAGEM G1	COM disco potenc. e COM TB-I900		00			
2	MONTAGEM G2	SEM disco potenc. e SEM TB-I900			00		
3	MONTAGEM G3	COM disco potenc. e SEM TB-I900				00	
4	MONTAGEM G4	SEM disco potenc. e COM TB-I900					00
5	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G001		01			
6	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G002			01		
7	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G003				01	
8	MONTAGEM DO MECANISMO	N2-4830014G004					01
9	PLACA DE CONTATOS FIXOS	N2-4830015G001		01	01	01	01
10	PLACA DE CONTATOS MÓVEIS	N3-4830004G001		01	01	01	01
11	6PF	N4-0410003P065	M10x65 F51	04	04	04	04
12	AL	N4-0440009P010	M10 F51	07	07	07	07
13	MOLA PRATO	N4-0440004P010	M10 (OLEADO)	04	04	04	01
14	PORCA AUTOTRAVANTE	N4-0430012P011	M10 PASSO 1,5	04	04	04	04
15	AL	N4-0440009P020	M20 F51	01	01	01	01
16	ANEL ELASTICO	N4-0440013P010		01	01	01	01

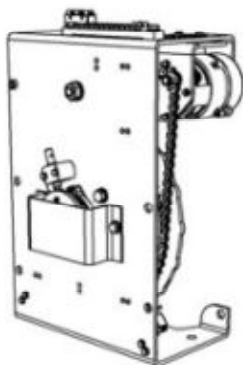
Lista de materiais  
Comutador CR-3 C (N2-4830013 G1/G2/G3/G4)

Montagem da placa de mecanismo para CR-3 B/C  
 Desenho N2-4830014 G1/G2/G3/G4



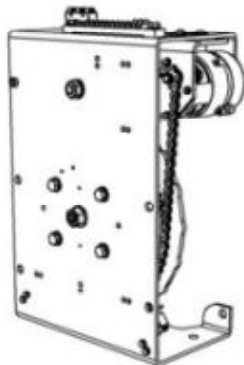
G1

Placa de mecanismo com disco potenciométrico e com indicador externo TB-I900



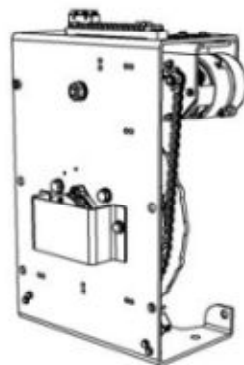
G2

Placa de mecanismo sem disco potenciométrico e sem indicador externo TB-I900



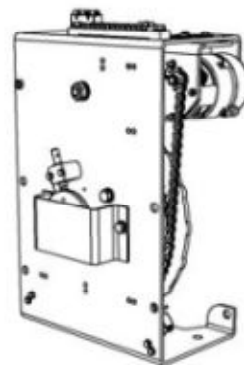
G3

Placa de mecanismo com disco potenciométrico e sem indicador externo TB-I900



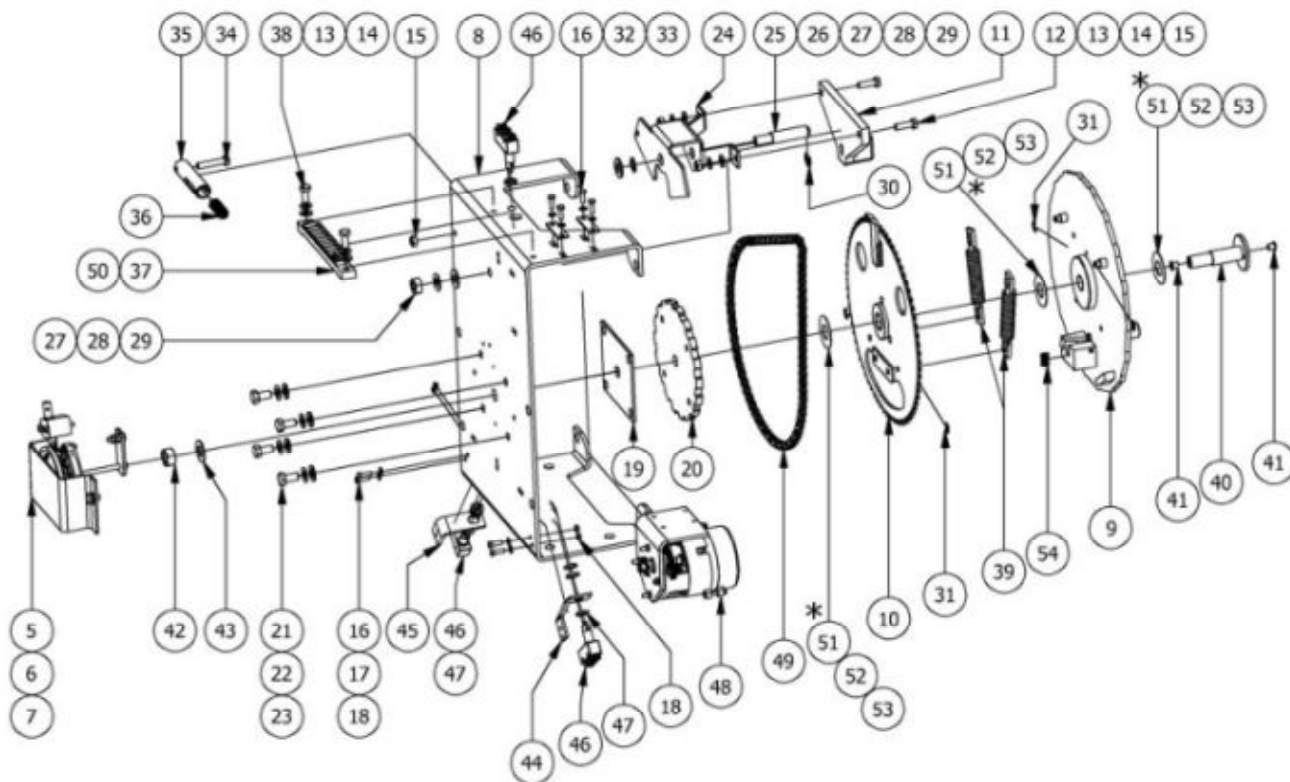
G4

Placa de mecanismo sem disco potenciométrico e com indicador externo TB-I900



Vista explodida

Montagem da placa de mecanismo para CR-3 B/C  
 Desenho N2-4830014 G1/G2/G3/G4



No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.			
				G1	G2	G3	G4
1	MONTAGEM G1	COM disco potenc. e COM TB-1900		00			
2	MONTAGEM G2	SEM disco potenc. e SEM TB-1900			00		
3	MONTAGEM G3	COM disco potenc. e SEM TB-1900				00	
4	MONTAGEM G4	SEM disco potenc. e COM TB-1900					00
5	MECANISMO IME	N2-4830016G001		01			
6	MECANISMO IME	N2-4830016G002				01	
7	MECANISMO IME	N2-4830016G003					01
8	PLACA DE MECANISMO	N3-4830009P001		01	01	01	01
9	PLACA DE ACIONAMENTO	N3-4830010G001		01	01	01	01
10	RODA DENTADA	N4-2830717G001		01	01	01	01
11	BRAÇO DE ACIONAMENTO	N4-0040181P001		01	01	01	01
12	6PF	N4-0410002P025	M8x25 F51	02	02	02	02
13	ARRUELA LISA	N4-0440009P008	M8 F51	04	04	04	04
14	MOLA PRATO	N4-0440004P008	M8 (OLEADO)	04	04	04	04
15	6PR	N4-0430001P008	M8 F51	03	03	03	03
16	6PF	N4-0410072P016	M5x16 F51	08	08	08	08
17	ARRUELA LISA	N4-0440009P005	M5 F51	04	04	04	04
18	6PR	N4-0430001P005	M5 F51	04	04	04	04
19	ESPAÇADOR DISCO POSIÇÃO	N4-2830718P001		01	01	01	01
20	DISCO DE POSIÇÕES	N3-2830179P001		01	01	01	01
21	6PF	N4-0410003P020	M10x20 F51	04	04	04	04
22	ARRUELA LISA	N4-0440009P010	M10 F51	04	04	04	04
23	MOLA PRATO	N4-0440004P010	M10 (OLEADO)	04	04	04	04
24	BRAÇO CHAVE INVERSORA	N3-2830204G001		01	01	01	01
25	EIXO CHAVE INVERSORA	N4-2830246P001		01	01	01	01
26	ESPAÇADOR CHAVE INVER.	N4-2830244P001		01	01	01	01
27	ARRUELA LISA	N4-0440009P012	M12 F51	02	02	02	02
28	MOLA PRATO	N4-0440004P012	M12 (OLEADO)	01	01	01	01
29	6PR	N4-0430001P012	M12 F51	01	01	01	01
30	ANEL ELÁSTICO	N4-0440013P008		01	01	01	01
31	ANEL ELÁSTICO	N4-0440013P005		04	04	04	04
32	MOLA PRATO	N4-0440004P004	M5 (OLEADO)	04	04	04	04
33	CHAPA DE APOIO	N4-2830275P001		02	02	02	02
34	6PF	N4-0410002P040	M8x40 F51	01	01	01	01
35	TUBO DE ACIONAMENTO	N4-2830030P001		01	01	01	01
36	MOLA	N4-0220068P001		01	01	01	01
37	MONT. RÉGUA CONECTORA	N4-2830722G001		01	01	01	01
38	6PF	N4-0410002P020	M8x20 F51	02	02	02	02
39	MOLA DE ACIONAMENTO	N4-2830183G001		02	02	02	02
40	EIXO CENTRAL DO MECANIS.	N4-2830724P001		01	01	01	01
41	BUCHA CO FLANGE	N4-0500020P001		02	02	02	02
42	6PR	N4-0430001P016	M16 F51	01	01	01	01
43	MOLA PRATO	N4-0440004P016	M16 (OLEADO)	01	01	01	01
44	SUORTE P/ MICROSWITCH	N4-2830776P001		01	01	01	01
45	SUORTE P/ MICROSWITCH	N4-2830778P001		01	01	01	01
46	MICROSWITCH	N4-0910198P001		03	03	03	03
47	PORCA P/ MICROSWITCH	N4-0430037P001		02	02	02	02
48	MOTOR	N2-0900022G001		01	01	01	01
49	CORRENTE	N4-0200043P001		01	01	01	01
50	FIANÇA	N3-2830205G001		01	01	01	01
* 51	ESPAÇADOR 0,8	N4-2830730P003		02	02	02	02
* 52	ESPAÇADOR E1,0	N4-2830730P004		02	02	02	02
* 53	ESPAÇADOR E0,4	N4-2830730P006		02	02	02	02
54	MOLA DO GATILHO	N4-0220013P001		01	01	01	01

\*

A colocação das peças P51, P52 e P53 depende diretamente de ajustes durante a montagem. As quantidades de peças utilizadas podem variar em relação ao indicado na lista de materiais e devem permitir que o mecanismo rode livremente. A folga total do mecanismo deve ser igual ou maior que 0,2mm e menor ou igual a 0,3mm.

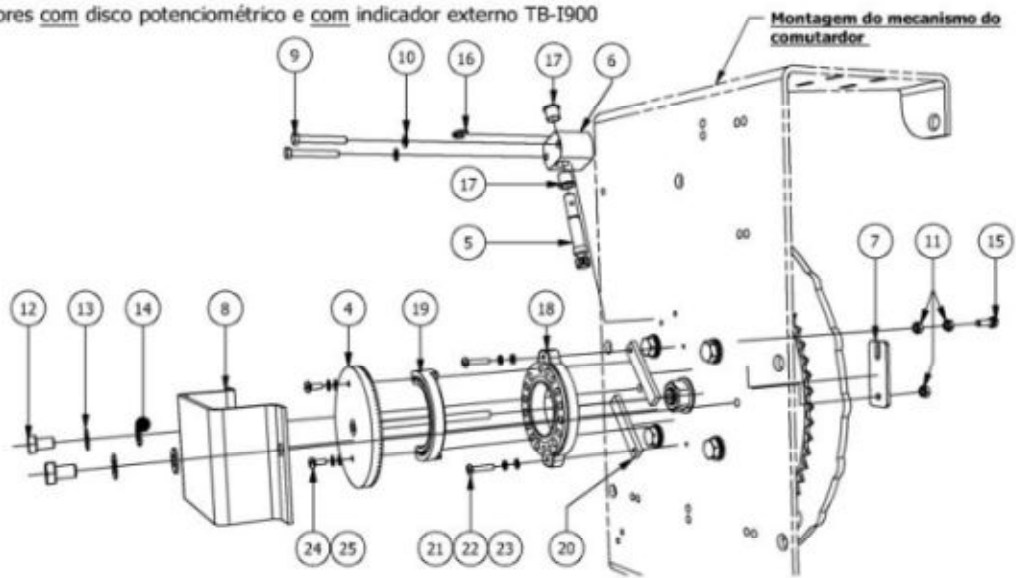
Lista de materiais

Montagem da placa de mecanismo para CR-3 B/C (N2-4830014 G1/G2/G3/G4)

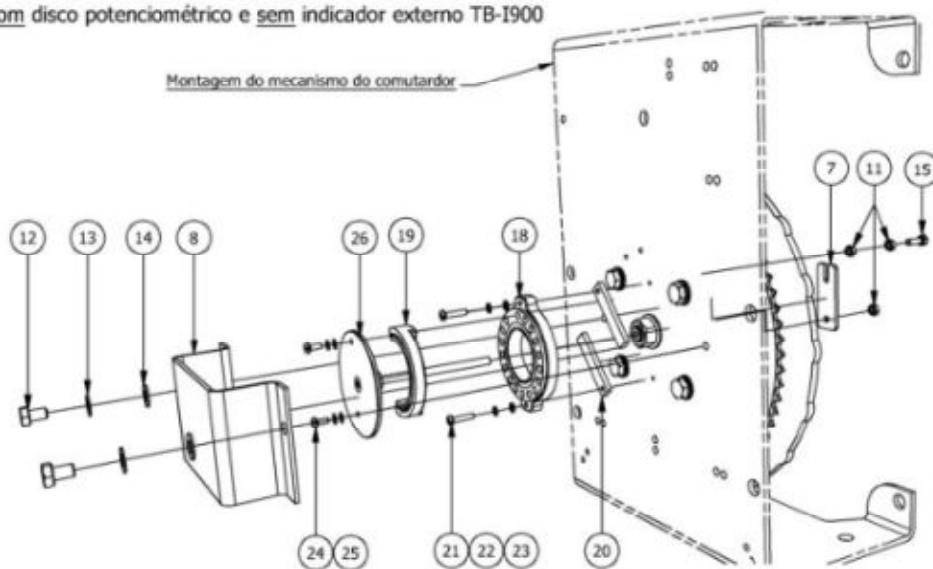
Vista explodida

Mecanismo de indicação de posições para comutadores CR-3 B/C  
Desenho N2-4830016 G1/G2/G3

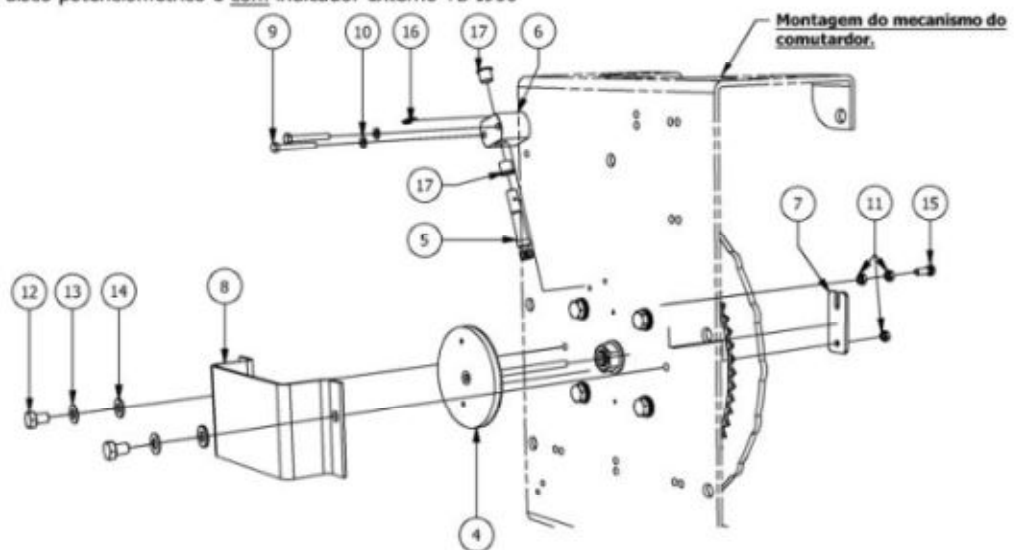
G1 Comutadores com disco potenciométrico e com indicador externo TB-I900



G2 Comutadores com disco potenciométrico e sem indicador externo TB-I900



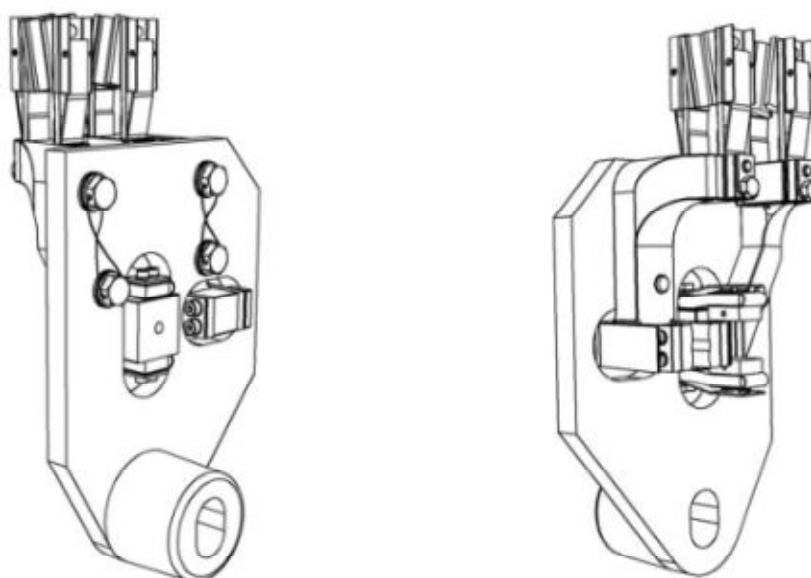
G3 Comutadores sem disco potenciométrico e com indicador externo TB-I900



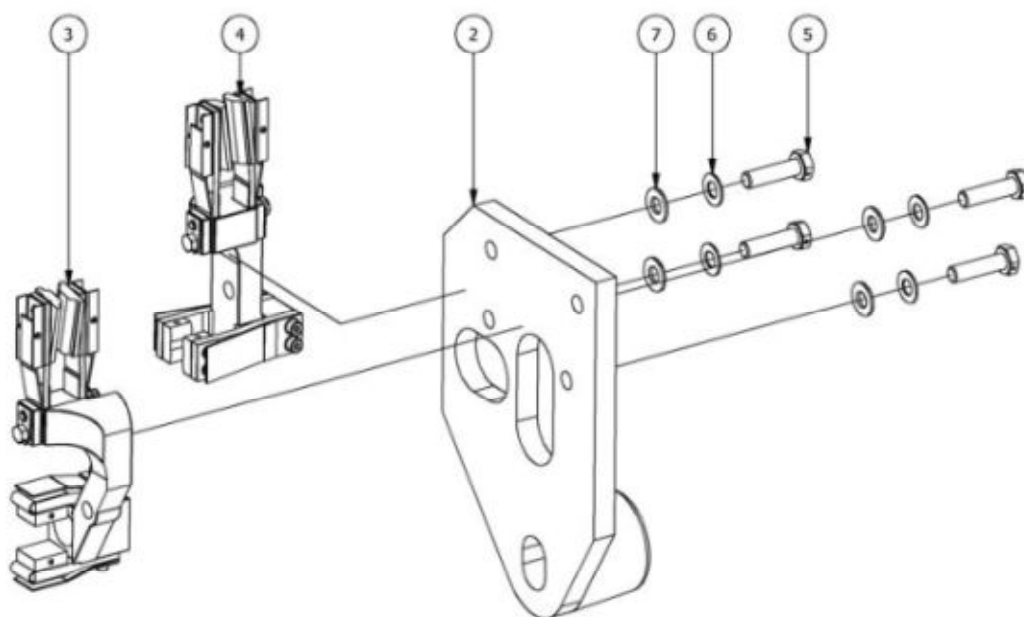
No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.		
				G1	G2	G3
1	MONTAGEM G1	COM disco potenc. e COM TB-1900		00		
2	MONTAGEM G2	COM disco potenc. e SEM TB-1900			00	
3	MONTAGEM G3	SEM disco potenc. e COM TB-1900				00
4	CONJ. ENG. MOTORA	N2-0200005P001		01		01
5	ENGRENAGEM MOVIDA	N2-0200005P002		01		01
6	MANCAL	N4-0200229P001		01		01
7	TRAVAMENTO	N4-2830265P001		01	01	01
8	PROTEÇÃO	N4-4830002P001		01	01	01
9	6PF	N4-0410058P040	M5x40	02		02
10	MOLA PRATO	N4-0440004P005	M5	02		02
11	6PR	N4-0430001P006	M6 F51	03	03	03
12	6PF	N4-0410022P012	M8x12	02	02	02
13	MOLA PRATO	N4-0440004P008	M8 (OLEADO)	02	02	02
14	AL	N4-0440009P008	M8 F51	02	02	02
15	6PF	N4-0410001P020	M6x20 F51	01	01	01
16	ANEL ELÁSTICO	N4-0440013P005		01		01
17	BUCHA COM FLANGE	N4-0500018P001		02		02
18	DISCO POTENCIOMÉTRICO	N3-4830017P001		01	01	
19	ROTOR	N3-4830017P002		01	01	
20	CALÇO	N4-0040471P001		02	02	
21	APF	N4-0410038P020	M4x20	02	02	
22	AP	N4-0440003P004	M4	02	02	
23	AL	N4-0440008P004	M4	02	02	
24	APF	N4-0410038P010	M4x10	02	02	
25	MOLA PRATO	N4-0440004P004	M4 (OLEADO)	04	04	
26	SUPORTE DO ROTOR	N3-0200072P001			01	

Lista de materiais

Mecanismo de indicação de posições para comutadores CR-3 B/C (N2-4830016 G1/G2/G3)



Vista explodida



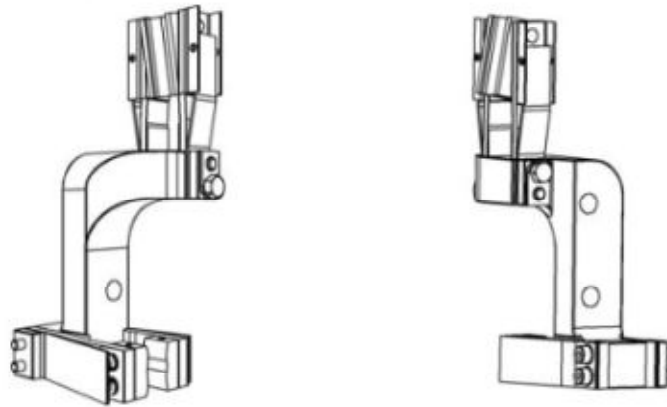
No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			00
2	BRAÇO	N4-0040180P001		01
3	CONTATO MÓVEL DO EIXO	N3-4830006G001		01
4	CONTATO MÓVEL DO ANEL	N3-4830005G001		01
5	PARAF. TRAVAMENTO	N4-2830291P001		04
6	AL	N4-0440009P008	M8 F51	04
7	MOLA PRATO	N4-0440004P008	M8 (OLEADA)	04

Lista de materiais  
 Placa de contatos móveis para comutadores CR-3 B/C ( N3-4830004 G1)

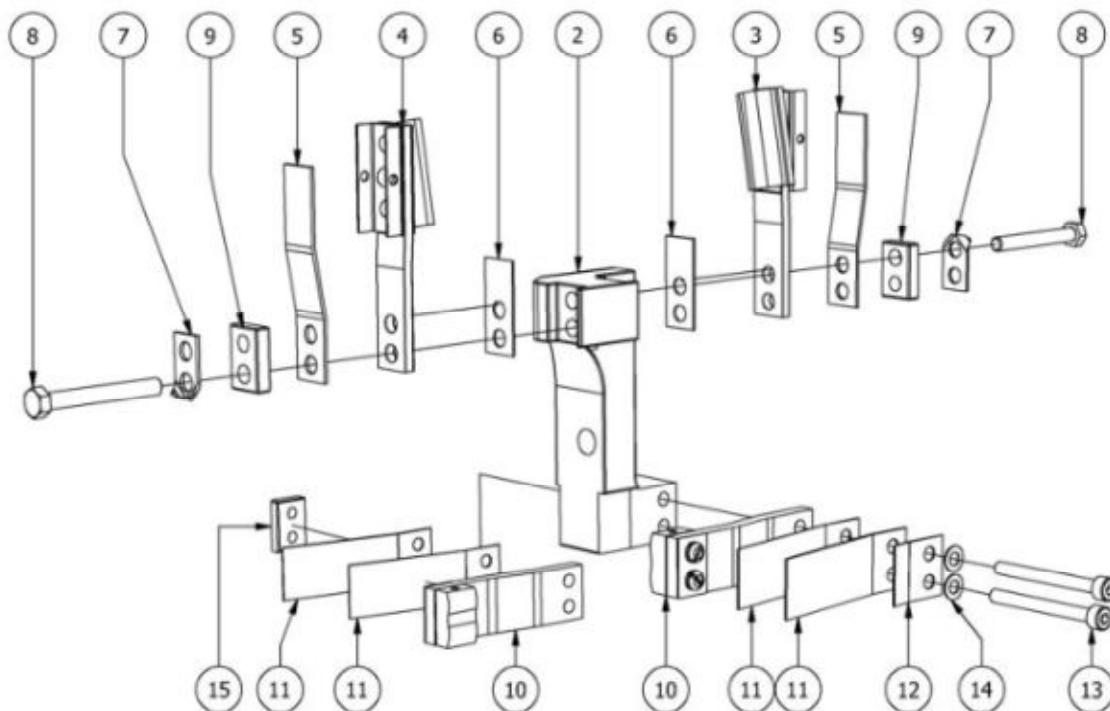


Contato móvel do anel para comutadores CR-3 B/C

Desenho N3-4830005 G1



Vista explodida



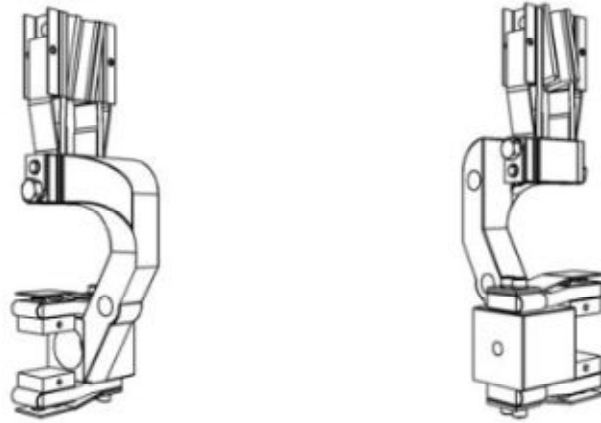
No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			00
2	SUORTE	N3-2830050P001		01
3	CONTATO	N4-2830160G002		01
4	CONTATO	N4-2830160G001		01
5	MOLA DE LÂMINA	N4-4830022P001		02
6	CHAPA	N4-2830156P001		02
7	ARRUELA DETRAVAMENTO	N4-2830731P001		01
8	6PF	N4-0410058P040	M5x40	02
9	FIXADOR	N4-2830731P002		02
10	ESCOVA DO ANEL	N3-4830019G004		02
11	MOLA DE LÂMINA	N4-2830214P004		04
12	CHAPA	N4-4830022P003		01
13	PARAFUSO ALLEN	N4-0410095P040	M5x40	02
14	MOLA PRATO	N4-0440004P005	M5 (OLEADO)	02
15	FIXADOR	N4-2830035P001		01

Lista de materiais

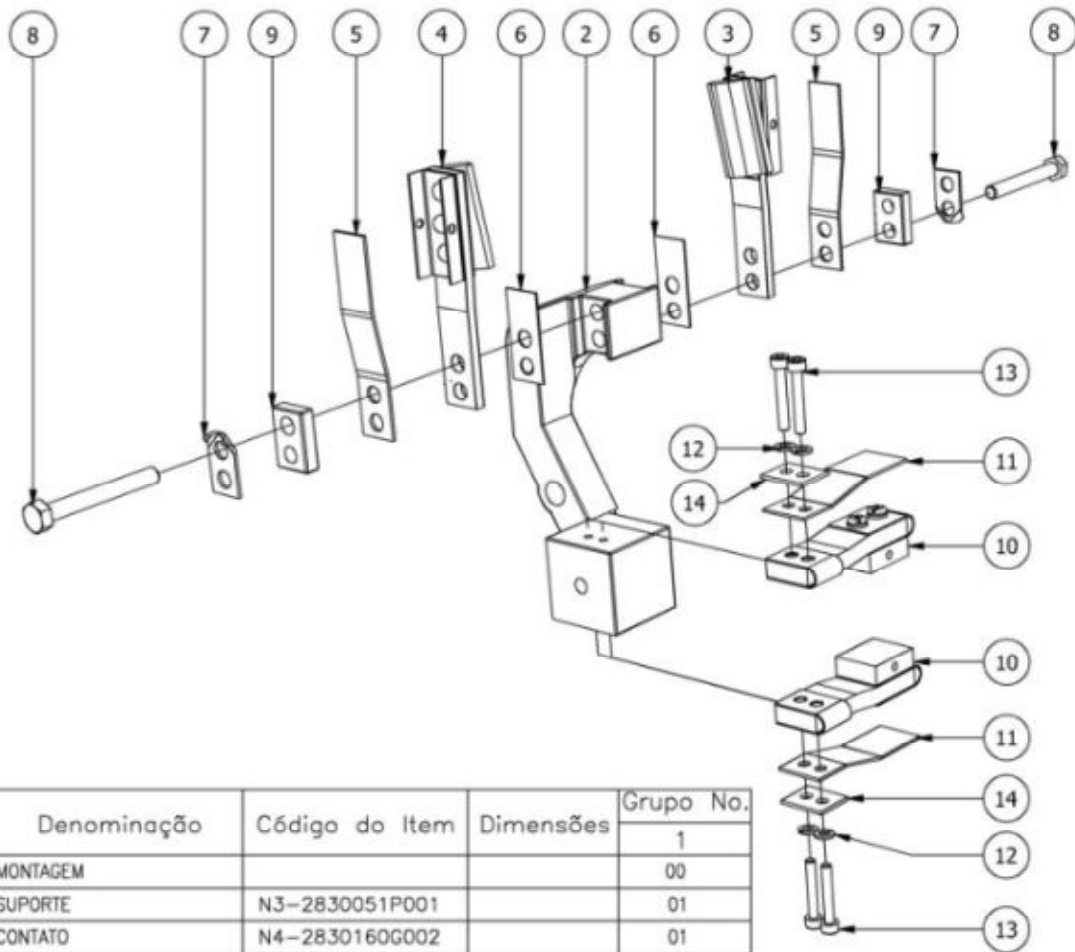
Contato móvel do anel para comutadores CR-3 B/C (Desenho N3-4830005 G1)

Contato móvel do eixo para comutadores CR-3 B/C

Desenho N3-4830006 G1



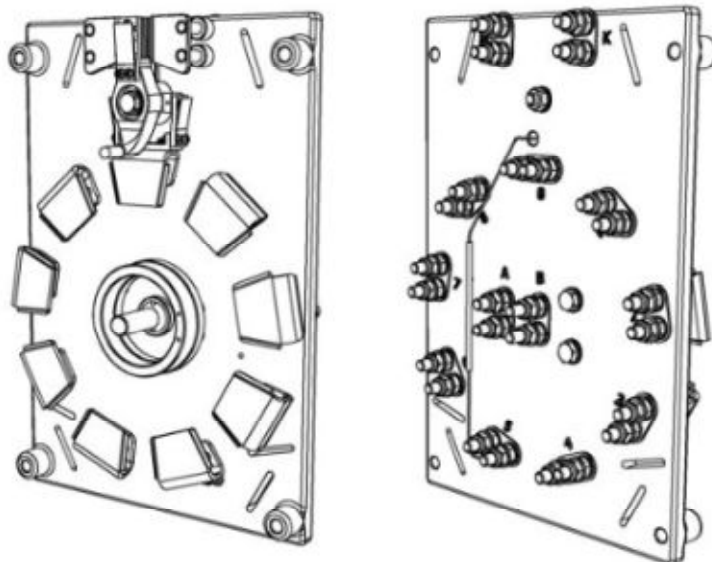
Vista explodida



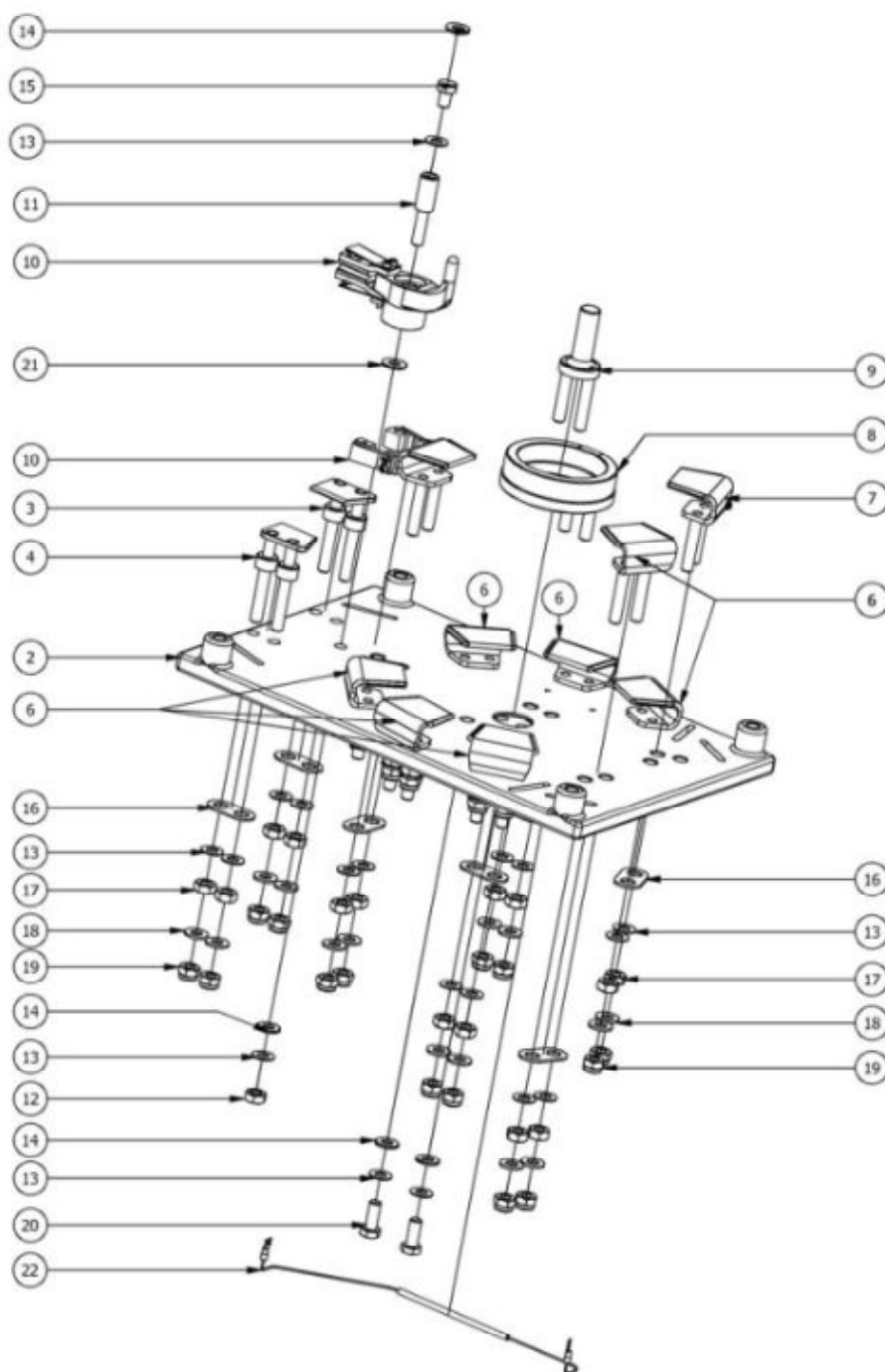
No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
1	MONTAGEM			1
2	SUPORTE	N3-2830051P001		01
3	CONTATO	N4-2830160G002		01
4	CONTATO	N4-2830160G001		01
5	MOLA DE LÂMINA	N4-4830022P001		02
6	CHAPA	N4-2830156P001		02
7	ARRUELA DETRAVAMENTO	N4-2830731P001		02
8	6PF	N4-0410058P040	M5x40	02
9	FIXADOR	N4-2830731P002		02
10	ESCOVA DO EIXO	N3-4830019G003		02
11	MOLA DE LÂMINA	N4-4830022P002		02
12	ARRUELA DE PRESSÃO	N4-0440003P003	M3	04
13	PARAFUSO ALLEN	N4-0410073P020	M3x20	04
14	CHAPA	N4-2830227P002		02

Lista de materiais

Contato móvel do eixo para comutadores CR-3 B/C (Desenho N3-4830006 G1)

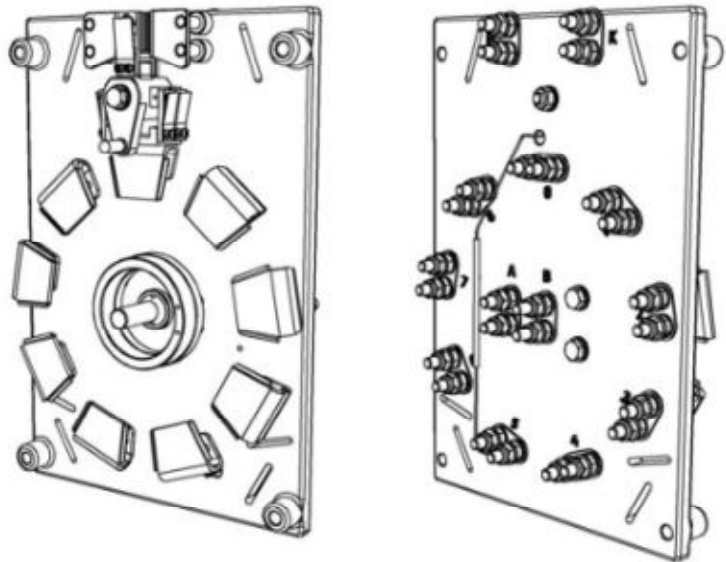


Vista explodida

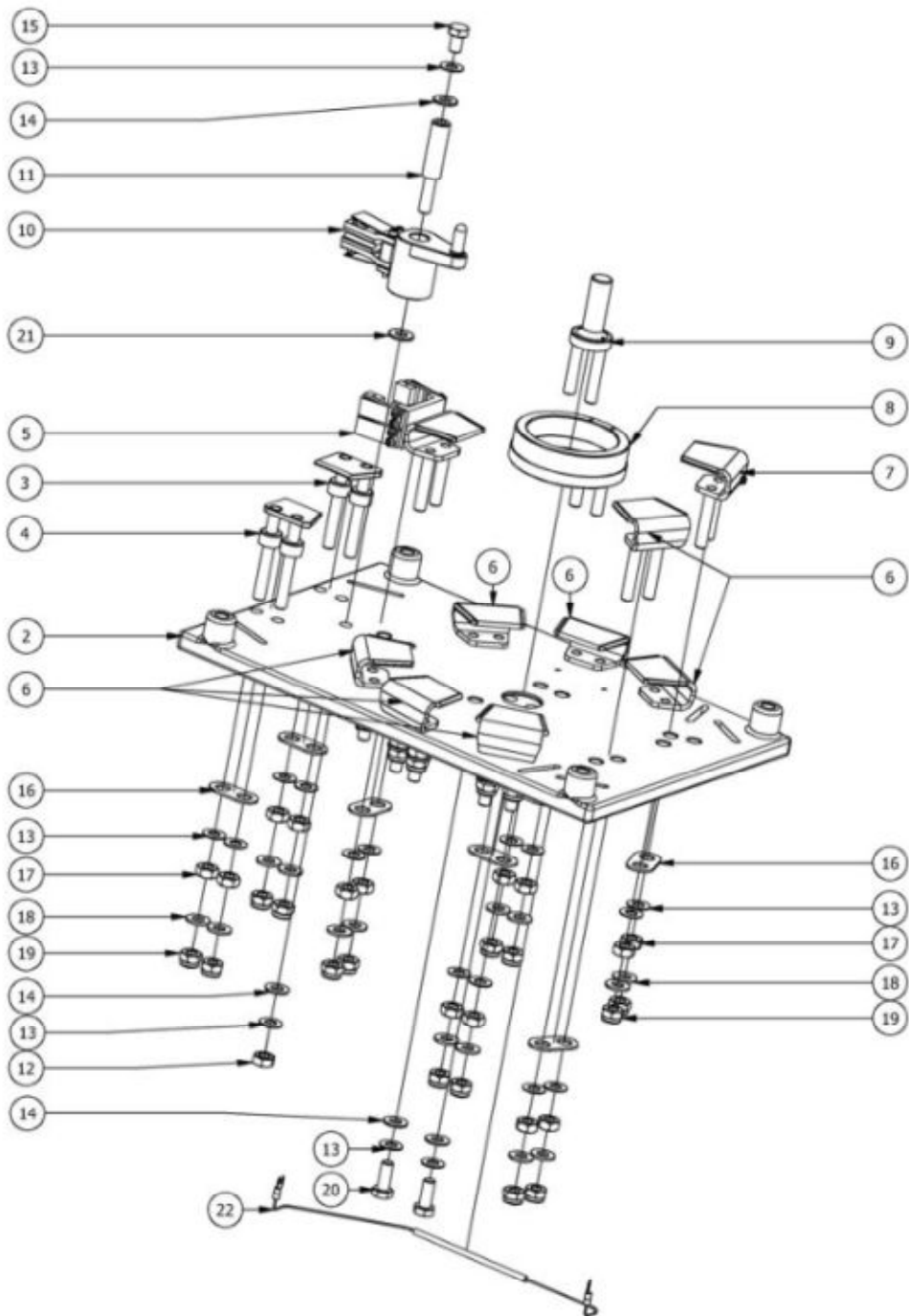


No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			
2	PAINEL ISOLANTE	N2-0040003P001		01
3	CONTATO FIXO INVERSÃO M	N2-0200007P001		01
4	CONTATO FIXO INVERSÃO K	N2-0200007P002		01
5	MONT. CONT. FIXO NOMINAL	N3-4830022G001		01
6	CONTATO FIXO PRINCIPAL	N3-0900008G002		07
7	MONT.CONT.FIXO POS. 5	N4-4830020G001		07
8	ANEL COLETOR	N4-4830018G001		07
9	MONTAGEM DO EIXO	N4-4830019G001		01
10	MONT. SUPORTE CONTATO	N3-4830024G001		01
11	EIXO	N4-4830024P001		01
12	6PR	N4-0430001P010	M10 x 1,5 F51	01
13	MOLA PRATO	N4-0440004P010	(M10)	30
14	ARRUELA LISA	N4-0440009P010	(M10) F51	04
15	6PF	N4-0410003P016	M10 x 16 F51	01
16	CHAPA DE CONEXÃO	N4-2830234P001		13
17	6PR	N4-2830231P001	M10 x 1,25	26
18	ARRUELA LISA	N4-0440010P010	(M10)	26
19	PORCA AUTOTRAV.	N4-0430012P010	M10 x 1,25	26
20	6PF	N4-0410003P025	M10 x 25 F51	02
21	ARRUELA DE LATÃO	N4-4830027P001		01
22	RESISTOR	N4-2830679G001		01

Lista de materiais  
Placa de contatos fixos do comutador CR-3 B (N2-4830018 G1)

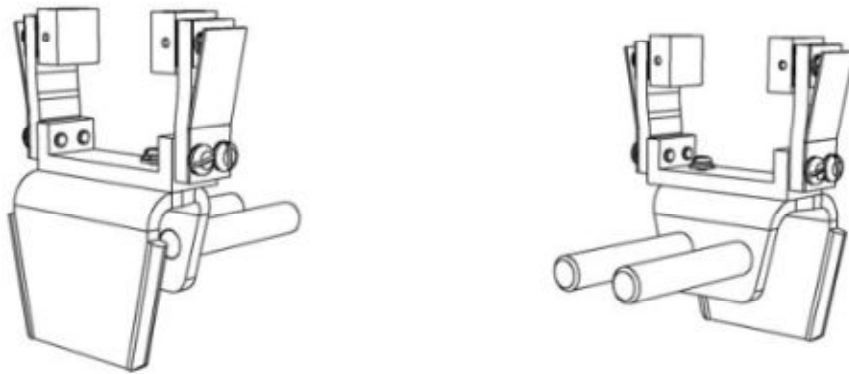


Vista explodida

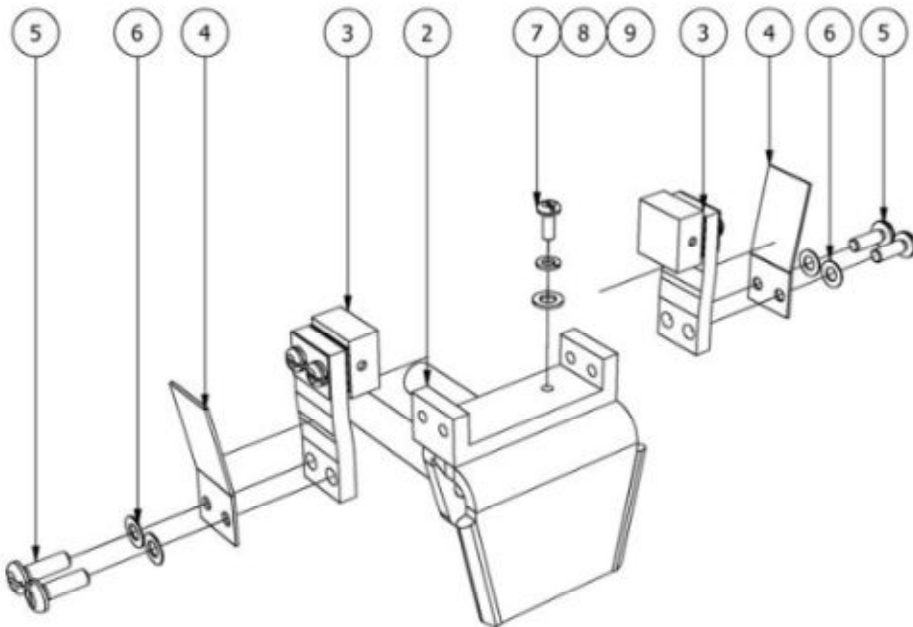


No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			
2	PAINEL ISOLANTE	N2-0040003P001		01
3	CONTATO FIXO INVERSÃO M	N2-0200007P001		01
4	CONTATO FIXO INVERSÃO K	N2-0200007P002		01
5	MONT. CONT. FIXO NOMINAL	N3-4830018G001		01
6	CONTATO FIXO PRINCIPAL	N3-0900008G002		07
7	MONT.CONT.FIXO POS. 5	N4-4830020G001		07
8	ANEL COLETOR	N4-4830018G001		07
9	MONTAGEM DO EIXO	N4-4830019G001		01
10	MONT. SUPORTE CONTATO	N3-4830021G001		01
11	EIXO	N4-4830021P001		01
12	6PR	N4-0430001P010	M10 x 1,5 F51	01
13	MOLA PRATO	N4-0440004P010	(M10)	30
14	ARRUELA LISA	N4-0440009P010	(M10) F51	04
15	6PF	N4-0410003P016	M10 x 16 F51	01
16	CHAPA DE CONEXÃO	N4-2830234P001		13
17	6PR	N4-2830231P001	M10 x 1,25	26
18	ARRUELA LISA	N4-0440010P010	(M10)	26
19	PORCA AUTOTRAV.	N4-0430012P010	M10 x 1,25	26
20	6PF	N4-0410003P025	M10 x 25 F51	02
21	ARRUELA DE LATÃO	N4-4830027P001		01
22	RESISTOR	N4-2830679G001		01

Lista de materiais  
Placa de contatos fixos do comutador CR-3 C (N2-4830015 G1)



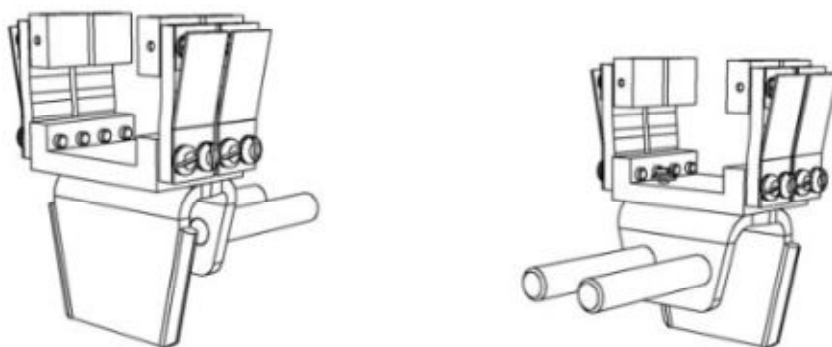
Vista explodida



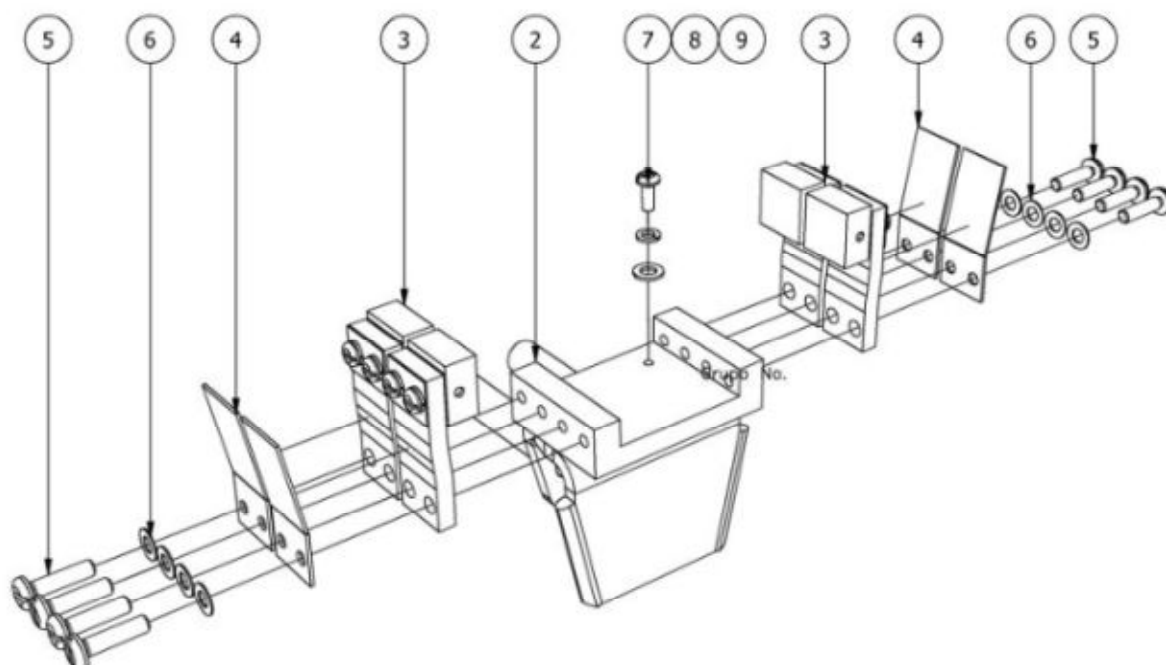
No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			00
2	CONTATO FIXO	N3-0900007G001		01
3	ESCOVA	N3-4830019G005		02
4	MOLA DE LÂMINA	N4-2830214P002		02
5	APF	N4-0410038P012	M4x12	04
6	MOLA PRATO	N4-0440004P004	M4 (OLEADO)	04
7	APF	N4-0410037P008	M3x8	01
8	AP	N4-0440003P003	M3	01
9	AL	N4-0440008P003	M3	01

Lista de materiais  
 Contato fixo nominal para comutador CR-3 B  
 Desenho N3-4830022 G1

Contato fixo nominal para comutador CR-3 C (Escovas duplas)  
 Desenho N3-4830018 G1



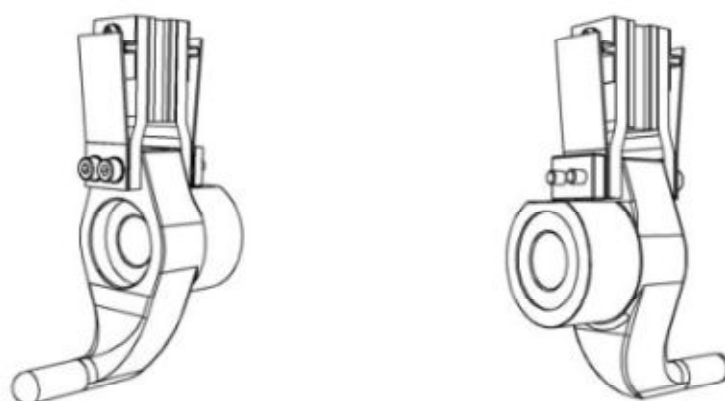
Vista explodida



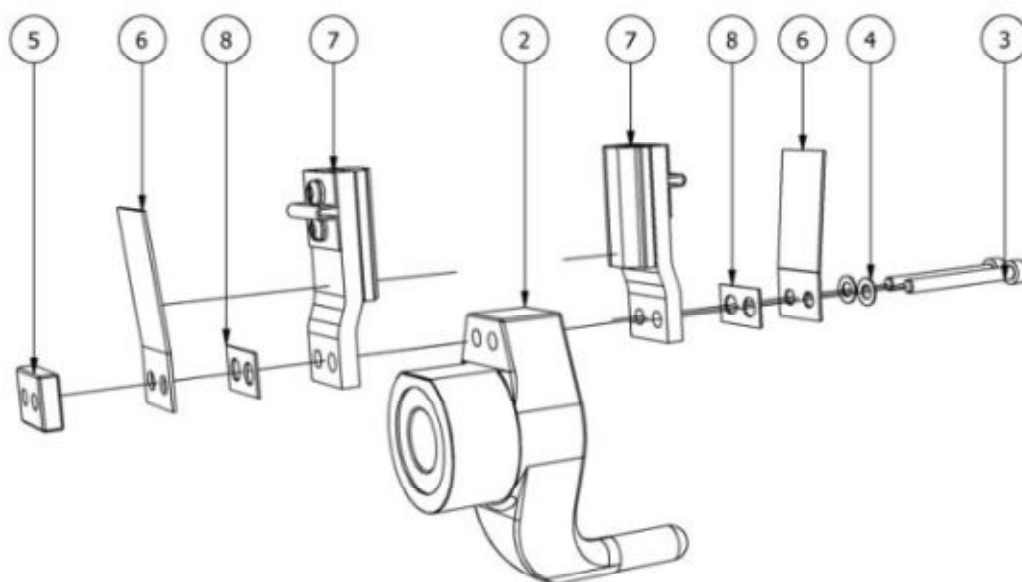
No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
1	MONTAGEM			1
2	CONTATO FIXO	N3-0200073G001		00
3	ESCOVA	N3-4830019G001		01
4	MOLA DE LÂMINA	N4-2830214P002		04
5	APF	N4-0410038P016	M4x16	08
6	MOLA PRATO	N4-0440004P004	M4 (OLEADO)	08
7	APF	N4-0410037P008	M3x8	01
8	AP	N4-0440003P003	M3	01
9	AL	N4-0440008P003	M3	01

Lista de materiais  
 Contato fixo nominal para comutador CR-3 C (Escovas duplas)  
 Desenho N3-4830018 G1



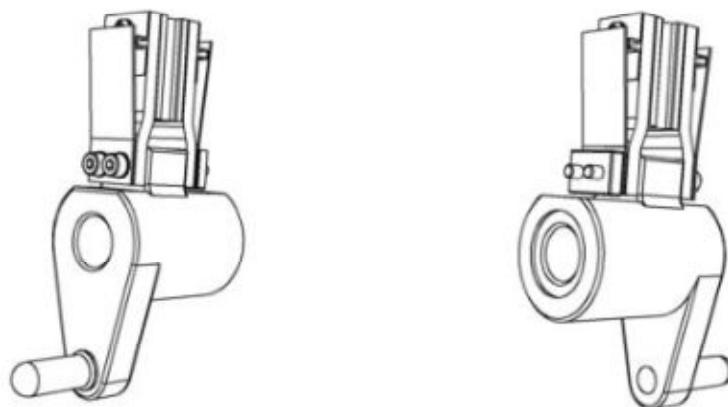


Vista explodida

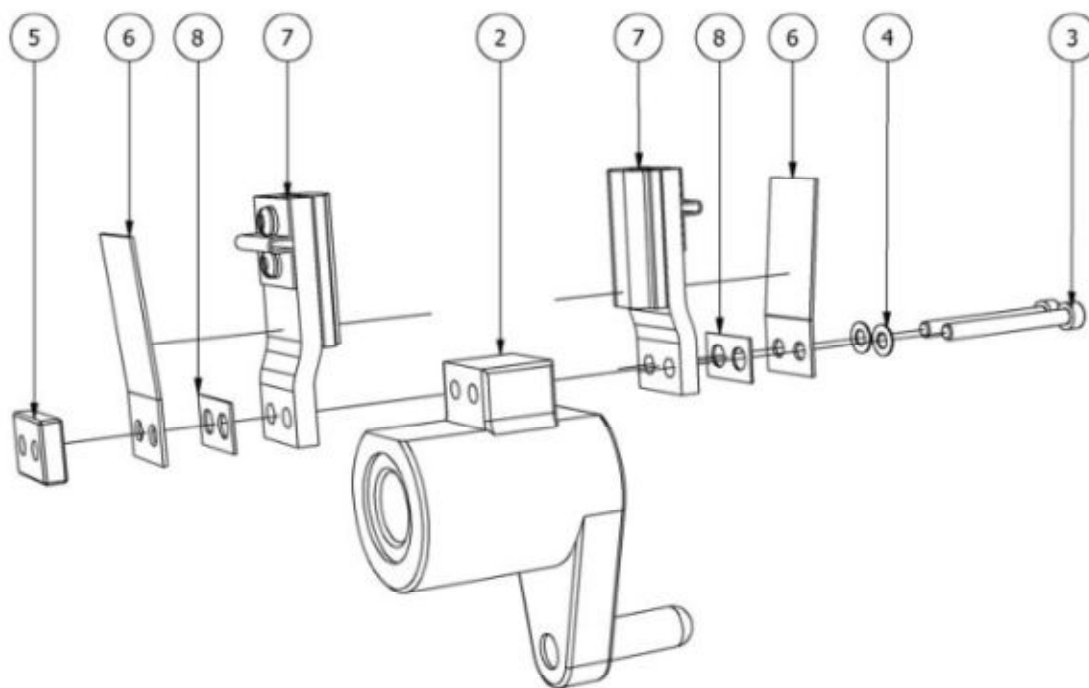


No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			00
2	SUPORTE DO CONTATO	N3-4830023P001		01
3	PARAFUSO ALLEN	N4-0410095P040	M4x40	02
4	MOLA PRATO	N4-0440004P004	M4 (OLEADO)	02
5	FIXADOR	N4-2830035P001		01
6	MOLA DE LÂMINA	N4-2830214P003		02
7	ESCOVA	N3-4830019G002		02
8	CHAPA	N4-2830155P001		02

Lista de materiais  
 Suporte do contato para comutador CR-3 B (N3-4830024 G1)



Vista explodida



No.	Denominação	Código do Item	Dimensões	Grupo No.
				1
1	MONTAGEM			00
2	SUPORTE DO CONTATO	N2-4830019G001		01
3	PARAFUSO ALLEN	N4-0410095P040	M4x40	02
4	MOLA PRATO	N4-0440004P004	M4 (OLEADO)	02
5	FIXADOR	N4-2830035P001		01
6	MOLA DE LÂMINA	N4-2830214P003		02
7	ESCOVA	N3-4830019G002		02
8	CHAPA	N4-2830155P001		02

Lista de materiais  
 Suporte do contato para comutador CR-3 C (N3-4830021 G1)

## 13.2 - Comutador de Derivação sob Carga Tipo CR-10

### 13.2.1 - Introdução

O comutador de derivações TOSHIBA se aplica a reguladores monofásicos do tipo REATOR controlado e monitorado através do comando eletrônico TOSHIBA composto por indicador analógico (mecânico) de posições e relé regulador de tensão. Opcionalmente, pode ser fornecido o comutador com indicador mecânico externo de posições.

### 13.2.2 - Características

#### 13.2.2.1 - Acionamento :

Os modelos CR são comutadores rotativos com acionamento através de molas que são carregadas por um acionador motorizado .

O mecanismo apresenta as seguintes características :

- \* Funcionamento simples, com poucas peças móveis, e muito seguro ;
- \* Comutação independente do motor (chain drive), o que garante que uma vez iniciado o deslocamento dos contatos móveis não há maneira de ser interrompido (a interrupção provocaria a erosão elétrica imediata dos contatos) ;
- \* Bloqueios através de batentes, que delimitam com absoluta segurança os campos permitidos aos contatos elétricos móveis ;
- \* O motor de acionamento elétrico com redutor reversível dimensionado para suportar todas as condições exigidas pelo comutador, tais como a permanência energizado e travado, por qualquer dos bloqueios mecânicos, sem danos. Caracteriza-se por movimentos suaves que minimizam a turbulência e a contaminação do óleo isolante, no qual trabalha totalmente imerso, e, apesar disso, pode ainda ser utilizado, por períodos de no máximo 30 minutos, fora do óleo para testes, verificações e manutenções. O motor pode ser acionado com tensões de 90 a 140Vca em 50/60 Hz e proporciona corrente máxima de 0.8A (quando travado), e sua alimentação é feita conforme FIG. 67 .

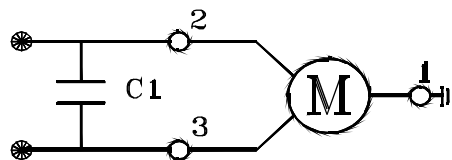


Figura 67 - Diagrama de ligação do motor

Onde :

M - Motor redutor de indução 0,14 CV - 102,87 W 127 V - 780 mA

C1 - Capacitor 10 micro faraday - 250V - 60 Hz / 16 micro faraday - 250 V - 50 Hz

1 - Terminal de aterramento

2 - Terminal para fase (para elevar)

3 - terminal para fase (para abaixar)

OBS.: O Capacitor C1, não acompanha o conjunto do comutador e é instalado no interior da caixa de comando do regulador.

#### 13.2.2.2 - Comutação :

O comutador CR dispõe de contatos para 8 tap's além do contato "by-pass", dispostos de forma circular (conforme FIG. 68).

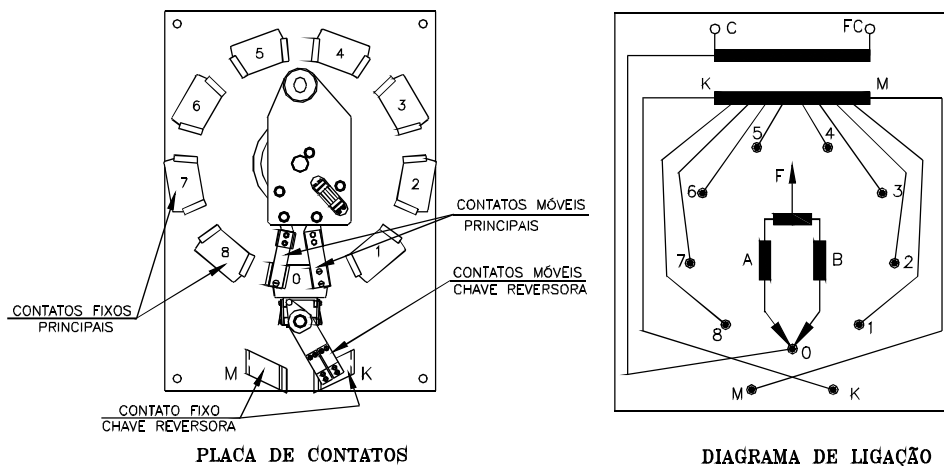
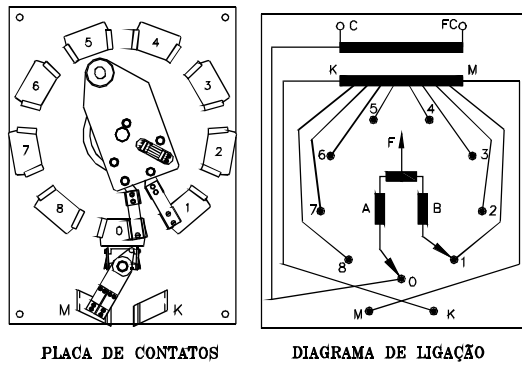


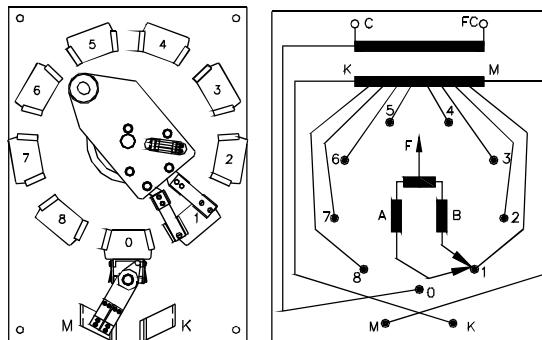
Figura 68 - Vista Interna da placa de contatos (Posição nominal)

Dois contatos móveis, acionados um ao outro mecanicamente e independentes eletricamente, comutam-se entre estes contatos fixos em seqüência e um por vez, perfazendo um total de 16 posições além do “by-pass” (ou neutra) .  
 As figuras 69, 70 e 71 demonstram as conexões para os tap's +1, +2 e +3 .



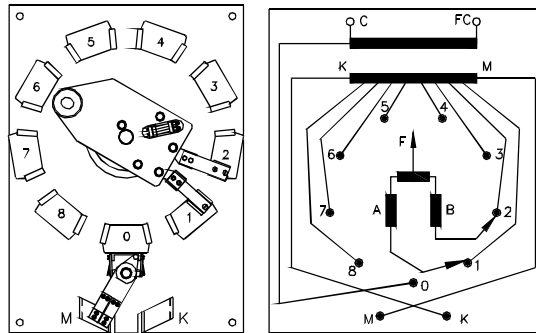
PLACA DE CONTATOS      DIAGRAMA DE LIGAÇÃO

Figura 69 - Posição +1



PLACA DE CONTATOS      DIAGRAMA DE LIGAÇÃO

Figura 70 - Posição +2

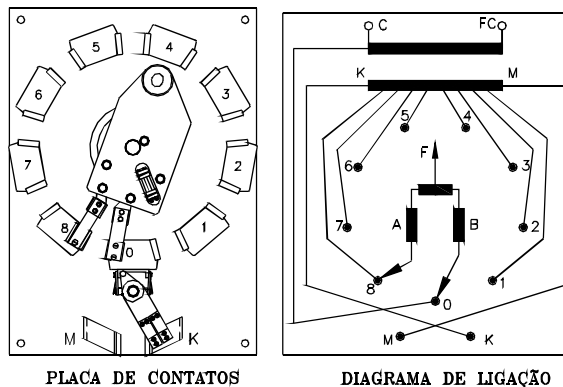


PLACA DE CONTATOS      DIAGRAMA DE LIGAÇÃO

Figura 71 - Posição +3

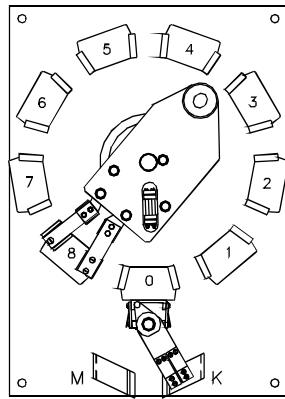
Uma chave inversora de polaridade conectada ao contato by-pass, através de escovas, permite o câmbio entre as extremidades do enrolamento de “tap's” ampliando assim o número de posições em mais 16 pontos de tensão. Esta chave inversora só pode ser acionada quando os contatos A e B se encontram no contato by-pass, o que é garantido pelo mecanismo de acionamento que possui batente apropriado para esta condição .

As figuras 72, 73 e 74 mostram as posições -1, -2 e -3 respectivamente .



PLACA DE CONTATOS      DIAGRAMA DE LIGAÇÃO

FIGURA 72 - Posição -1



PLACA DE CONTATOS

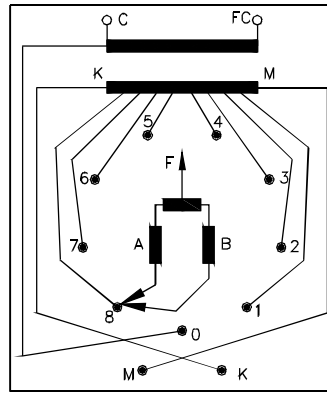
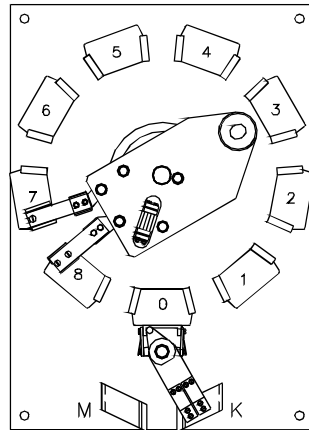


DIAGRAMA DE LIGAÇÃO

Figura 73 -Posição -2



PLACA DE CONTATOS

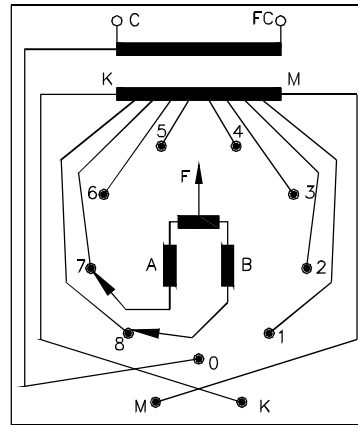


DIAGRAMA DE LIGAÇÃO

Figura 74 - Posição -3

### 13.2.3 - Indicação :

O comutador TOSHIBA possui um contato que fecha a cada operação do comutador, em qualquer dos sentidos, permitindo assim, através do contador de operação, monitorar a vida útil em n°. de operações do comutador.

Opcionalmente a Toshiba também fornece o comutador com o sistema externo de indicação de posição do comutador, através de conexão física por um cabo flexível entre o indicador externo e o eixo de giro do comutador, sendo uma indicação segura e em tempo real, independentemente do regulador estar energizado.

### 13.2.4 - Diagrama geral do comutador

Descrição dos terminais de comando

- 1- Aterramento
- 2- Comando elevar (motor)
- 3- Comando abaixar (motor)
- 4- Microswitch do indicador de posição neutra
- 5- Microswitch do contador de operações
- 6- Microswitch do inversor de polaridade

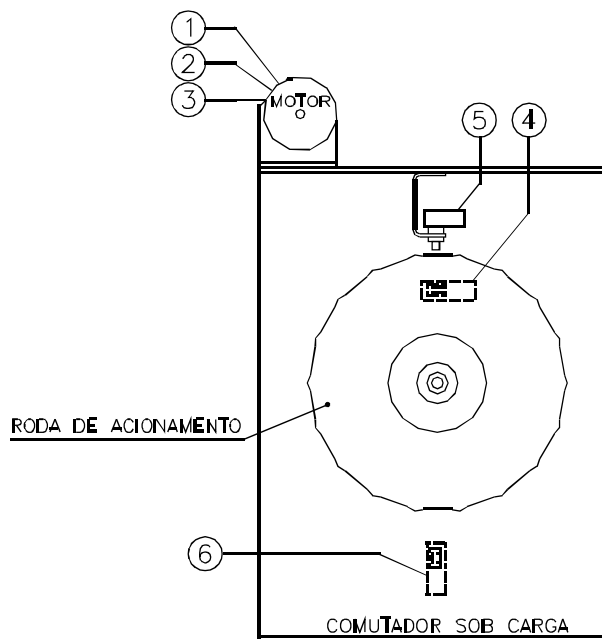


Figura 75 -Esquema elétrico do comutador

Obs.: A numeração dos terminais pode ser modificada em função da necessidade específica de cada regulador (ver diagrama geral do regulador) .

### 13.2.5 - Manutenção

FREQUÊNCIA (Nº de operações)	DESCRIÇÃO DE SERVIÇOS
Cada 100.000	- Substituição contatos fixos e móveis; - Verificação do mecanismo de operação
Cada 500.000	Revisão geral (desmontagem e substituição de peças com desgaste)

Medição da resistência de contato (contato fixo + contato móvel + eixo + anel coletor): Conectar os terminais do microohmímetro entre os terminais do eixo e do anel coletor. Efetuar medições nos tap's pares de 0 a +16. O valor de referência da resistência ôhmica para um comutador novo é de no máximo  $800\mu\Omega$ , por contato. Durante a vida útil do comutador ocorre um desgaste natural dos contatos, além de desalinhamento e folgas dos mecanismos móveis que provocam uma elevação gradual desta resistência ôhmica. O limite máximo de  $2.500\mu\Omega$  é considerado aceitável. Se o comutador atingir este valor antes do período indicado para manutenção / inspeção, o mesmo deverá ser retirado de serviço e inspecionado para avaliar a condição de operação. Se necessário, deverá ser realizada a troca dos contatos e/ou revisão das folgas dos mecanismos.

#### EROSÃO DOS CONTATOS

A erosão dos contatos está em função de muitas variáveis tais como :

- \* Tensão de "Tap"
- \* Fator de potência
- \* Projeto da bobina de "tap's"
- \* Número de operações
- \* corrente de carga
- \* Projeto do reator
- \* Tempo de comutação
- \* Folgas dos mecanismos móveis e alinhamento dos contatos

Geralmente a erosão ocorre tal como mostra a figura:

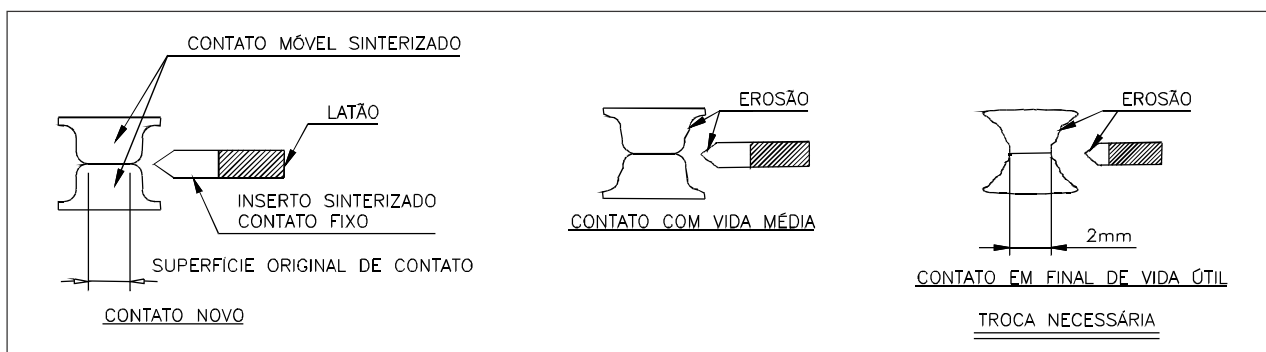


Figura 76 - Desgaste dos contatos móveis

#### OBS.:

- 1) Os contatos fixos têm menor desgaste que os contatos móveis, porém ao se efetuar a troca de um contato é recomendado à troca de todo o conjunto de contatos fixos, móveis e escovas. A troca parcial de contatos fixos, móveis ou escovas poderá provocar um desalinhamento acentuado do comutador, desgaste prematuro dos demais componentes móveis, além de gerar gaps (aberturas) nos alinhamentos dos contatos, elevando a resistência ôhmica do conjunto, podendo comprometer a elevação de temperatura dos contatos.
- 2) Em condições normais de alinhamento, pressão das pastilhas dos contatos móveis e desgastes dos contatos fixos e móveis, uma superfície com até 3mm de contato na pastilha do contato móvel é suficiente para manter o comutador em condições normais de operação, sem comprometer os limites de elevação de temperatura dos contatos. Um desgaste superior a este valor exige obrigatoriamente a troca do conjunto de contatos.

### 13.2.6 - Cuidados durante a montagem

Todas as porcas que atuam sobre tirantes de latão devem ser torquedadas a 1.2 kgf.m ;  
A corrente de acionamento deve ter folga mínima de 15 mm e máxima de 22 mm (medição conforme fig. 77);  
Utilize sempre peças de reposição originais.

### 13.2.7 - Vistas explodidas do comutador

Objetivo: Requisição e substituição de peças sobressalentes

A montagem do comutador foi dividida em:

- Placa do mecanismo de acionamento (Figura 78)
- Placa dos contatos fixos e móveis (Figura 79)

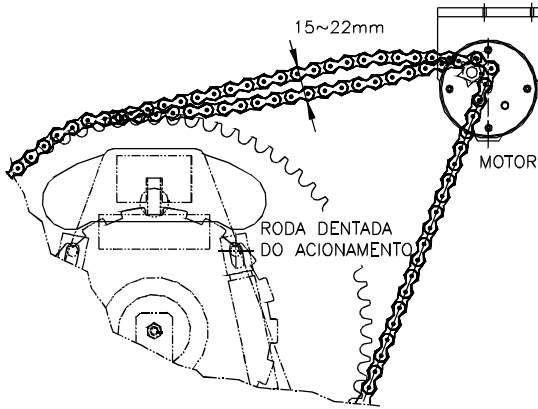


Figura 77

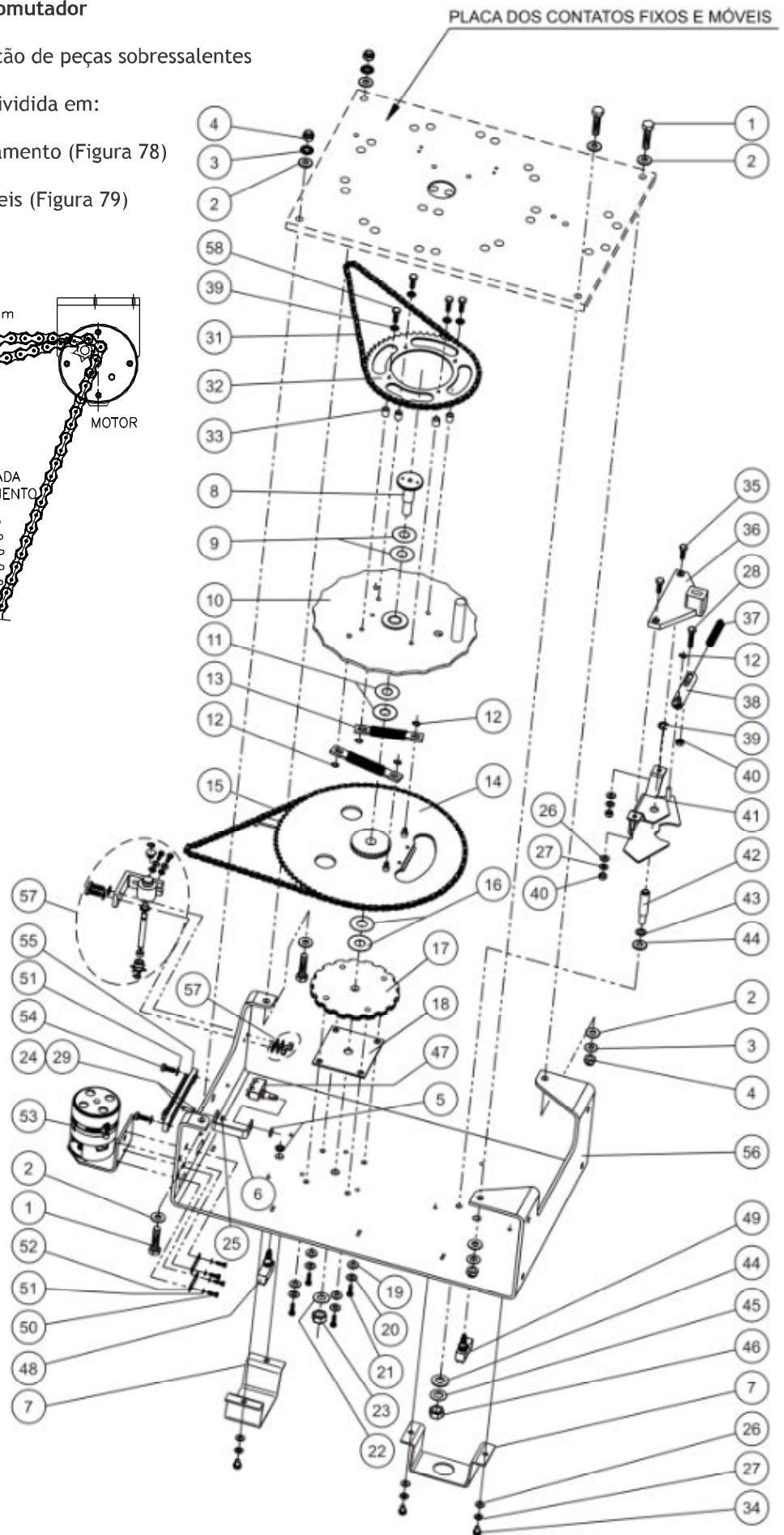


Figura 78 - Placa do mecanismo de acionamento do comutador CR-10

ITEM	DENOMINAÇÃO	QUANT.	DESENHO
01	Parafuso sextavado de aço M12x50mm	04	PM-00107P50R01
02	Arruela lisa de aço M12	08	PM-00207P12R01
03	Mola prato M12	04	PM-00306P12R01
04	Porca autotravante M12 (Passo 1,25)	04	PM-00400P12R01
05	Porca sextavada para microchave	03	PM-00500P01R01
06	Suporte para microchave (Contador de operações)	01	PM-00601P01R01
07	Proteção para microchave	02	PM-00701P01R01
08	Eixo	01	PM-00802P01R01
09	Espaçador	02	PM-00904P06R01
10	Montagem da placa de acionamento	01	PM-01001G01R01
11	Espaçador	03	PM-01104P03R01
12	Anel elástico	05	PM-01202P05R01
13	Mola de acionamento	02	PM-01301G01R01
14	Montagem da roda dentada principal	01	PM-01400G01R01
15	Corrente da roda dentada principal	01	PM-01501P01R01
16	Espaçador	02	PM-01604P04R01
17	Disco de posições	01	PM-01700P01R01
18	Espaçador do disco de posição	01	PM-01800P01R01
19	Arruela lisa de aço M10	04	PM-01907P10R01
20	Mola prato M10	04	PM-02006P10R01
21	Parafuso sextavado de aço M10x20mm	04	PM-02106P20R01
22	Mola prato M16	01	PM-02206P16R01
23	Porca sextavada de aço M16	01	PM-02306P16R01
24	Parafuso sextavado de aço M5x16mm	02	PM-02406P16R01
25	Porca sextavada de aço M5	02	PM-02506P05R01
26	Arruela lisa de aço M8	06	PM-02607P08R01
27	Mola prato M8	06	PM-02706P08R01
28	Parafuso sextavado de aço M8x50	01	PM-02807P50R01
29	Arruela lisa de aço M5	02	PM-02907P05R01
*30	Mola prato M8	04	PM-03006P08R01
*31	Corrente da roda dentada para indicador mecânico externo	01	PM-03100P01R01
*32	Roda dentada para indicador mecânico externo (IME)	01	PM-03200G01R01
*33	Espaçador da roda dentada para IME	04	PM-03304P01R01
34	Parafuso sextavado de aço inoxidável M8x12	04	PM-03406P12R01
35	Parafuso sextavado de aço M8x25	02	PM-03507P25R01
36	Braço isolante de chave reversora	01	PM-03605P01R01
37	Mola do tubo de acionamento da chave reversora	01	PM-03710P01R01
38	Tubo de acionamento chave reversora	01	PM-03808P01R01
39	Anel elástico do eixo do tubo acionamento da chave reversora	01	PM-03902P08R01
40	Porca sextavada de aço M8	03	PM-04006P08R01
41	Braço de acionamento da chave reversora	01	PM-04101G01R01
42	Eixo da chave reversora	01	PM-04202P01R01
43	Espaçador chave reversora	01	PM-04304P01R01
44	Arruela lisa de aço M12	02	PM-04407P12R01
45	Mola prato M12	01	PM-04506P12R01
46	Porca sextavada de aço M12	01	PM-04606P12R01
47	Microchave (microswitch) contador de operações	01	PM-04701P01R01
48	Microchave (microswitch) da posição neutra	01	PM-04801P01R01
49	Microchave (microswitch) da polaridade	01	PM-04901P01R01
50	Parafuso sextavado de aço M5x25	04	PM-05006P25R01
51	Mola prato M5	06	PM-05106P05R01
52	Chapa de apoio (motor)	02	PM-05204P01R01
53	Motor do comutador	01	PM-05301G01R01
54	Parafuso sextavado de aço M8x20	02	PM-05407P20R01
55	Montagem da régua conectora	01	PM-05500G01R01
56	Placa do mecanismo	01	PM-05601G01R01
*57	Mecanismo de transmissão do indicador mecânico externo	01	PM-05704G01R01
*58	Parafuso sextavado de aço M8x25	04	PM 05807P25R01

Legenda - Placa do mecanismo do comutador CR-10



OBS.:

1) Os itens indicados com um (\*) na legenda da placa do mecanismo, somente são aplicáveis aos comutadores com sistema de indicação mecânica externa de posições. Estas peças permitem acoplar ao comutador um sistema via cabo, através de ligação mecânica ao eixo de rotação principal dos contatos, informando em tempo real a posição que o comutador ocupa instantaneamente.

2) Os prazos de manutenção e os cuidados na montagem e inspeção dos comutadores tipo CR-10 com indicador mecânico externo (IME) devem obedecer aos mesmos critérios utilizados para o comutador sem IME, conforme item 13.2.5.

3) As quantidades dos espaçadores P11 e P16 são as máximas utilizadas na montagem, porém somente devem ser montadas as quantidades suficientes para permitir o ajuste do comutador de modo que o mesmo rode livremente. A colocação das peças depende diretamente de ajustes durante a montagem, podendo variar as quantidades utilizadas em relação ao indicado na legenda acima.

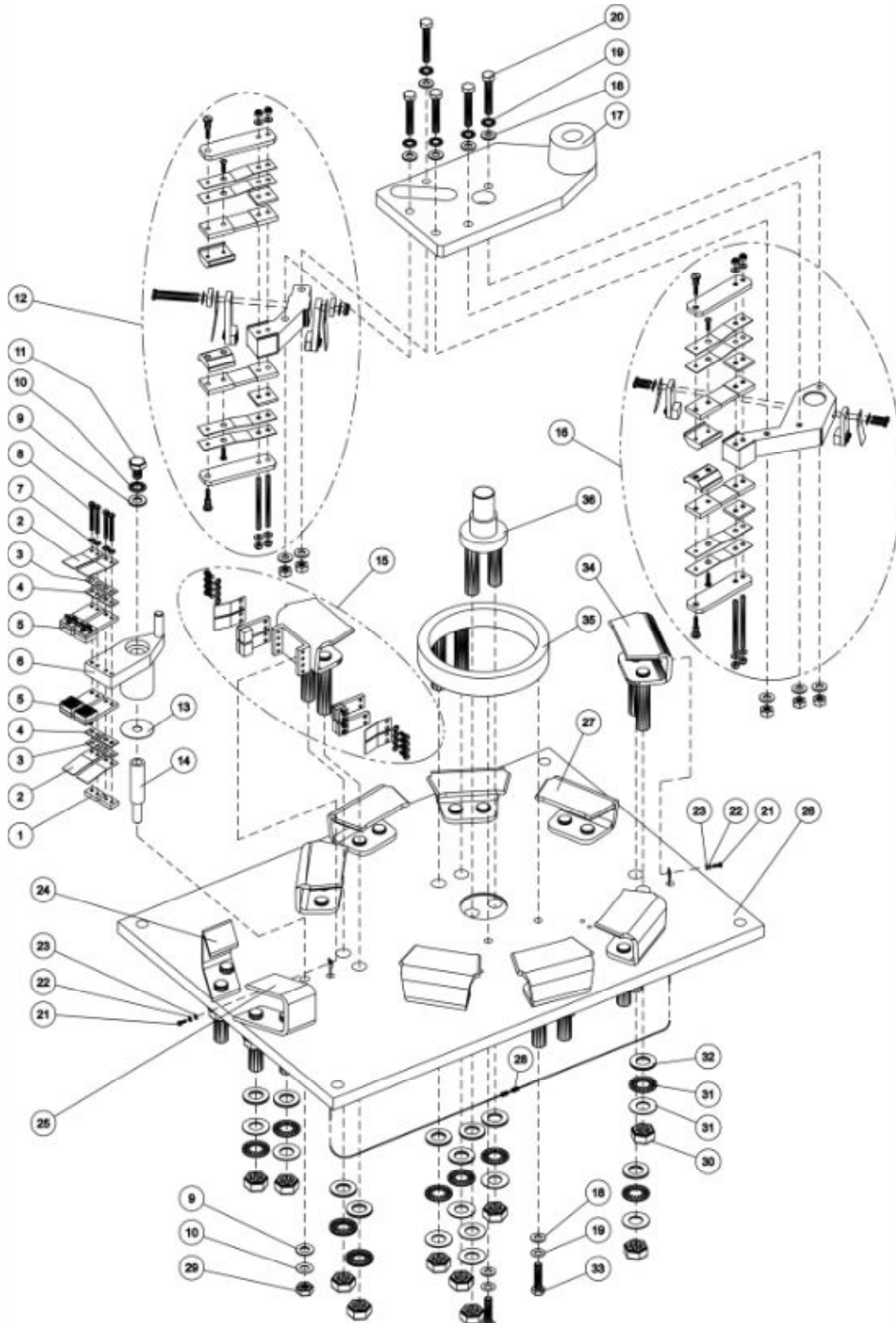


Figura 79 - Placa dos contatos fixos e móveis do comutador CR-10

ITEM	DENOMINAÇÃO	Qtd.	DESENHO
01	Fixador	02	PC-00104P01R01
02	Mola lâmina	04	PC-00203P03R01
03	Chapa reforço	04	PC-00305P01R01
04	Chapa reforço	04	PC-00403P01R01
05	Contato móvel da chave reversora	04	PC-00500G01R01
06	Suporte do contato móvel da chave reversora	01	PC-00600G01R01
07	Mola prato M4	04	PC-00706P04R01
08	Parafuso cilíndrico de aço inox M4x35	04	PC-00806P35R01
09	Arruela lisa de aço M10	02	PC-00907P10R01
10	Mola prato M10	02	PC-01006P10R01
11	Parafuso sextavado de aço M10 x 16	01	PC-01106P16R01
12	Conjunto contato móvel principal (anel)	01	PC-01200G01R01
13	Anel de desgaste	01	PC-01304P02R01
14	Eixo da chave reversora	01	PC-01400P01R01
15	Montagem contato fixo da posição nominal (0)	01	PC-01500G01R01
16	Conjunto contato móvel principal (eixo)	01	PC-01600G01R01
17	Braço isolante dos contatos móveis principais	01	PC-01700P01R01
18	Arruela lisa de aço M8	07	PC-01807P08R01
19	Mola prato M8	07	PC-01906P08R01
20	Parafuso sextavado de aço M8x50	05	PC-02000G01R01
21	Parafuso cilíndrico de aço inox M3x8	02	PC-02104P08R01
22	Arruela de pressão de aço inox M3	02	PC-02207P03R01
23	Arruela lisa de aço inox M3	02	PC-02306P03R01
24	Contato fixo da chave reversora (K)	01	PC-02400G01R01
25	Contato fixo da chave reversora (M)	01	PC-02500G01R01
26	Painel isolante	01	PC-02600P01R01
27	Contato fixo principal (Posições 1 / 2 / 3 / 4 / 6 / 7 e 8)	07	PC-02700G01R01
28	Montagem do resistor	01	PC-02800G01R01
29	Porca sextavada de aço M10	01	PC-02906P10R01
30	Porca autotravante M16	26	PC-03006P16R01
31	Mola prato M16	52	PC-03107P16R01
32	Arruela lisa de latão M16	26	PC-03207P16R01
33	Parafuso sextavado de aço M8 x 35	02	PC-03307P35R01
34	Contato fixo principal (Posição 5)	01	PC-03400G02R01
35	Anel coletor	01	PC-03500G01R01
36	Montagem do eixo	01	PC-03600G01R01

Legenda - Placa dos contatos fixos e móveis do comutador CR-10

## 14 - INDICADOR EXTERNO ELETROMECAÂNICO DE POSIÇÕES (TIPO ANALÓGICO) TB-1900

### 14.1 - OBJETIVO:

Indicar externamente ao tanque, através de ligação mecânica, a posição (“TAP”) que se encontra o comutador sob carga de reguladores monofásicos de tensão. Possui ainda funções que permitem o controle do limite da faixa de operação (load-bonus) e indicadores das posições extremas alcançadas durante um período de observação TAP superior e TAP inferior).

### 14.2 - DESCRIÇÃO, CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO:

O TB-1900 é um indicador analógico para apresentar de forma rápida e visual a posição de operação do comutador de reguladores de tensão. O mesmo é dividido em duas caixas fabricadas em alumínio, possuindo as funções e características descritas nos itens 14.2.1 e 14.2.2.



#### 14.2.1 - Caixa de engrenagens e entradas de controle:

- Permite a conversão de um TAP no comutador para uma posição no display de indicação;

- Permite a fixação do indicador externo à tampa ou caixa de passagem do regulador, através de 3 roscas com as seguintes características: ¼”-20 UNC (Rosca ¼” 20 fios por polegada) equidistantes à 120° no diâmetro de 66,7±0,1mm e com profundidade de 10mm.

- Fiação de controle para ligação ao relé de comando, possuindo as seguintes características:

=> Fios de 1,5mm<sup>2</sup> de seção e cores padronizadas:

\* Fios vermelhos: comando da bobina de reset dos ponteiros de indicação de máximos;

\* Fios brancos: sinal da chave (microswitch) limitadora de posição máxima (load-bonus do lado Raise);

\* Fios azuis: : sinal da chave (microswitch) limitadora de posição mínima (load-bonus do lado Lower).

\* Suporta ao ensaio de tensão aplicada contra terra conforme item 14.4.1;

\* Os cabos possuem comprimento de 355mm em relação à parte traseira do equipamento;

Eixo de entrada do TB-1900 (ø9,5±0,1mm) para ligação mecânica ao comutador, sendo fornecido com comprimentos de 17,5 mm medido à partir da parte traseira do TB-1900.

#### 14.2.2 - Caixa do mecanismo de indicação e chaves de limitação de curso:

- Possui três ponteiros de indicação das posições atual, máximas no lado Lower (abaixar) e lado Raise (elevar), a saber:

- Ponteiro central: indica a posição atual do comutador, independentemente do mesmo estar energizado. É fabricado em aço inoxidável e pintado na cor amarela. É ligado diretamente ao eixo de entrada do trem de engrenagens. O mecanismo é totalmente imune à ação de campos magnéticos, impactos ou vibrações. É responsável pelo arraste dos ponteiros de máximos sempre que o mesmo estiver deslocando em direção aos limites extremos do comutador. Na parte interna do mecanismo, realiza o acionamento dos contatos das microchaves (microswitch) quando os limites da faixa de operação são alcançados.

- Os ponteiros de indicação de posições extremas (máximo e mínimo) são fabricados em aço inoxidável (acabamento natural, sem pintura). Os mesmos são montados em eixos distintos e conduzidos para posições extremas em relação à sua posição atual pelo ponteiro indicador da posição atual (ponteiro central). Possui sistema único de travamento que não permite o movimento dos mesmos para posições inferiores às extremas, exceto quando solicitado a limpeza de memória (reset). Ao solicitar a limpeza de memória (reset) no relé de comando, será enviado um pulso à bobina solenóide (110V 60Hz - AC), para liberação dos ponteiros. Neste instante, um sistema de mola do tipo espiral força os ponteiros extremos a irem ao encontro do ponteiro de posição atual (amarelo), independentemente da posição que o mesmo ocupar no momento. Dessa forma, se o ponteiro central (amarelo) estiver na posição +2, por exemplo, o novo registro de posições máxima e mínima se dará a partir desta posição.

- Possui visor frontal em policarbonato transparente (mínimo 80% de transparência) resistente à intempéries (uso ao tempo). Espessura 2,5±1mm. O mesmo é montado sob a tampa externa, a qual é fixada por parafusos de fenda e possui gaxeta para vedação da entrada de chuva e poeira. Na parte inferior do mesmo existe uma abertura na gaxeta para permitir a eliminação de condensação de umidade no interior da caixa de mecanismo.

- O indicador sempre deve ser montado de forma inclinada, em relação ao solo (45°), para facilitar a melhor visualização dos ponteiros de indicação e possibilitar a eliminação da condensação de umidade; Os parafusos de fenda para fixação do visor são em aço inoxidável e rosca parcial (BSP 3/16”) para impedir a queda dos

mesmos durante operação de acesso aos ponteiros e sistema de load-bonus.

- Permite o controle do limite de faixa de operação (range), através de microchaves (microswitch). A limitação, conforme previsto em norma de operação do regulador monofásico, pode ser realizada nos dois lados do comutador (elevar-Raise ou abaixar-Lower). O mesmo é acessível no lado interno do visor, por chaves deslizantes, as quais possuem sistemas de travamento nas posições pares de 8 à 16, em ambos os lados. As chaves podem ser posicionadas de forma independente nos dois lados (ex.: +12 e -16, +14 / -10, etc). Para regulação da faixa de operação, o operador deve desaparafusar os quatro parafusos de fenda que fixam o visor de policarbonato. Os parafusos soltam o visor frontal sem necessidade de retirada total dos mesmos (evitar a necessidade de segurá-los ou riscos de quedas dos mesmos durante esta operação). Na parte traseira do visor existe um parafuso que permite o basculamento do mesmo em relação à parte inferior do indicador, deixando as mãos do operador livres para trabalhar, dessa forma, ao se soltar o visor, o mesmo não cai e não necessita ser segurado pelo operador. As chaves limitadoras da faixa de operação são em aço inoxidáveis e pintados na cor amarela e são posicionados através de giro em relação do arco do display para a posição desejada. Ao se posicionar as chaves nas posições pares desejadas, verificar o correto travamento da mesma através de “click” do mecanismo de movimento. Ao se colocar na posição correta, a resistência ao movimento aumenta, sendo possível senti-la durante o ajuste. A colocação fora da posição de travamento pode provocar funcionamento inadequado do indicador.

- As microchaves são montadas no fundo da caixa do mecanismo, não havendo qualquer interferência mecânica com os eixos dos ponteiros de indicação, reduzindo possibilidade de travamento, empeno do mecanismo, falhas de indicação por vibração, etc. São utilizadas microchaves para 10A e/ou 15A, modelo KAP MW5G3F ou similar, sendo as mesmas isoladas da carcaça para suportar ao ensaio de tensão aplicada conforme item 14.4.1.1 A ligação das microchaves são do tipo NF (Normalmente fechados).

- O dial de visualização (display frontal) apresenta as seguintes características:

- Fundo preto e textos na cor branca munsell N9/YR.

- Indicação das 16 posições de máximo nos dois lados (Raise e Lower) e posição neutra. Para facilitar a visualização, possuem destaque no tamanho dos pontos de indicação para posições pares e indicações numéricas para as posições divisíveis por 4, em ambos os lados, além da posição neutra (zero ou central);

- Indicação de texto “Lower” no lado das posições negativas e “Raise” no lado das posições positivas;

- Possui identificação do equipamento, com logomarca Toshiba, tipo do equipamento (TB-1900) e espaço para apresentação do número de série. O número de série é sinetado, para efeito de rastreabilidade do sistema da qualidade, constituindo de: letra “K” + 2 dígitos correspondentes ao final do ano corrente + 4 dígitos seqüenciais (Ex.: K050001 => ano 2005 / primeira peça fabricada no ano);

- A letra “K” designa o tipo do produto (TB-1900);

- Os dois dígitos do ano corrente permitem identificar o ano de fabricação do produto;

- Os quatro dígitos seqüenciais começam em 0001 a cada ano.

- Possui inscrições em 3 idiomas: português, espanhol e inglês.

Exceto quando explicitamente indicado de outra forma no pedido de compra, as caixas de alumínio são fornecidas com pintura de acabamento na cor cinza munsell N6,5 nos dois lados (interno e externo).

### 14.3 - INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO:

Quando não fornecido montado junto ao regulador, a instalação do produto deve ser de responsabilidade do cliente, incluindo adaptações se forem necessárias, exceto quando acertado explicitamente durante negociação de compra.

O TB-1900 é bastante simples de instalar, bastando seguir os seguintes passos:

14.3.1 - Retirar o regulador de operação e colocá-lo em local de fácil acesso à posição de fixação do TB-1900;

14.3.2 - Em caso de substituição de indicador externo de posições, verificar se a furação de fixação do equipamento anterior e a base de gaxeta são compatíveis com o TB-1900. Em caso afirmativo, realizar a fixação do mesmo diretamente na base do equipamento anterior, caso contrário, providenciar as adaptações necessárias para a fixação;

14.3.3 - Efetuar a ligação da fiação de controle do TB-1900. Observar o diagrama de ligação do equipamento anterior. Os fios do TB-1900 estão identificados por cores características, conforme item 14.2.1, não havendo polaridade para os cabos de mesma cor;

14.3.4 - Abrir o visor frontal e posicionar as chaves limitadoras de faixa de operação (load-bonus) nas posições desejadas. Lembrar que o relé deve ser apropriado para receber os sinais das microchaves para o correto funcionamento desta função;

**14.3.5** - Realizar a conexão do cabo flexível de indicação mecânica do comutador ao eixo de entrada do indicador TB-I900. Lembrar que o cabo deve ser conectado de forma a se obter uma indicação correta da posição assinalada no visor do TB-I900 e a posição real do comutador. Preferencialmente, esta operação deve ser realizada na posição neutra;

**14.3.6** - Realizar um teste manual, utilizando a alimentação externa do relé, para avaliar o comportamento e correta ligação da fiação. Fazer testes das funções de limpeza de memória e limitação da faixa de operação. Verificar se o sistema não ficou muito pesado, provocando arraste do comutador. Verificar se a montagem está correta com relação a estanqueidade do sistema. Se tudo estiver funcionando corretamente, o regulador com o indicador TB-I900 está pronto para voltar à operação.

Durante sua vida útil, o TB-I900 dispensa manutenções periódicas, sendo necessário apenas o acompanhamento de seu funcional para ajustes em caso de desalinhamento dos ponteiros.

#### **14.4 - Ensaios e Testes:**

Antes da entrega do produto são realizados os seguintes ensaios e testes:

**14.4.1 - Ensaios de rotina:** São realizados em todas as peças produzidas (100% do lote).

##### **14.4.1.1 - Tensão aplicada:**

Parâmetro de aceitação: a fiação de cada peça produzida é testada e aprovada em ensaio de tensão aplicada contra terra de 3 kV durante 1 minuto.

Procedimento:

- Todos os fios de controle (branco, vermelho e azul) são jumpeados e ligados à fonte de tensão (cabo positivo);
- A carcaça de alumínio é aterrada à massa (terra) do equipamento de ensaio;
- A tensão é elevada gradativamente até o limite de 3 kV e mantido por um período mínimo de 1 minuto (60Hz). O equipamento é considerado aprovado se não ocorrer break-down ou centelhamento.

##### **14.4.1.2 - Funcional:**

Parâmetro de aceitação: todas as peças produzidas são testadas quanto à operação e resposta aos comandos de controle, por no mínimo 6 ciclos completos, sem apresentação de falhas.

Procedimento:

- O indicador é montado na Jiga de testes, de propriedade da Toshiba. O visor é aberto para acesso aos ponteiros e microchaves. O ponteiro central é posicionado na indicação de TAP "0"; O sistema de limitação de faixa é posicionado nos TAP's "-16" e "+16";
- São realizados dois ciclos completos até a faixa limite ("-16" e "+16"), observando-se o comportamento e correta indicação do ponteiro central; Ao atingir a posição "+4" e "-4", o reset dos ponteiros de máximos é acionado, visando testar o correto funcionamento do mesmo; O ponteiro central é retornado para a posição central (TAP "0") e o reset novamente acionado; Nos limites de operação é observado a correta indicação do acionamento das microchaves;
- Os limitadores dos cursos (Load-bonus) são posicionados nos TAP's "-10" e "+8". O indicador é submetido a dois ciclos completos até os TAP limitados pelo load-bonus. Ao atingir as posições "-6" e "+6", o reset dos ponteiros de máximos é acionado, visando testar o correto funcionamento do mesmo, O ponteiro central é retornado para a posição central e o reset novamente acionado; Nos limites de operação é observado a correta indicação do acionamento das microchaves;
- Os limitadores dos cursos (Load-bonus) são posicionados nos TAP's "-8" e "+10". Toda a operação do item anterior é repetida.

**14.4.2 - Ensaios de tipo:** Quando explicitamente negociado durante a aquisição do produto, podem ser realizados ensaios de tipo e fornecidos laudos, conforme descrições abaixo. Independentemente da realização dos ensaios de tipo, a Toshiba garante o atendimento do produto às exigências dos ensaios.

##### **14.4.2.1 - Ensaio de estanqueidade:**

Parâmetro de aceitação: o equipamento deve ser estanque ao ensaio de chuva (Grau IP-45), conforme ABNT NBR-6146 "Invólucros de equipamentos elétricos Proteção" Dez./1980.

Procedimento:

- Utilizando o bico padrão para ensaio de chuva, previsto na ABNT NBR-6146, o mesmo é conectado à mangueira de jardim e aberto o registro de água. Não é realizado controle de pressão da água;
- O jato de água é direcionado diretamente no visor do indicador e em suas partes laterais e superior (não deve ser direcionado fluxo no sentido de baixo para cima, na posição de abertura de respiro do visor);
- O ensaio é executado por um período mínimo de 20 minutos; O equipamento é considerado aprovado se não ocorrer

entrada de umidade no interior do mesmo.

#### 14.4.2.2 - Ensaio de desempenho mecânico de vida útil:

Parâmetro de aceitação: o equipamento deve suportar sem falhas a um mínimo de 1.000.000 de operações.

Procedimento:

- O indicador é acoplado a um comutador, em condição similar à de operação no campo ou à jiga de testes e realizado um mínimo de 1.000.000 de operações. O equipamento é considerado aprovado se não ocorrerem falhas durante a execução do teste (descalibração, desalinhamento, erros de indicação, quebras no mecanismo de indicação, etc).

#### 14.5 - Embalagem, transporte e armazenamento:

Os indicadores TB-1900 podem ser fornecidos nas seguintes condições:

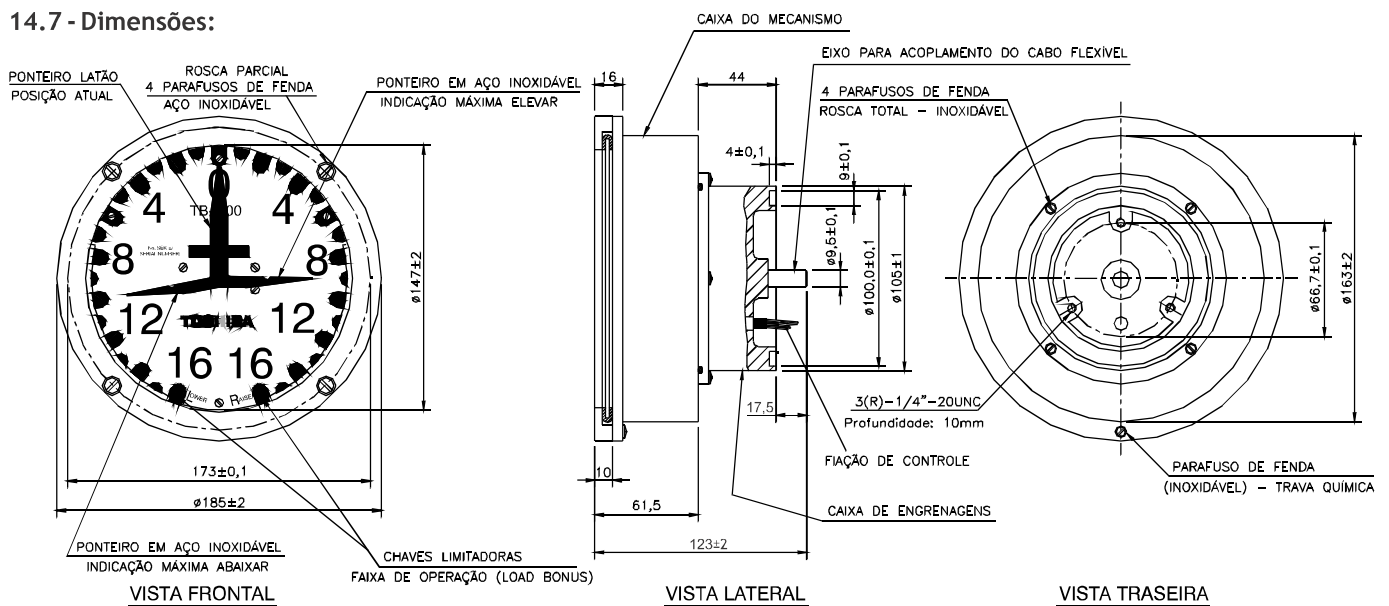
- Embaladas individualmente em caixas de papelão, protegidas por isopor contra impactos;
- Embaladas em conjuntos, em caixa de papelão ou madeira (compensado), separadas individualmente por divisão interna de papelão e protegidos individualmente por papel (jornal, papelão, etc). A embalagem possui no máximo 20 peças do TB-1900. Não podendo haver contato mecânico (choque) entre as peças.
- Montados diretamente no regulador monofásico fabricado ou reformado internamente na fábrica da Toshiba.

O armazenamento das peças no cliente deve ser feito em depósito abrigado de sol e chuva, diretamente nas caixas de embalagem fornecidas. Em caso de ser fornecido montado no equipamento, o mesmo poderá ficar ao tempo.

#### 14.6 - Garantia e demais condições de fornecimento:

Os demais termos de fornecimento e garantia deste produto obedecem às cláusulas firmadas em contrato de fornecimento do produto entre a Toshiba e o cliente. No caso de fornecimento do produto junto ao regulador monofásico e, caso não haja item específico para este produto no contrato de fornecimento, o mesmo obedece às garantias dados ao equipamento (regulador) como um todo.

#### 14.7 - Dimensões:



O produto poderá sofrer modificações devido a mudanças de processos de fabricação, melhorias implementadas ou mudanças de materiais, sem prévia comunicação.

### 15 - CUIDADOS ESPECIAIS COM O MANUSEIO, DESCARTE DE RESÍDUOS E VAZAMENTOS ASSOCIADOS A TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO, REGULADORES DE TENSÃO E REATORES DE DERIVAÇÃO)

#### 15.1 - Objetivos

Fornecer as informações necessárias para o descarte de resíduos de transformadores de potência, transformadores de distribuição, reguladores de tensão e reatores de derivação que possam gerar algum impacto ao meio ambiente, bem como as medidas a serem tomadas em caso de vazamento de substâncias como óleo, tinta, solvente, etc. durante o transporte, inspeção para recebimento, armazenagem e instalação.

## 15.2 - Definições

**Aspecto ambiental:** Atividade, produto ou serviço que pode interagir com o meio ambiente em situação normal ou de risco. Ex. Emissão de gases, vazamentos de óleo. Aspecto = causas.

**Impacto ambiental:** conseqüência dos aspectos ambientais que resultam na modificação do meio ambiente.

Ex. Contaminação do ar, contaminação do lençol freático. Impacto = Efeito do aspecto.

## 15.3 - Requisitos Gerais

A Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda, em resposta às expectativas de seus clientes e da sociedade, que buscam produtos de qualidade e que não agridam o meio ambiente e, ciente de seu compromisso com o desenvolvimento sustentável, vem investindo de forma permanente na melhoria de sua atuação em relação ao meio ambiente.

Nesta busca contínua, a Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda, no desenvolvimento de suas atividades, produtos e serviços, procura atender toda a legislação e vem mantendo o seu Sistema Integrado de Gestão (Qualidade e Meio Ambiente) de forma a atender à NBR ISO 14001 e NBR ISO 9001.

### 15.3.1 - Política de gestão Integrada (Qualidade, Meio Ambiente, Segurança e Saúde Ocupacional)

A Toshiba Infraestrutura América do Sul Ltda - situada em Contagem, Minas Gerais tem como compromisso, atender às necessidades dos clientes, acionistas, empregados, parceiros e sociedade, melhorando continuamente seu desempenho, na fabricação de transformadores e na prestação de serviços.

Para garantir estes princípios, estabelecemos as seguintes diretrizes:

- Atender aos requisitos, destacando-se o atendimento às necessidades e expectativas dos clientes e aos requisitos legais;
- Considerar a melhoria contínua da eficácia de seus Sistemas de gestão da Qualidade e Ambiental, do desempenho de seu Sistema de Saúde e Segurança Ocupacional e a prevenção da poluição;
- Buscar o uso eficiente de energia e recursos naturais bem como, gerenciar os resíduos industriais e estimular a redução do consumo, a reutilização e a reciclagem de materiais;
- Respeitar o funcionário, visando seu crescimento humano e profissional;
- Trabalhar em parceria com nossos fornecedores para o contínuo desenvolvimento em busca da qualidade;
- Desenvolver e implantar novas tecnologias.

### 15.3.2 - Aspectos Ambientais

Abaixo relacionamos os aspectos ambientais das atividades de transporte, inspeção para recebimento, armazenagem e instalação de transformadores de potência, transformadores de distribuição, reguladores de tensão e reatores de derivação.

#### 15.3.2.1 - Aspectos Ambientais Significativos

- Descarte de transformadores, reguladores e reatores,
- Descarte de óleo isolante;
- Descarte de tambores de óleo;
- Descarte de tintas e/ou solventes;
- Vazamento de óleo isolante;
- Vazamento de tinta e/ou solvente.

### 15.3.3 - Manuseio e Destinação de Resíduos

O equipamento que você está adquirindo contém óleo isolante em seu interior. O vazamento de óleo, não contido, altera a qualidade do solo e/ou da água, agredindo o meio ambiente.

Os transformadores, reguladores trifásicos de potência e reatores de derivação devem ser instalados dentro de bacias de contenção de forma a evitar, num caso de vazamento, a contaminação do solo e da água. O óleo isolante, contido nos equipamentos, pode ser tratado, filtrado e reutilizado ou co-processado em fornos de cimento. A parte metálica pode ser enviada para empresas de fundição.

#### 15.3.3.1 - Descarte de Transformadores, Reguladores e Reatores

##### 15.3.3.1.1 - Sucatas metálicas em geral (aço silício, cobre, latão, aço carbono, alumínio):

- As sucatas metálicas devem ser descartadas seletivamente e enviadas para reciclagem.

##### 15.3.3.1.2 - Porcelana:

- Deve ser descartada como lixo comum e enviadas para aterro sanitário.

#### **15.3.3.2 - Descarte de Óleo Isolante**

Deve ser encaminhado para tambores e posteriormente tratado ou filtrado e reutilizado ou co-processado em fornos de cimento, incinerado ou descartado em aterro Classe I\*.

#### **15.3.3.3 - Descarte de Tambores de Óleo Isolante**

Os tambores contaminados com óleo devem ser tratados e reaproveitados. Existem empresas licenciadas que fazem o devido tratamento e comercializam os mesmos.

#### **15.3.3.4 - Descarte de Tintas e Solventes**

Devem ser encaminhadas para co-processamento em fornos de cimento, incineração ou aterro Classes I\*.

#### **15.3.3.5 - Vazamento de Óleo Isolante**

##### **15.3.3.5.1 - Pequeno vazamento de óleo isolante:**

- Recolher o óleo vazado com auxílio de estopas, trapos ou serragem;
- Recolher os resíduos e destiná-los para co-processamento em fornos de cimento, incineração ou aterro Classe I\*.
- Caso consiga recolher o óleo derramado, proceder conforme o item 15.3.3.2.

**Nota:** Em caso de vazamento de óleo isolante pela atuação da válvula de alívio de pressão proceder conforme o item 15.3.3.2

##### **15.3.3.5.2 - Grande vazamento de óleo isolante:**

- Conter o óleo, imediatamente, com sacos de areia;
- Recolher o óleo em tambores ou bombonas;
- Conter o óleo, imediatamente, com sacos de areia;

#### **15.3.3.6 - Vazamento de Tintas, Solventes, etc.**

- Recolher a substância vazada com auxílio de estopas, trapos ou serragem;
- Recolher os resíduos e destiná-los para co-processamento em fornos de cimento, incineração ou aterro Classe I\*.

**Nota:** Se houver vazamento tomar cuidado com a geração de fagulhas, pois as substâncias são inflamáveis.

**15.3.3.7 - Descarte de Panos, Estopas, Trapos, Papéis Isolantes, Papelão Prensado, Plásticos e Serragens Impregnados com Óleo**  
Recolher os resíduos e destiná-los para co-processamento em fornos de cimento, incineração ou aterro Classe I\*.

#### **15.3.3.8 - Descarte de Embalagens de Madeira**

Recolher e enviar para reciclagem ou reutilização como combustível em fornos, autoforos, etc.

#### **15.3.3.9 - Descarte de Plástico Utilizado nas Embalagens**

Recolher seletivamente e enviar para reciclagem.

#### **15.3.3.10 - Descarte de Papelão Utilizado nas Embalagens**

Recolher seletivamente e enviar para reciclagem.

#### **15.3.3.11 - Descarte de Proteções de Aço**

Recolher seletivamente e enviar para reciclagem.

#### **15.3.3.12 - Descarte de Gaxeta, Cortiça, Fitas Adesivas, Borrachas**

Recolher como lixo e destinar para aterro sanitário.

#### **15.3.3.13 - Descarte de Embalagens de Tintas, Solventes**

Recolher, destinar para reciclagem, reutilizar ou destinar para aterro sanitário.

#### **15.3.3.14 - Descarte de Filtros de Limpeza de Óleo**

Recolher e destinar para co-processamento em fornos de cimento, incineração ou aterro Classe I\*.



### 15.3.3.15 - Ruído

Verificar se está de acordo com a legislação ambiental federal ou de seu estado, caso contrário, efetuar manutenção para reduzir o ruído.

### 15.4 - Requisitos Legais e Outros Requisitos

Ao descartar um transformador cuide para que seja feito de acordo com as legislações do seu Estado.

Comunicamos a seguir os pontos mais importantes das mesmas com relação aos equipamentos fornecidos pela TOSHIBA :

- Os resíduos de natureza tóxica, bem como os que contêm substâncias inflamáveis (óleo isolante) e explosivas e outras consideradas prejudiciais, deverão sofrer tratamento e/ou acondicionamento adequado, no próprio local de produção e nas condições estabelecidas pelo órgão estadual de controle da poluição e de preservação ambiental.
- Os lixos ou resíduos não devem ser lançados em cursos d'água, lagos ou lagoas, salvo na hipótese de necessidade de aterro de lagoas artificiais, autorizado pelo órgão estadual de controle da poluição e de preservação ambiental.
- É proibido depositar, dispor, descarregar, enterrar, infiltrar ou acumular no solo resíduos de qualquer natureza, ressaltando os resíduos para os quais sua disposição seja feita de forma adequada estabelecida em projetos específicos de transporte e destino final, ficando vedada a simples descarga ou depósito em propriedade pública ou particular.

### 15.5 - Treinamento, Conscientização e Competência

Em caso de subcontratação para transporte, descarga, armazenamento e instalação dos equipamentos as informações descritas neste documento devem ser repassadas ao subcontratado de forma a conscientizá-los:

- Da importância da política ambiental;
- Dos impactos ambientais significativos reais ou potenciais, de suas atividades e dos benefícios ao meio ambiente resultantes da melhoria do seu desempenho;
- Das potenciais conseqüências da inobservância dos procedimentos descritos neste documento;

O pessoal que executa tarefas que possam causar impactos ambientais significativos deve ser competente, com base em educação, treinamento e/ou experiência apropriados.

### 15.6 - Comunicação

Em caso de dúvida quanto ao descarte de resíduos, favor entrar em contato com a Área de Gestão Integrada de Programas da TOSHIBA pelo telefone (0xx31) 3329-6557.

#### *\*Aterro para resíduo classe 1*

*Classe 1 - Resíduos Perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, conforme definição da norma ABNT NBR 10.004.*

### 16 - Desenhos e instruções específicos em anexo

Segue à parte deste manual:

- Manual de instruções do controle regulador de tensão;
- Desenhos específicos aplicados ao regulador;
- Processo de pintura específico ao regulador.





**TOSHIBA AMÉRICA DO SUL LTDA.**

Rodovia Fernão Dias (BR 381), 3045 - Bandeirantes - Contagem - MG - Brasil - CEP: 32240-090

Vendas no Brasil: +55 31 3329-6650 - Vendas no Mundo: +55 31 3329-6660

Serviços: +55 31 3329-6565 - Geral Fax: + 55 31 3329-6699

**e-mail: [exportsales@toshiba.com.br](mailto:exportsales@toshiba.com.br), [falecom@toshiba.com.br](mailto:falecom@toshiba.com.br)**

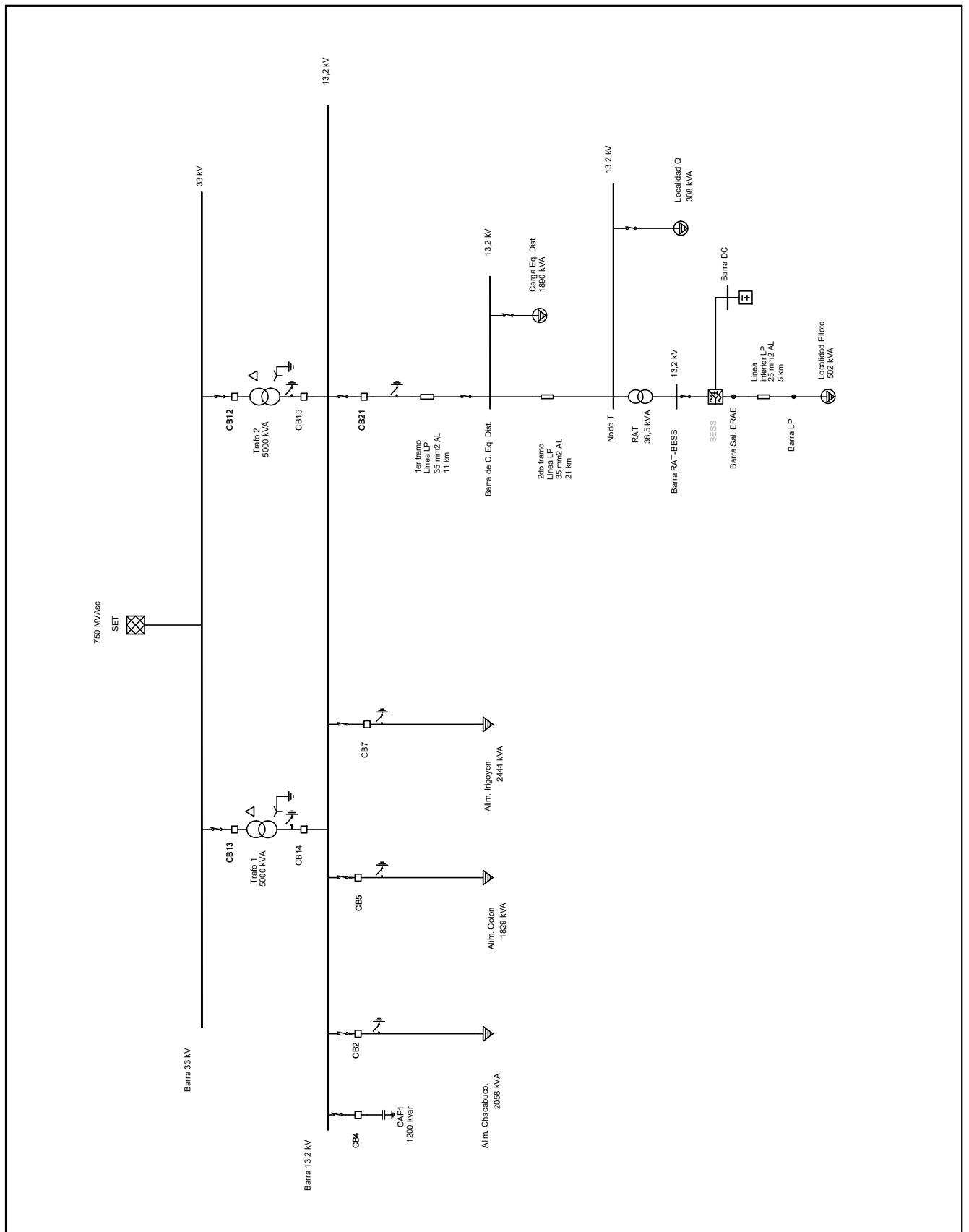
**[www.toshiba.com.br](http://www.toshiba.com.br)**



# APÉNDICE 14.6

Informe ETAP - Alternativa 1





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ

PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"

**A**

Diagrama de simulación ETAP "Alt. 1 - Estación de regulación y almacenamiento de energía"

Esc: S/E

Docentes: Ing. Gustavo Ruhl  
Ing. Nicolás Maximino  
Tutor: Ing. Alejandro Jerichau

Alumnos: Lucas Juan Marcos Mateo  
Miguel Sebastian Zeballos  
Paraná, marzo de 2020







# Informe de simulacion ETAP "Alt. 1 - Estacion de regulacion y almacenamiento de energia"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 1

**ETAP**  
 12.6.0H

Caso de Estudio: LF

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

## Informe de Flujo de Carga

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma	
* 01 Barra 33 kV	33.000	100.000	0.0	9.027	2.203	0	0	02 Barra 13.2 kV	4.513	1.102	81.3	97.1	-5.625	
								02 Barra 13.2 kV	4.513	1.102	81.3	97.1	-5.625	
02 Barra 13.2 kV	13.200	103.938	-3.2	0	0	6.498	0.839	03 Barra de C. Eq. Dist.	2.465	0.818	109.3	94.9		
								01 Barra 33 kV	-4.481	-0.829	191.8	98.3		
								01 Barra 33 kV	-4.481	-0.829	191.8	98.3		
03 Barra de C. Eq. Dist.	13.200	88.406	-3.5	0	0	1.794	0.595	02 Barra 13.2 kV	-2.099	-0.692	109.4	95.0		
								04 Nodo T	0.305	0.097	15.9	95.3		
04 Nodo T	13.200	84.204	-3.6	0	0	0.291	0.101	03 Barra de C. Eq. Dist.	-0.291	-0.101	16.0	94.5		
								05 Barra RAT-BESS	0.000	0.000	0.0	0.0		
05 Barra RAT-BESS	13.200	92.624	-3.6	0	0	0	0	04 Nodo T	0.000	0.000	0.0	0.0	10.000	
* 06 Barra salida ERAE	13.200	100.000	0.0	0.452	0.240	0	0	07 Barra LP	0.452	0.240	22.4	88.3		
07 Barra LP	13.200	97.911	0.4	0	0	0.441	0.240	06 Barra salida ERAE	-0.441	-0.240	22.4	87.8		

\* Indica una barra con tensión regulada (con máquinas de tensión controlada o máquinas de referencia conectadas)

# Indica una barra con tiene un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA



# APÉNDICE 14.7

Informe ETAP - Alternativa 2







# Informe de simulacion ETAP "Alt. 2 - Nuevo alimentador 13,2 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 2

**ETAP**  
 12.6.0H

Caso de Estudio: LF

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

## Informe de Flujo de Carga

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma	
* 01 Barra 33 kV	33.000	100.000	0.0	9.524	2.536	0	0	02 Barra 13.2 kV	4.762	1.268	86.2	96.6	-5.625	
								02 Barra 13.2 kV	4.762	1.268	86.2	96.6	-5.625	
02 Barra 13.2 kV	13.200	103.694	-3.4	0	0	6.467	0.835	03 Barra C. Eq. Dist.	2.172	0.723	96.6	94.9		
								04 Nodo T	0.813	0.364	37.6	91.3		
								01 Barra 33 kV	-4.726	-0.961	203.4	98.0		
								01 Barra 33 kV	-4.726	-0.961	203.4	98.0		
03 Barra C. Eq. Dist.	13.200	89.968	-3.6	0	0	1.887	0.626	02 Barra 13.2 kV	-1.887	-0.626	96.6	94.9		
04 Nodo T	13.200	94.403	-4.0	0	0	0.291	0.101	05 Barra LP	0.452	0.240	23.7	88.3		
								02 Barra 13.2 kV	-0.743	-0.341	37.9	90.9		
05 Barra LP	13.200	92.188	-3.5	0	0	0.440	0.240	04 Nodo T	-0.440	-0.240	23.8	87.8		

\* Indica una barra con tensión regulada (con máquinas de tensión controlada o máquinas de referencia conectadas)

# Indica una barra con tiene un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

# Informe de simulacion ETAP "Alt. 2 - Nuevo alimentador 13,2 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 2

**ETAP**  
 12.6.0H

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Caso de Estudio: SC

## REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta en Barra: **05 Barra LP**  
 kV Nominal = 13.200  
 Factor c Tensión = 1.10 (Definido por el Usuario)

Contribución		Falta Trifásica		Falta Línea-a-Tierra					Impedancias de Secuencia Positiva y Cero Observando en "Barra Origen"			
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA rms Sim.	% Tensión en Barra Origen			kA Sim. rms		% Impedancia en Base 100 MVA			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
05 Barra LP	Total	0.00	0.491	0.00	137.96	124.60	0.258	0.258	6.62E+002	7.24E+002	1.59E+003	3.33E+003
04 Nodo T	05 Barra LP	27.64	0.371	20.11	132.76	120.06	0.215	0.258	1.08E+003	7.23E+002	1.59E+003	3.33E+003
Localidad Piloto	05 Barra LP	100.00	0.157	100.00	100.00	100.00	0.055	0.000	4.55E+002	3.04E+003		
02 Barra 13.2 kV	04 Nodo T	96.78	0.319	97.52	100.25	100.20	0.195	0.258	9.44E+002	6.10E+002	1.20E+003	2.87E+003
Localidad Q	04 Nodo T	100.00	0.072	100.00	100.00	100.00	0.025	0.000	7.41E+002	4.94E+003		

	Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms) :	0.491	0.258	0.425	0.455
Corriente Pico (kA), Método C :	0.902	0.475	0.781	0.837
Corriente de Corte (kA, rms, symm) :		0.258	0.425	0.455
Corriente de Estado Permanente (kA, rms) :	0.327	0.258	0.425	0.455

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica contribución a corriente de falta de secuencia cero (3I0) desde transformador Delta-Y conectado a tierra



# Informe de simulacion ETAP "Alt. 2 - Nuevo alimentador 13,2 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 2

**ETAP**  
 12.6.0H

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Caso de Estudio: SC

## REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta en Barra: **04 Nodo T**  
 kV Nominal = 13.200  
 Factor c Tensión = 1.10 (Definido por el Usuario)

Contribución		Falta Trifásica		Falta Línea-a-Tierra					Impedancias de Secuencia Positiva y Cero Observando en "Barra Origen"			
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA rms Sim.	% Tensión en Barra Origen			kA Sim. rms		% Impedancia en Base 100 MVA			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
04 Nodo T	Total	0.00	0.626	0.00	140.20	126.26	0.314	0.314	5.05E+002	5.80E+002	1.20E+003	2.87E+003
05 Barra LP	04 Nodo T	11.12	0.149	3.72	139.33	127.75	0.050	0.000	8.03E+002	3.12E+003		
02 Barra 13.2 kV	04 Nodo T	95.14	0.428	96.71	100.29	100.16	0.246	0.314	9.44E+002	6.10E+002	1.20E+003	2.87E+003
Localidad Q	04 Nodo T	100.00	0.096	100.00	100.00	100.00	0.032	0.000	7.41E+002	4.94E+003		
Localidad Piloto	05 Barra LP	100.00	0.149	100.00	100.00	100.00	0.050	0.000	4.55E+002	3.04E+003		
03 Barra C. Eq. Dist.	02 Barra 13.2 kV	98.02	0.027	98.56	99.83	100.19	0.013	0.011	5.41E+002	9.81E+002	6.33E+002	1.81E+003
01 Barra 33 kV	02 Barra 13.2 kV	98.92	0.201	99.88	100.00	99.65	0.117	0.152 *	4.59E+001	1.45E+002	1.67E+001	1.42E+002
01 Barra 33 kV	02 Barra 13.2 kV	98.92	0.201	99.88	100.00	99.65	0.117	0.152 *	4.59E+001	1.45E+002	1.67E+001	1.42E+002
		Trifásico	L-G	L-L	L-L-G							
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms)	:	0.626	0.314	0.542	0.580							
Corriente Pico (kA), Método C	:	1.108	0.556	0.959	1.026							
Corriente de Corte (kA, rms, symm)	:		0.314	0.542	0.580							
Corriente de Estado Permanente (kA, rms)	:	0.427	0.314	0.542	0.580							

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

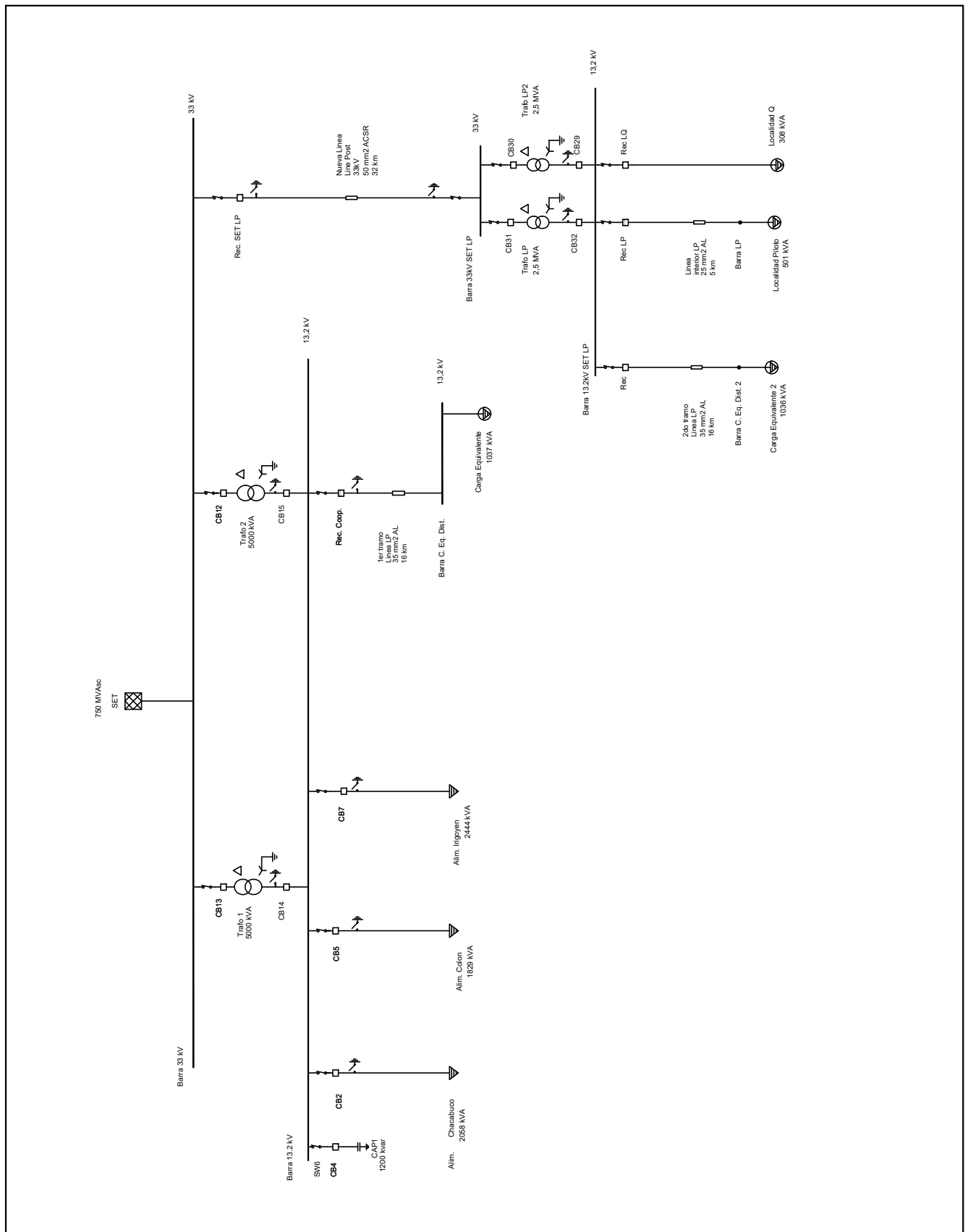
\* Indica contribución a corriente de falta de secuencia cero (3I0) desde transformador Delta-Y conectado a tierra



# APÉNDICE 14.8

Informe ETAP - Alternativa 3





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL PARANÁ

PROYECTO FINAL: "IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERSA"

C

Diaframa de simulación ETAP "Alt. 3 - Nuevo alimentador 33 kV"

Esc: S/E

Docentes: Ing. Gustavo Ruhl  
Ing. Nicolás Maximino  
Tutor: Ing. Alejandro Jerichau

Alumnos: Lucas Juan Marcos Mateo  
Miguel Sebastián Zeballos  
Paraná, marzo de 2020





# Informe de simulacion ETAP "Alt. 3 - Nuevo alimentador 33 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 3

**ETAP**  
 12.6.0H

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config: Normal

Caso de Estudio: LF

## Informe de Flujo de Carga

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma
* 01 Barra 33 kV	33.000	100.000	0.0	9.538	2.277	0	0	04 Barra 33kV SET LP	1.935	0.700	36.0	94.0	
								02 Barra 13.2 kV	3.802	0.789	67.9	97.9	-5.000
								02 Barra 13.2 kV	3.802	0.789	67.9	97.9	-5.000
02 Barra 13.2 kV	13.200	103.717	-2.8	0	0	6.470	0.836	03 Barra C. Eq. Dist.	1.088	0.355	48.3	95.1	
								01 Barra 33 kV	-3.779	-0.595	161.3	98.8	
								01 Barra 33 kV	-3.779	-0.595	161.3	98.8	
03 Barra C. Eq. Dist.	13.200	93.729	-2.9	0	0	0.984	0.326	02 Barra 13.2 kV	-0.984	-0.326	48.4	94.9	
04 Barra 33kV SET LP	33.000	94.702	-0.4	0	0	0	0	01 Barra 33 kV	-1.837	-0.744	36.6	92.7	
								05 Barra 13.2kV SET LP	0.918	0.372	18.3	92.7	-5.000
								05 Barra 13.2kV SET LP	0.918	0.372	18.3	92.7	-5.000
05 Barra 13.2kV SET LP	13.200	103.330	-1.6	0	0	0.291	0.101	07 Barra C. Eq. Dist. 2	1.088	0.356	48.4	95.1	
								06 Barra LP	0.450	0.239	21.6	88.3	
								04 Barra 33kV SET LP	-0.914	-0.348	41.4	93.5	
								04 Barra 33kV SET LP	-0.914	-0.348	41.4	93.5	
06 Barra LP	13.200	101.315	-1.3	0	0	0.440	0.240	05 Barra 13.2kV SET LP	-0.440	-0.240	21.6	87.8	
07 Barra C. Eq. Dist. 2	13.200	93.306	-1.8	0	0	0.983	0.327	05 Barra 13.2kV SET LP	-0.983	-0.327	48.6	94.9	

\* Indica una barra con tensión regulada (con máquinas de tensión controlada o máquinas de referencia conectadas)

# Indica una barra con tiene un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

# Informe de simulacion ETAP "Alt. 3 - Nuevo alimentador 33 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 3

**ETAP**  
 12.6.0H

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Caso de Estudio: SC

## REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta en Barra: **04 Barra 33kV SET LP**  
 kV Nominal = 33.000  
 Factor c Tensión = 1.10 (Definido por el Usuario)

Contribución		Falta Trifásica		Falta Línea-a-Tierra					Impedancias de Secuencia Positiva y Cero Observando en "Barra Origen"			
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA rms Sim.	% Tensión en Barra Origen			kA Sim. rms		% Impedancia en Base 100 MVA			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
04 Barra 33kV SET LP	Total	0.00	0.990	0.00	173.21	173.21	0.000	0.000	1.52E+002	1.21E+002		
01 Barra 33 kV	04 Barra 33kV SET LP	94.34	0.824	0.00	173.21	173.21	0.000	0.000	2.01E+002	1.18E+002		
05 Barra 13.2kV SET LP	04 Barra 33kV SET LP	13.55	0.104	110.53	110.53	110.53	0.000	0.000	5.79E+002	1.76E+003		
05 Barra 13.2kV SET LP	04 Barra 33kV SET LP	13.55	0.104	110.53	110.53	110.53	0.000	0.000	5.79E+002	1.76E+003		
02 Barra 13.2 kV	01 Barra 33 kV	94.55	0.003	100.00	100.00	100.00	0.000	0.000	1.81E+003	3.69E+003		
02 Barra 13.2 kV SET	01 Barra 33 kV	94.55	0.003	100.00	100.00	100.00	0.000	0.000	1.81E+003	3.69E+003		
07 Barra C. Eq. Dist. 2	05 Barra 13.2kV SET LP	46.31	0.235	110.53	110.53	110.53	0.000	0.000	2.09E+002	1.63E+003		
06 Barra LP	05 Barra 13.2kV SET LP	19.80	0.145	110.53	110.53	110.53	0.000	0.000	8.96E+002	2.51E+003		
Localidad Q	05 Barra 13.2kV SET LP	110.53	0.094	110.53	110.53	110.53	0.000	0.000	6.06E+002	4.04E+003		

	Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms) :	0.990	0.000	0.857	0.857
Corriente Pico (kA), Método C :	1.538	0.000	1.332	1.332
Corriente de Corte (kA, rms, symm) :		0.000	0.857	0.857
Corriente de Estado Permanente (kA, rms) :	0.824	0.000	0.857	0.857

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica contribución a corriente de falta de secuencia cero (3I0) desde transformador Delta-Y conectado a tierra



# Informe de simulacion ETAP "Alt. 3 - Nuevo alimentador 33 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 3

**ETAP**  
 12.6.0H

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Caso de Estudio: SC

## REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta en Barra: **05 Barra 13.2kV SET LP**  
 kV Nominal = 13.200  
 Factor c Tensión = 1.10 (Definido por el Usuario)

Contribución		Falta Trifásica		Falta Línea-a-Tierra					Impedancias de Secuencia Positiva y Cero Observando en "Barra Origen"			
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA rms Sim.	% Tensión en Barra Origen			kA Sim. rms		% Impedancia en Base 100 MVA			
				Va	Vb	Vc	Ia	I30	R1	X1	R0	X0
05 Barra 13.2kV SET LP	Total	0.00	1.688	0.00	101.74	80.25	2.073	2.073	1.40E+002	1.87E+002	1.87E+001	1.12E+002
07 Barra C. Eq. Dist. 2	05 Barra 13.2kV SET LP	37.30	0.242	30.54	95.46	94.24	0.198	0.000	7.33E+002	1.45E+003		
06 Barra LP	05 Barra 13.2kV SET LP	11.12	0.149	9.10	98.23	84.80	0.122	0.000	6.58E+002	2.56E+003		
04 Barra 33kV SET LP	05 Barra 13.2kV SET LP	32.28	0.618	71.13	90.48	44.62	0.850	1.037*	4.40E+002	4.61E+002	3.74E+001	2.24E+002
04 Barra 33kV SET LP	05 Barra 13.2kV SET LP	32.28	0.618	71.13	90.48	44.62	0.850	1.037*	4.40E+002	4.61E+002	3.74E+001	2.24E+002
Localidad Q	05 Barra 13.2kV SET LP	100.00	0.096	100.00	100.00	100.00	0.079	0.000	6.06E+002	4.04E+003		
Carga Equivalente 2	07 Barra C. Eq. Dist. 2	100.00	0.242	100.00	100.00	100.00	0.198	0.000	1.80E+002	1.20E+003		
Localidad Piloto	06 Barra LP	100.00	0.149	100.00	100.00	100.00	0.122	0.000	3.73E+002	2.49E+003		
01 Barra 33 kV	04 Barra 33kV SET LP	87.35	0.546	89.79	90.48	87.65	0.387	0.000	2.87E+002	2.24E+001		

	Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms)	1.688	2.073	1.462	2.187
Corriente Pico (kA), Método C	2.813	3.455	2.436	3.645
Corriente de Corte (kA, rms, symm)		2.073	1.462	2.187
Corriente de Estado Permanente (kA, rms)	1.236	2.073	1.462	2.187

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica contribución a corriente de falta de secuencia cero (3I0) desde transformador Delta-Y conectado a tierra

# Informe de simulacion ETAP "Alt. 3 - Nuevo alimentador 33 kV"

Proyecto: Proyecto Final  
 Ubicación: Localidad Piloto, E.R.  
 Nombre de Archivo: Alternativa 3

**ETAP**  
 12.6.0H

Página: 1  
 Fecha: 02-2020  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Caso de Estudio: SC

## REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta en Barra: **06 Barra LP**  
 kV Nominal = 13.200  
 Factor c Tensión = 1.10 (Definido por el Usuario)

Contribución		Falta Trifásica		Falta Línea-a-Tierra					Impedancias de Secuencia Positiva y Cero Observando en "Barra Origen"			
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA rms Sim.	% Tensión en Barra Origen			kA Sim. rms		% Impedancia en Base 100 MVA			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
06 Barra LP	Total	0.00	0.867	0.00	113.54	96.46	0.794	0.794	3.53E+002	2.86E+002	3.38E+002	4.90E+002
05 Barra 13.2kV SET LP	06 Barra LP	56.56	0.759	65.72	96.94	95.33	0.726	0.794	4.45E+002	2.67E+002	3.38E+002	4.90E+002
Localidad Piloto	06 Barra LP	100.00	0.157	100.00	100.00	100.00	0.096	0.000	3.73E+002	2.49E+003		
07 Barra C. Eq. Dist. 2	05 Barra 13.2kV SET LP	74.81	0.118	76.51	97.12	99.73	0.072	0.000	7.33E+002	1.45E+003		
04 Barra 33kV SET LP	05 Barra 13.2kV SET LP	58.17	0.302	76.55	90.48	75.71	0.315	0.397*	4.40E+002	4.61E+002	3.74E+001	2.24E+002
04 Barra 33kV SET LP	05 Barra 13.2kV SET LP	58.17	0.302	76.55	90.48	75.71	0.315	0.397*	4.40E+002	4.61E+002	3.74E+001	2.24E+002
Localidad Q	05 Barra 13.2kV SET LP	100.00	0.047	100.00	100.00	100.00	0.029	0.000	6.06E+002	4.04E+003		

	Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms) :	0.867	0.794	0.751	0.899
Corriente Pico (kA), Método C :	1.407	1.287	1.218	1.458
Corriente de Corte (kA, rms, symm) :		0.794	0.751	0.899
Corriente de Estado Permanente (kA, rms) :	0.670	0.794	0.751	0.899

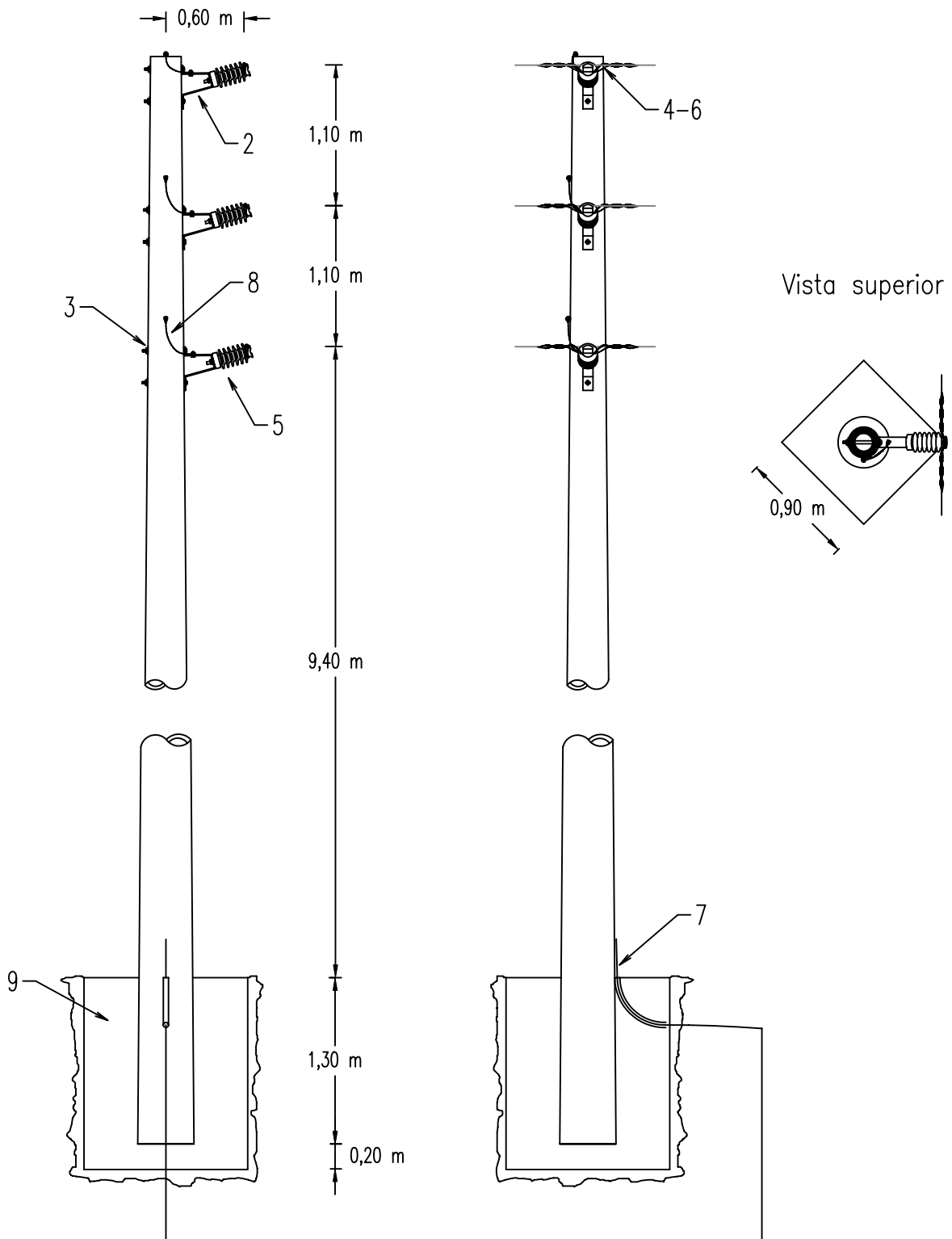
# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados

\* Indica contribución a corriente de falta de secuencia cero (3I0) desde transformador Delta-Y conectado a tierra

# APÉNDICE 14.9

Tipo constructivo ENERSA de  
alineación coplanar vertical 13,2 kV





Nota:

La base está dimensionada para un terreno con coeficiente de compresibilidad de 6 kg/cm<sup>3</sup>

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Matrícula
1	Poste de H° pretensado de 13,00 m 900 DaN	pza	1	03011300927
2	Mensula de soporte para aisladores line post	pza	3	03295050029
3	Bulon MN 55	pza	3	03300505529
4	Alambre de Al diámetro 4,2 mm	m	6	03303900224
5	Aislador de porcelana line post para 13,2 kV	pza	3	03329940026
6	Varilla de Protección Preformada s/sección cable	pza	1	----
7	Puesta a tierra de estructuras s/TC-128	cjto	1	TC-128
8	Puesta a tierra de crucetas y ménsulas s/TC-128	cjto	3	TC-128
9	Hormigón simple para bases	m3	0,9	----

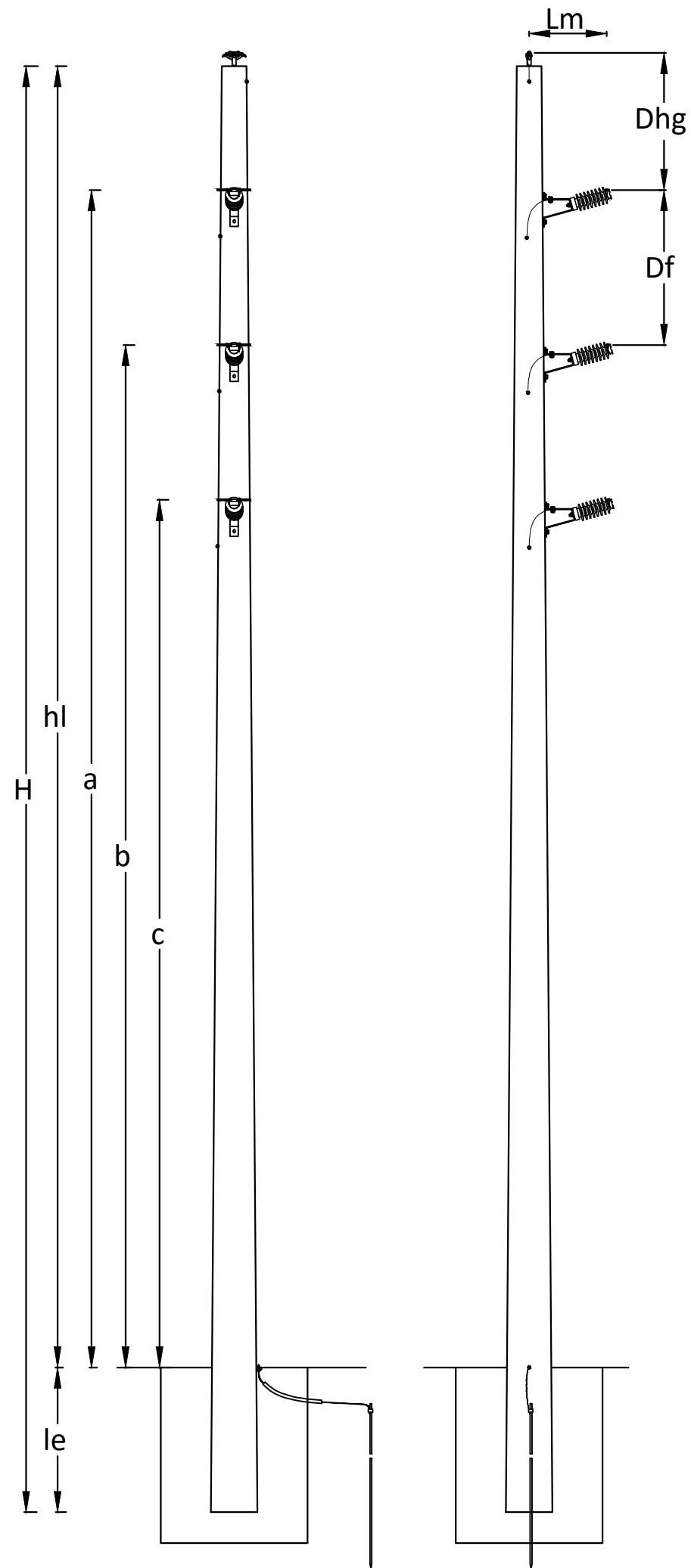


# APÉNDICE 14.10

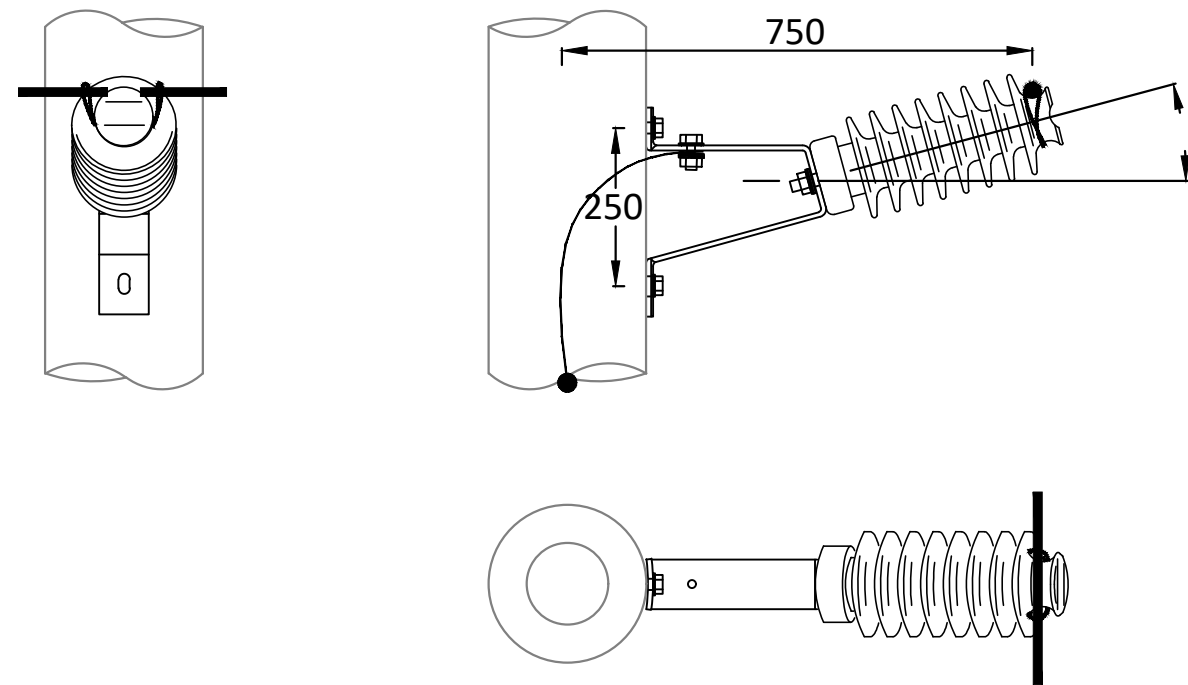
Estructura típica ENERSA de  
alineación coplanar vertical 33 kV







Tipo estructura	Poste										Mensula
	H	N° Postes	Ro	hl	e	Df	Dhg	a	b	c	
	(m)		(daN)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
A(d)	15	1	1900	13,50	1,50	1,50	1,30	12,21	10,71	9,21	0,75
AA(d)	15	1	2200	13,50	1,50	1,50	1,30	12,30	10,80	9,30	0,75





# APÉNDICE 14.11

Cotización reguladores  
automaticos de tensión





domingo, 04 de agosto de 2019

Para: ENERSA  
Racedo 500- Parana -Entre Rios  
Argentina  
Lucas Mateo

Tel: +54 3434700677

Ref.: Solicitud recibida vía email el día 18 Julio 2019  
Proyecto: N/A  
OEM: N/A  
Usuario Final:  
Proposal - 190718LLA - Comercial

**Asunto: Solicitud de Cotización por Reguladores de Voltaje**

Ítem	Descripción	Cant.	Precio/Unit	Total
1.1	SVR 38,1kVA-7,62kV-50A	3	US \$ 10,173.00	US\$ 30,520.00

**ESPECIFICACIONES**

Se considera cada Regulador con 3 controladores individuales, inmerso en aceite mineral.  
Los equipos operan en tensiones adicionales, de acuerdo con lo informado en la Propuesta Técnica.  
Se considera cambiador de taps modelo CR-3.  
Se considera el Control TVC-MP con módulo Bluetooth para operación remota

**ACCESORIOS / OPCIONES:** (precio neto por banco)

- N/A

**FICHAS TECNICA / PLANOS:**

- Adjunto documento "Lista de Planos, Accesorios y Catálogos", "Propuesta Técnica"
- Dimensiones para transporte: 675 x 1165 x 1895H - Peso por regulador = 750kg.

**INSPECCION Y PRUEBAS:**

La inspección y prueba en la fábrica se hará en presencia del inspector del comprador o de su representante autorizado, a menos que él renuncie a presenciar dichas pruebas y/o acuerde aceptar el informe de pruebas del fabricante. Informamos que la planta industrial para verificación del cliente es en Contagem - Rodovia Fernão Dias – Brasil.

**DESVIACIONES / COMENTARIOS:**

- N/A



domingo, 04 de agosto de 2019

Proposal - 190718LLA - Comercial  
Page 2 of 2

**CONDICIONES GENERALES**

Validez de la Cotización: 60 días, contados a partir del 24 de julio 2019 y su extensión estará sujeta a nuestra confirmación.

Plazo de Entrega Estimado: 130 Días contados a partir de la fecha de recepción de OC

El plazo de entrega podrá ser postergado, por el período que fuera necesario a Toshiba, debido a los siguientes acontecimientos:

- \* Retraso en el recibo de informaciones o planos aprobados por el comprador, necesarios para dar continuidad al proceso de fabricación;
- \* Fuerza mayor o casos fortuitos

Condiciones de Entrega (Incoterms 2010): Ex Works planta TSEA Toshiba Brasil

El título y riesgo de pérdida es transferido en el punto de entrega.

El embalaje será el estándar de exportación de Toshiba.

Condiciones de Pago: Neto 30 días desde la fecha de recepción del equipo con crédito aprobado, de lo contrario el pago será negociado.

Condiciones de Venta: Esta propuesta se basa en la aceptación de los Términos y Condiciones de Ventas Flopower adjuntos.

En el valor indicado no se considera instalación de los Equipos.

En el caso que el cliente, por cualquier motivo, no pueda recibir los equipos en la fecha acordada y solicite postergación en el plazo de entrega, él será responsable por los costos asociados de dicha postergación, tales como: almacenaje, seguro, etc.

En el valor indicado no se considera instalación de los Equipos.

La garantía del equipo es por un plazo de 12 (doce) meses contados a partir de la fecha de entrega.

Estamos complacidos de presentarle nuestra cotización pensando en sus necesidades, estamos comprometidos en ofrecerles el mayor valor a través de nuestros productos y prestándoles apoyo antes, durante y después de la orden de compra.

No dude en ponerse en contacto con nosotros en el caso de cualquier pregunta.

Atentamente,

Ivan Araya  
Flopower Chile SpA  
D Dr. Barros Borgoño 71, Of. 1605  
Providencia, Santiago  
TEL: +56 (2) 2902 3092  
CEL: +56 (9) 6494 0784  
Email: Ivan.araya@flopower.com