

Sistemas de almacenamiento de energía Tecnología BESS.

Parte 5

1) Operación y Mantenimiento BESS

Corresponde a las actividades asociadas en la determinación de los requisitos de Operaciones y Mantenimiento de las tecnologías BESS, las cuales serán el apoyo para alcanzar los objetivos de la Gestión de Activos.

Estas actividades se establecerán en base al cumplimiento de los Objetivos Estratégicos de la Gestión de Activos Físicos (en particular de los BESS de planta), considerando los presupuestos disponibles, la legislación, las políticas regulatorias y los contratos vigentes.

A los fines, podemos establecer que un Programa de Operación y Mantenimiento BESS adecuado, deberá, en primera instancia, permitir sostener o extender la vida útil de los dispositivos de almacenamiento de energía, proporcionando, además, los siguientes beneficios:

- Reducción a largo plazo de los Costos del Ciclo de Vida BESS.
- Mejora en el desempeño de los BESS, de forma tal de asegurar un nivel predecible y aceptable de operación, a lo largo de los respectivos ciclos de vida.
- Reducción del riesgo, con el fin de incrementar la seguridad del personal, las instalaciones, los niveles de servicio, el impacto sobre el ambiente y el desempeño de los BESS.
- La realización de valor y optimización de la vida de los BESS, a través de la mejora de la Confiabilidad y la Mantenibilidad.
- Gestión de los Riesgos de Fallas y Oportunidades asociadas. Implementación de ACR.
- Mejora de la percepción, por parte de las Partes Interesadas, sobre los estándares de servicio y la seguridad de los dispositivos de almacenamiento de energía.

NOVA MIRON

Si bien los BESS poseen valores inherentes de Confiabilidad y Mantenibilidad, en la gestión del ciclo de vida se tratará de optimizar las actividades de Mantenimiento, de forma tal de alcanzar las metas mínimas, especificadas en los niveles de servicios.

En tal sentido, las decisiones de Mantenimiento deberán centrarse en los BESS de mayor prioridad (resultado derivado de la Gestión de los Riesgos) y al mismo tiempo considerar la criticidad de los mismos, sus estados de la condición y el nivel mínimo de inversión requerido para alcanzar los estándares de servicio.

Será necesario considerar los recursos, riesgos y costos asignados a las actividades de O&M, por lo que las tareas asociadas, deberán ser evaluadas y combinadas en actividades de trabajo planificadas, programadas y controladas, incorporando los costos de las intervenciones planificadas, así como el riesgo y el costo de las fallas (equilibrio entre los costos y los riesgos), además de otros impactos sobre los objetivos.

Además, se tendrá en cuenta que muchas causas de riesgos de fallas en los BESS tienen su origen en deficiencias derivadas de la etapa de Pre Puesta en Servicio del Ciclo de Vida, determinando que el modelo de Mantenimiento requerirá de predicciones de desempeño futuro (Monitoreo de la Condición), incluyendo perfiles de riesgos, ya sea que las fallas sean aleatorias o dependientes del tiempo.

Por lo tanto, será fundamental entender y analizar cómo fallan los BESS (mecanismos de fallas), el impacto ocasionado por estas fallas (consecuencias) y qué se puede hacer para prevenirlas y reducir consecuentemente las probabilidades de ocurrencia de los eventos asociados, así como los efectos negativos sobre los Objetivos Estratégicos.

Considerando lo dicho previamente, para la toma de decisiones O&M se recurrirá, como una fuente de datos e información de primer nivel inicial, a las recomendaciones del proveedor/fabricante del BESS, así como a lo especificado en las normas y recomendaciones prácticas vigentes.

Podemos resumir, a continuación, las consideraciones generales, a tener en cuenta, en la gestión del ciclo de O&M de los BESS.

- Asegurar que los BESS sean operados y mantenidos de acuerdo con el diseño de los mismos y las condiciones de contexto especificadas.

NOVA MIRON

- Especificar las decisiones de Gestión de Mantenimiento que se adoptarán para la tecnología BESS adoptada, en relación con el riesgo, los costos y el desempeño.
- Se analizarán los datos adquiridos de los dispositivos BESS, así como la información derivada, con una frecuencia establecida, adoptando acciones integradas ante anomalías detectadas, asistiendo de tal forma a la determinación del estado de la condición de los mismos.
- Integrar O&M en las actividades de ACR, ante eventos de fallas.
- Integrar O&M en el desarrollo de Proveedores, en especial de los insumos críticos, basado en la Gestión de los Riesgos y las Oportunidades.
- Integrar O&M en la toma de decisiones de Adquisición y Disposición de los dispositivos BESS, teniendo en cuenta los datos e información registrados y en base a lo establecido en las interrelaciones funcionales.
- Asegurar y facilitar la capacitación y la transferencia de conocimiento del fabricante, ante la adquisición o alquiler de un dispositivo BESS.
- Coordinar y controlar las actividades de Operaciones realizadas por Terceros (Subcontratistas), asegurando, de tal forma, el correcto cumplimiento de los contratos.

Las actividades de Operaciones en particular, se pueden establecer de la siguiente forma:

- Implementar la buena práctica de disminuir la salida de servicio de los dispositivos BESS, ante eventos de contingencia.
- Adoptar acciones para favorecer el desarrollo de planes de Mantenimiento Preventivo a tiempo y que involucre a todos los dispositivos BESS de la planta.
- Se llevarán registros (datos e información) diarios, semanales, mensuales, cuatrimestrales y anuales, según corresponda.
- Gestionar las operaciones BESS, en base al enfoque de alcanzar las metas de Confiabilidad y Mantenibilidad Operacional especificadas, ante determinados requerimientos de demanda.

NOVA MIRON

- Implementar un proceso de Gestión de los Riesgos y Oportunidades, en relación a los BESS, en general y a las operaciones, en particular.
- Realizar y registrar, en forma periódica, rondines/recorridos para inspeccionar los dispositivos BESS de la planta, a operar.
- Analizar, cuestionar y adoptar acciones, ante eventos de falla/disparo de las protecciones asociadas a los BESS.
- Para adoptar condiciones operativas de los BESS, se considerarán los registros, experiencia, historiales, en relación a fijar valores límites para los parámetros de operación, así como los valores operativos especificados por el fabricante.
- Adoptar acciones para minimizar las salidas de servicio forzadas, considerando lo indicado en el Plan de Mantenimiento y lo especificado en las recomendaciones del fabricante del BESS.
- Toma de conciencia, en las operaciones, de trabajar atendiendo a las distintas etapas del Ciclo de Vida de los BESS de planta.
- Las actividades de seguimiento y control operativo deberán garantizar el desempeño óptimo, así como la eficiencia asociada y la vida útil de los BESS de planta.
- Se deberá enfocar en la gestión del sistema de monitorización y control, en la verificación del estado operativo integral y en la gestión de datos e informes, de cada BESS de planta.
- Además, se implementará una gestión medioambiental, asegurando la disposición correcta de los residuos y en la disposición de las baterías envejecidas y/o con fallas.

Las actividades operativas de los BESS pueden establecerse de la siguiente forma:

a) Revisión del estado operativo de las baterías

Indagación por el estado de carga (SoC) y eventual degradación de las baterías.
Son los factores críticos de operación del sistema.

NOVA MIRON

Revisar y evaluar el Estado de Carga de las baterías (estados muy altos o muy bajos), ya que la operación a niveles dilatados de tiempo, pueden desarrollar estrés químico, impactando en el desempeño electroquímico del banco de baterías.

Se deberá establecer el nivel de degradación y el estado de carga, con el fin de asegurar una operación confiable de los BESS de planta.

De igual forma, se deberá controlar la Profundidad de Descarga (DoD), ante el estrés de origen mecánico, en los electrodos de las baterías.

A los fines, se puede implementar un indicador que refiera al estado de degradación de las baterías, dado por la relación entre la capacidad remanente y la capacidad inicial (SoH).

b) Control y evaluación de la actividad térmica

La actividad térmica de las baterías es un factor clave en los BESS, ya que impacta en el desempeño, la eficiencia y la vida útil.

Este hecho es crítico, ya que los valores absolutos de temperatura, así como los gradientes, tienen una influencia decisiva sobre los procesos electroquímicos en el interior de las baterías (eventuales reacciones químicas aceleradas).

Esto determina un proceso de envejecimiento acelerado, directamente proporcional al aumento de la temperatura.

A bajas temperaturas también vamos a encontrarnos con una pérdida de desempeño de las baterías, ya que se produce una reducción de la conductividad iónica (aumento consecuente de la resistencia interna de la batería), con el resultado de una disminución de la eficiencia.

Además, se deberá controlar, en la operación, los procesos de carga y descarga, ya que los niveles altos de los mismos pueden ser causa de actividad térmica y estrés mecánico en las baterías, favoreciendo el envejecimiento

c) Control de los sistemas de gestión térmica

NOVA MIRON

El objetivo será el de controlar la temperatura de las baterías, con el fin de que las mismas se encuentren en un intervalo óptimo de operación. Por ejemplo, 25 °C a 35 °C en el caso de disponer de baterías de litio-ion.

Comprende la revisión y control del sistema de refrigeración (por aire pasivo, aire activo, líquido indirecto, líquido directo), así como la aislación térmica, con el objetivo de asegurar la mínima transferencia del flujo de calor hacia el interior o desde el exterior de los bancos de baterías, logrando una temperatura operativa estable.

En relación al sistema de monitoreo y acción de control, se deberá verificar el estado operativo de los sensores de temperatura, así como de todo dispositivo que provea de información del estado térmico del BESS.

La acción de control ajusta los parámetros del sistema de refrigeración, con el objetivo de mantener la temperatura óptima de operación del banco de baterías. Se deberá revisar periódicamente el estado de estos sistemas de monitoreo-acción de control.

Además de determinar la distribución de la temperatura dentro del BESS, será fundamental proceder a la identificación de puntos calientes en los bancos de baterías, cables y conexiones.

d) Control del sistema de monitoreo

Como se estableció en el ítem previo, la verificación operativa de los sistemas de monitoreo y control, será clave para una gestión térmica eficaz.

Los datos e informaciones consecuentes, serán relevados por los sensores de temperatura (ej. termistores), proporcionando datos en tiempo real sobre la temperatura de las baterías.

Además, se podrá verificar el estado, a través del uso de cámaras térmicas, obteniendo así datos e información sobre la distribución de la temperatura dentro del BESS.

Los controladores tendrán la función de adoptar acciones para mantener las temperaturas a los niveles óptimos especificados de operación.

e) Control de la operación

Será importante controlar la capacidad de adaptación a las demandas de energía variables en el tiempo, así como a los cambios derivados por actualizaciones tecnológicas.

En tal sentido, se verificará en operación el diseño modular del BESS, en relación a los componentes que interactúan a través de interfases normalizadas, el monitoreo de la temperatura en tiempo real, los niveles de tensión de la instalación y el estado de carga de los bancos de baterías.

Además, teniendo en cuenta a las baterías, se controlará que las mismas, en su operación modular, permitan aumentos graduales de la capacidad de almacenamiento, manteniendo, al mismo tiempo, el rendimiento (integración modular de las baterías sin comprometer sus funciones y la eficiencia de almacenamiento).

Otro enfoque de control de la operación, será el de verificar la flexibilidad de la estructura del sistema BESS, en relación a la integración de módulos accesorios, sin que se manifieste la degradación en la performance.

f) Control del transformador BESS, conexiones

El transformador BESS es un componente crítico en la interrelación del SAE con la red eléctrica.

Las actividades de control, desde el enfoque operativo, se pueden detallar de la siguiente forma:

Controles diarios/semanales

- Registro de condiciones operativas de carga.
- Registro de la temperatura del aceite (para los trafos en aceite o dieléctrico líquido).
- Registro de la temperatura de los bobinados.
- Registro de la presión de N₂ en trafos de llenado integral.

NOVA MIRON

- Registro de las condiciones operativas de las bombas de circulación del aceite y los ventiladores, en trafos en aceite de potencia.
- Registro del estado de los moto-ventiladores en los trafos secos.
- Registro de sonidos anómalos o vibraciones.
- Registro de eventos.

Controles mensuales (trafos en aislación líquida)

- Verificar la existencia de pérdidas.
- Verificar el nivel de aceite en el tanque de expansión y en los bushings.
- Verificación del estado del silicagel.

Controles anuales

- Inspección visual detallada (secador, terminales, cuba, tanque, conmutador, radiadores, etc.).
- Evaluación termográfica (detección de puntos calientes).
- Verificar el estado del equipo de maniobra.

Las actividades de Mantenimiento, en particular, se pueden establecer de la siguiente forma:

- Orientar hacia un enfoque Proactivo del Mantenimiento, así como de acciones Predictivas (Monitoreo de la Condición), sobre los BESS de planta, Informando y gestionando cualquier problema de desempeño y acciones correctivas.
- Las tácticas de Mantenimiento adoptadas deberán estar asociadas a los resultados derivados de la Gestión de los Riesgos de los dispositivos BESS. Se deberá cumplir con estándares y procesos relevantes y gestión de riesgos identificados.
- También deberán estar alineadas a la Gestión de los Costos, la cual dispondrá de la información derivada de los costos del BESS a intervenir, junto a los Costos del Ciclo de Vida.
- Implementar el ACR, a lo largo de todo el Ciclo de Vida de los BESS de planta.

NOVA MIRON

- Implementar el uso del desempeño de tendencia, frente a la vida prevista del BESS, para el seguimiento y la planificación de reacondicionamientos o disposiciones.
- Coordinar y controlar las actividades de Mantenimiento realizadas por Terceros (Subcontratistas), asegurando, de tal forma, el correcto cumplimiento de los contratos.
- Detección de averías y reparación, en donde se deberá de disponer de las competencias requeridas para identificar y resolver problemas, tales como desequilibrios en las baterías y fallas en los convertidores de potencia.

En tal sentido, el uso de herramientas, como ser el Análisis de Árbol de Fallas (FTA), puede facilitar la detección sistemática de averías.

- El Mantenimiento Correctivo, deberá tener en cuenta las actividades de revisión y reparación de los componentes e infraestructura de los BESS, coordinando a los efectos, los trabajos de reparación (post período de garantía), actividades de logística y administración, verificación de las reparaciones realizadas y documentación asociada.
- Mantenimiento del estado de los cables, conexiones, LAT (conductores, aisladores, morsetería, PAT, etc.), incorporando la previsión de los estados y las eventuales reparaciones.
- En cuanto al Mantenimiento de los transformadores BESS, se implementará el análisis Físico-Químico del aislante líquido, el análisis CGD (cromatografía de gases disueltos) del aislante líquido, la evaluación termográfica (detección de puntos calientes), ensayos dieléctricos, ensayos eléctricos, ensayo SFRA (obligado ante eventos electrodinámicos), verificación del estado de los dispositivos y señales del sistema de protección, verificación del estado de los dispositivos del sistema de refrigeración (ventiladores, bombas), limpieza, control de torque, control del ajuste en los tacos en trafos secos, reparación de pérdidas en trafos de aislación líquida, reparación o reemplazo de componentes, mantenimiento básico sobre el equipo de maniobra.
- Gestionar los inventarios-repuestos, disponiendo de un almacenamiento adecuado y óptimo de los repuestos de los BESS de planta, atendiendo a la Disponibilidad fijada

NOVA MIRON

por Gerencia de Activos y contratos de entrega de energía acordados, así como de los análisis de riesgos y de los costos por capital inmovilizado.

- Implicará identificar, adquirir, almacenar y gestionar el inventario y la distribución de componentes críticos (baterías, convertidores y otros subsistemas fundamentales).
- Los Planes de Mantenimiento Preventivo y Correctivo deberán tener en cuenta los objetivos de minimizar la pérdida de entrega de energía almacenada, maximizar la entrega de energía almacenada en los períodos de máxima demanda o ante estados de contingencia del sistema eléctrico de potencia, los eventuales daños a la infraestructura, problemas de seguridad, las interrupciones (planificadas o no planificadas) del suministro eléctrico y el cumplimiento de la legislación vigente, las regulaciones y contratos.
- La implementación del Mantenimiento Predictivo determina una táctica principal para gestionar la Confiabilidad, la eficiencia y la vida útil de los BESS de planta.
- A estos fines, se deberá integrar el Mantenimiento Basado en la Condición, con los datos relevados de los sensores del BESS, en tiempo real, comparándolos con los límites establecidos para planificar y programar el mantenimiento.
- Además, la Gestión de Mantenimiento ejecutará el análisis predictivo, con el objetivo de detectar anomalías y realizar el diagnóstico de fallas de los BESS (bancos de baterías, módulos EP de conversión/control y trafos BESS). Se deberá asegurar la calidad de los datos relevados y una planificación-programación del Mantenimiento, eficaces y eficientes.

2) Aplicaciones BESS

A continuación, detallamos las aplicaciones más importantes de los BESS, en su integración con los sistemas eléctricos de potencia, con el fin de solucionar problemas característicos, tanto en la generación, como en la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

a) Suministro eléctrico

NOVA MIRON

El almacenamiento de la energía eléctrica se utiliza para postergar o reducir la necesidad de compra de una nueva capacidad de generación (centrales eléctricas), o la capacidad de compra en el mercado mayorista de electricidad.

Esta aplicación será específica y dependerá del contexto del sistema eléctrico determinado.

b) Regulación

En esta aplicación, el BESS provee de un servicio auxiliar de regulación al sistema eléctrico, el cual consiste, fundamentalmente, en sostener la frecuencia de la red.

En tal sentido, regula el flujo de potencia activa (inyección o absorción) con otras áreas del sistema, atendiendo a las variaciones temporales de la demanda de energía.

c) Estabilidad de la Tensión

La estabilidad de tensión en los nodos de la red se consigue a través del suministro de potencia reactiva en puntos específicos.

Esta compensación de reactivo podrá implementarse a través de BESS, localizados estratégicamente en nodos de la red.

Se puede enfocar hacia una implementación de múltiples BESS, ubicados en las cercanías de grandes cargas (demandas), a través de una topología distribuida.

El BESS, en esta aplicación, deberá operar con un factor de potencia distinto de la unidad, con el fin de suministrar o absorber potencia reactiva.

d) Arbitraje

Refiere al proceso de almacenamiento de la energía eléctrica, atendiendo a las variaciones de los precios durante el día.

Es decir, se enfoca en la compra de la energía eléctrica, al menor precio disponible (durante los periodos en que los precios o los costos marginales del sistema son bajos), con el fin de almacenarla, para luego, cuando el precio se incremente, despacharla al sistema, obteniendo así un excedente económico en la operación.

NOVA MIRON

e) Reserva rodante y no rodante

El funcionamiento de una red eléctrica requiere capacidad de reserva que pueda utilizarse cuando una parte de los recursos de suministro eléctrico normales deje de estar disponible de forma inesperada. Generalmente, las reservas son al menos tan grandes como el recurso más grande (por ejemplo, la unidad de generación más grande) que abastece al sistema, y la capacidad de reserva equivale al 15% - 20% de la capacidad de suministro eléctrico normal.

Las clases de reserva se tienden a establecer, en función del tiempo de respuesta requerido para estabilizar la frecuencia ante una contingencia.

Podemos disponer de la Reserva No Rodante, a través de la cual el sistema de generación (por lo general centrales a gas e hidroeléctricas) incorpora la capacidad de arrancar, sincronizarse y entregar energía, en un plazo de entre 10 y 30 minutos (respaldo para restaurar la reserva rodante o para enfrentar fallas significativas en el sistema).

También, se puede disponer de Reserva Rodante, la cual representa la capacidad de generación ya efectivamente instalada, operativa y sincronizada a la red.

Su tiempo de actuación se mide en segundos a algunos minutos, compensando de tal forma los efectos de las caídas abruptas de generación, o ante picos de demanda.

f) Reserva suplementaria

La Reserva Suplementaria refiere a la capacidad de la generación eléctrica, que no está conectada a la red (fuera de línea), pero puede activarse y entrar en sincronismo en un tiempo estimado de 10 a 25 minutos. Su función será la de ejercer el respaldo, con el objetivo de afrontar fallas imprevistas, o bien ante los efectos de la demanda, cuando la reserva rodante posee un nivel insuficiente para afrontarlos

g) Seguimiento de la carga

Refiere al suministro de energía en respuesta a la variación del balance entre el suministro eléctrico y la carga/demanda, en un área determinada del sistema eléctrico.

NOVA MIRON

La variación de la salida de potencia tiene su causa en las variaciones de la frecuencia del sistema, la carga, o la relación entre estas.

Es decir, se establece según sea necesario para mantener la frecuencia nominal del sistema o el intercambio de potencia preestablecido entre áreas de carga/demanda.

También debe su causa a un eventual aumento en la energía disponible, por la generación en centrales renovables, distribuidas en la red eléctrica.

h) Calidad de la energía

Los BESS pueden utilizarse para asegurar a las cargas, de un suministro libre de perturbaciones derivadas de eventos que impactan sobre la calidad de la energía.

Efectos de problemas podrán asignarse a las fluctuaciones en la magnitud de la tensión en los nodos de la red (sags, swells, sobretensiones).

También se incorporan los contenidos armónicos, variaciones en la frecuencia de la red, salidas de servicio, etc.

i) Economía en la transmisión y la distribución

A través de la implementación de un SAE BESS se podrá extender, en el tiempo, el momento de inversión de una nueva LAT (eventualmente también aplazarla). Refiere a los casos en que la capacidad máxima de una LAT se encuentra en su límite de diseño, por lo que, en un nodo adecuado, se podrá instalar el BESS para inyectar la energía requerida, sin necesidad de utilizar los recursos de transmisión existentes.

Otro caso se presenta cuando la energía despachada no puede suministrarse a todas o algunas cargas, debido a la insuficiencia de la capacidad de transmisión.

Este hecho sucede cuando la capacidad de transmisión no aumenta al mismo ritmo que la demanda máxima requerida por el sistema.

El almacenamiento de energía con BESS permite evitar este problema, ayudando además a reducir los costos asociados.

De igual forma sucede para la distribución de energía, en donde la instalación de un BESS en un nodo adecuado de la red, permite dilatar o evitar las inversiones necesarias

NOVA MIRON

para incrementar la capacidad de distribución requerida por el incremento de la demanda.

j) Economía del usuario

La instalación de un SAE BESS en un usuario final le permite reducir los costos del servicio de suministro eléctrico, favoreciendo la disminución del consumo, durante los períodos pico y en días específicos, establecidos por la distribuidora.

k) Arranque en negro

El uso de los BESS, asegura la disponibilidad de una reserva de potencia en el sistema eléctrico, la cual permitirá suministrar energía para el arranque de las centrales eléctricas, ante una falla que saque al sistema de servicio.

Esta energía almacenada también podrá utilizarse para energizar las líneas de transmisión y distribución, ante un estado de falla integral del sistema.

l) Atenuación SSR

En este caso, el BESS se convierte en un dispositivo fundamental para atenuar las oscilaciones de baja frecuencia (SSR o Resonancia Subsíncrona), las cuales se manifiestan en sistemas no rígidos, ante la interacción del proceso de resonancia, debido a las frecuencias modales del subsistema mecánico con el subsistema eléctrico, en los sistemas de generación de gran porte (ej. centrales nucleares).

Estas oscilaciones pueden, eventualmente, afectar o dañar los componentes mecánicos (fatiga, desgaste, rotura), como ser los ejes de transmisión entre las turbinas de vapor y el generador.

También se manifiesta en sistemas de generación renovables, en especial los eólicos.

A continuación, vamos a presentar un ejemplo de aplicación BESS, enfocado en la estabilidad de tensión de un sistema eléctrico, conformado por una central térmica, una central Diesel, alimentando centros de carga en SETs y una alimentación de carga industrial.

NOVA MIRON

Tendremos las siguientes características del sistema eléctrico.

- Central térmica

$S_n = 40 \text{ MVA}$.

$U_n = 13,2 \text{ kV}$.

$FP = 0,86$.

Gen = 4 en paralelo. PL. Yn.

$X = 2 \text{ pu}$.

$R = 0,89 \text{ pu}$.

$P_{min} = 0 \text{ MW}$.

$P_{max} = 35 \text{ MW}$.

$Q_{min} = -40 \text{ MVar}$

$Q_{max} = 40 \text{ MVar}$.

- Central diesel

$S_n = 15 \text{ MVA}$.

$U_n = 2,4 \text{ kV}$.

$FP = 0,88$.

Gen = 1 PL. Yn.

$X = 2 \text{ pu}$.

$R = 0,09 \text{ pu}$.

Desp PQ = P (10 MW), Q (4 MVar).

- Trafo BESS 10 MVA

$U_p/U_s = 0,69 \text{ kV}/13,2 \text{ kV}$.

$S_n = 10 \text{ MVA}$.

$ucc = 3 \%$.

GC = YNyn0.

$I_0 = 1,3 \%$.

CST = 5 pos (1 min a 5 max), 3 (nominal), $uat = 2,5 \%$.

- Trafo SET CT

$U_n = 13,2 \text{ kV}/132 \text{ kV}$.

NOVA MIRON

$S_n = 50 \text{ MVA.}$

$u_{cc} = 8 \text{ \%}.$

$R = 0,5 \text{ pu.}$

$GC = YNyn0.$

$I_0 = 1,5 \text{ \%}.$

$CBC = 0 \text{ a } 20, \text{ } 8 \text{ (neutro), } 2,5 \text{ \%, lineal, estanco.}$

- LAT 132

$U_n = 132 \text{ kV.}$

$I_n = 0,175 \text{ kA}$

$L = 180 \text{ km.}$

Modelo = ST-PC, $T_{max} = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$

Conductor = Al-acero.

$R_{ac}(20^\circ\text{C}) = 0,054 \text{ } \Omega/\text{km}, X = 0,085 \text{ } \Omega/\text{km}, G = 5,98 \times 10^{-6} \text{ } \mu\text{S}/\text{km}.$

- LAT 33

$U_n = 33 \text{ kV.}$

$I_n = 0,2 \text{ kA}$

$L = 20 \text{ km.}$

Modelo = ST-PC, $T_{max} = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$

Conductor = Al-acero.

$R_{ac}(20^\circ\text{C}) = 0,0025 \text{ } \Omega/\text{km}, X = 0,014 \text{ } \Omega/\text{km}, G = 1,68 \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{S}/\text{km}.$

- Trafo SET 132

$U_n = 132 \text{ kV}/13,2 \text{ kV.}$

$S_n = 20 \text{ MVA.}$

$u_{cc} = 3 \text{ \%}.$

$R = 0,5 \text{ pu.}$

$GC = YNyn0.$

$I_0 = 1,1 \text{ \%}.$

$CBC = -7 \text{ a } 7, \text{ } 0 \text{ (neutro), } 2 \text{ \%, lineal, estanco.}$

- Trafo SET CD

$U_n = 2,4 \text{ kV}/33 \text{ kV.}$

NOVA MIRON

$S_n = 16 \text{ MVA}$.

$u_{cc} = 5 \%$.

$R = 0,5 \text{ pu}$.

$GC = YNyn0$.

$I_0 = 1,4 \%$.

$CBC = -5 \text{ a } 5, 0 \text{ (neutro)}, 2 \%, \text{ lineal, estanco}$.

- Trafo SET 33

$U_n = 33 \text{ kV}/13,2 \text{ kV}$.

$S_n = 18 \text{ MVA}$.

$u_{cc} = 5 \%$.

$R = 0,8 \text{ pu}$.

$GC = YNyn0$.

$I_0 = 1 \%$.

$CST = 1 \text{ a } 5, 3 \text{ (nominal)}, 2,5 \%$.

- Carga 132 (20 MVA)

Clase = 3PH-D AC.

$P = 18 \text{ MW}, Q = 8 \text{ MVar}$.

Modo = (P, Q) Balanceada.

- Carga 13,2 (13 MVA)

Clase = 3PH-D AC.

$P = 12 \text{ MW}, Q = 5 \text{ MVar}$.

Modo = (P, Q) Balanceada.

- Carga Industrial 13.2 (4 MVA)

Clase = 3PH-D AC.

$P = 3,4 \text{ MW}, Q = 2 \text{ MVar}$.

Modo = (P, Q) Balanceada.

- Convertidor BESS

$R_{cnv} = 0,69 \text{ kVca}/1,35 \text{ kVcc}$.

$S_n = 6 \text{ MVA}$.

Setpoint P = 0,5 MW.

NOVA MIRON

Setpoint Q = 5,9 MVar.

Modo de control = P-Q.

Control = PWM senoidal.

$R_i = 0 \, \Omega$ (sin pérdidas de conmutación).

$R_0 = 0 \, \Omega$, $X_0 = 0 \, \Omega$ (sin pérdidas en vacío).

- Bancos baterías BESS

$U_n = 1,33 \, \text{kVcc}$.

$U_{nc} = 3,2 \, \text{V}$, Conf = 16P416S.

Dsc = 285 Ah.

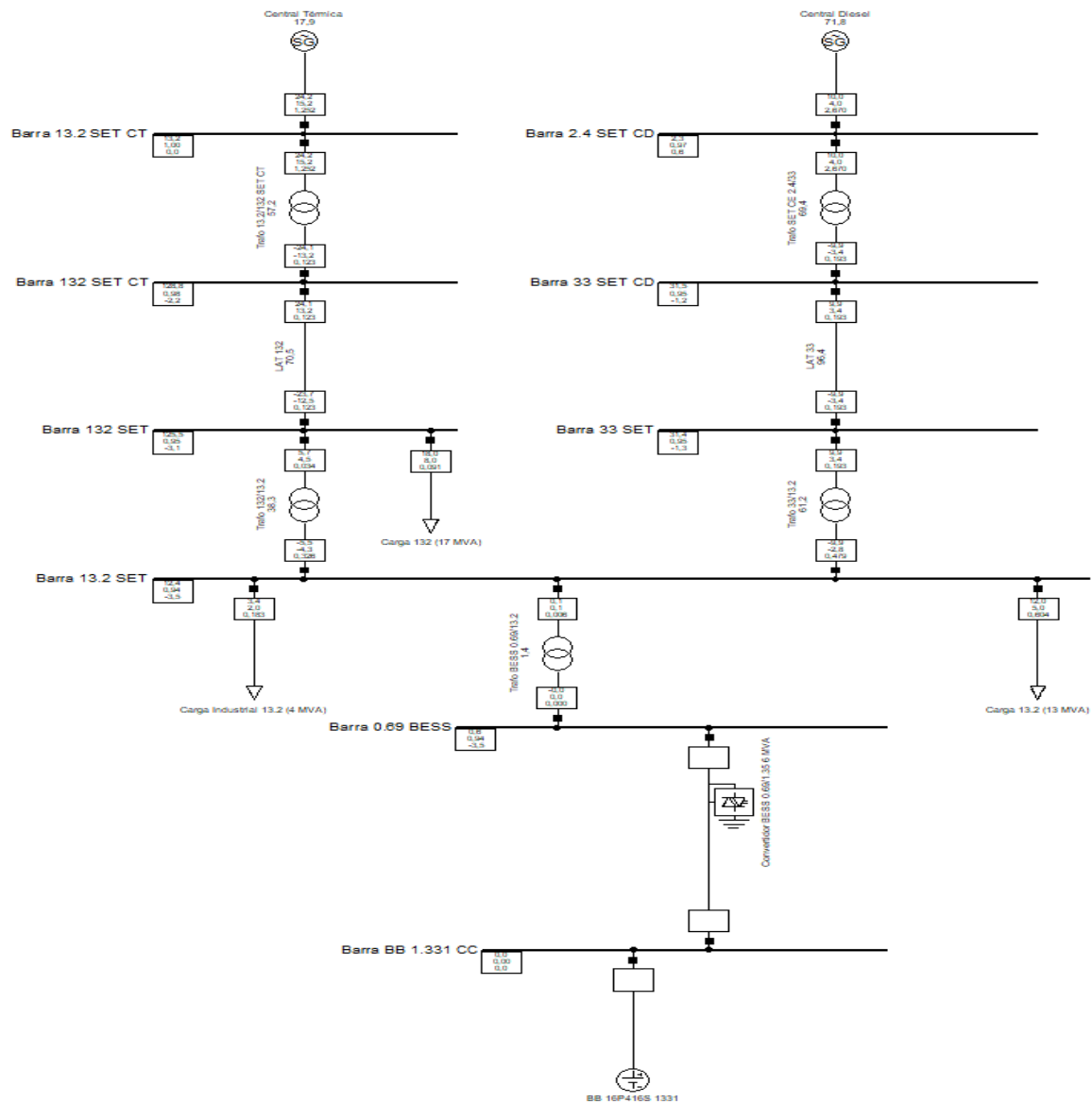
$R_c = 3,005 \times 10^{-5} \, \Omega$, $L_c = 6,1 \times 10^{-5} \, \text{mH}$.

Batería = LFP, T = 1h.

Los escenarios de operación, teniendo en cuenta el BESS instalado en la SET de 13,2 que alimenta a la carga industrial, serán:

- a) En este escenario, las dos centrales eléctricas están operativas, pero el BESS se encuentra fuera de servicio, atendiendo a que el sistema eléctrico se encuentra estable (las tensiones de los nodos están en el rango de -6 % al 6% de las tensiones nominales). Se observa que la línea de 33 kV está en el límite de su carga térmica (96,4%). Se destaca el flujo de potencia desde las centrales, las cuales aportan al activo y reactivo de las cargas, así como a las pérdidas de los trafos. Se observa que el trazo BESS se encuentra en vacío, con su flujo de potencia correspondiente a las pérdidas en este estado.

NOVA MIRON



- b) En este caso, la central diesel presenta un estado de contingencia, saliendo de servicio por un tiempo estimado de 1 h.

Solamente quedará operando la central térmica sin considerar la operación del BESS. Esta central despachará tanto el activo como el reactivo requerido por las cargas y las pérdidas de los transformadores y línea de 132 kV.

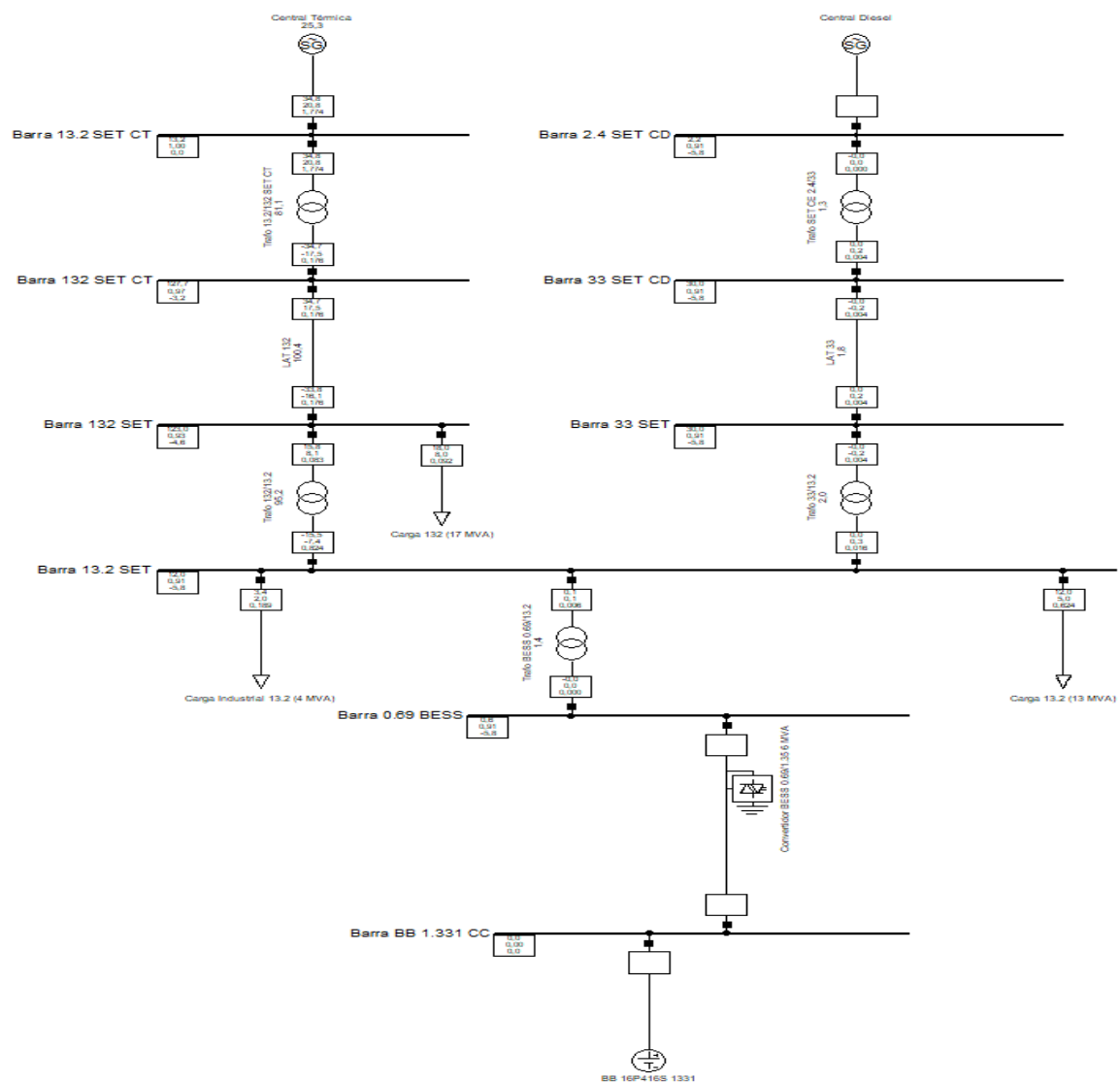
Se destaca que la central supera su límite de despacho de activo (curva de Capacidad), lo cual representa un estado de sobrecarga. Lo mismo se observa en el trafo de la SET 13,2 CT, con un valor de carga del 81,1 %.

NOVA MIRON

En forma significativa, se excede el límite térmico de la LAT de 132 kV, con un valor de carga del 100,4%.

Con mayor impacto, el trafo de la SET de 132 kV, presenta un estado de carga de 95,2 %.

En tal sentido, este escenario no es viable para la operación del sistema, provocando la actuación de las protecciones.



NOVA MIRON

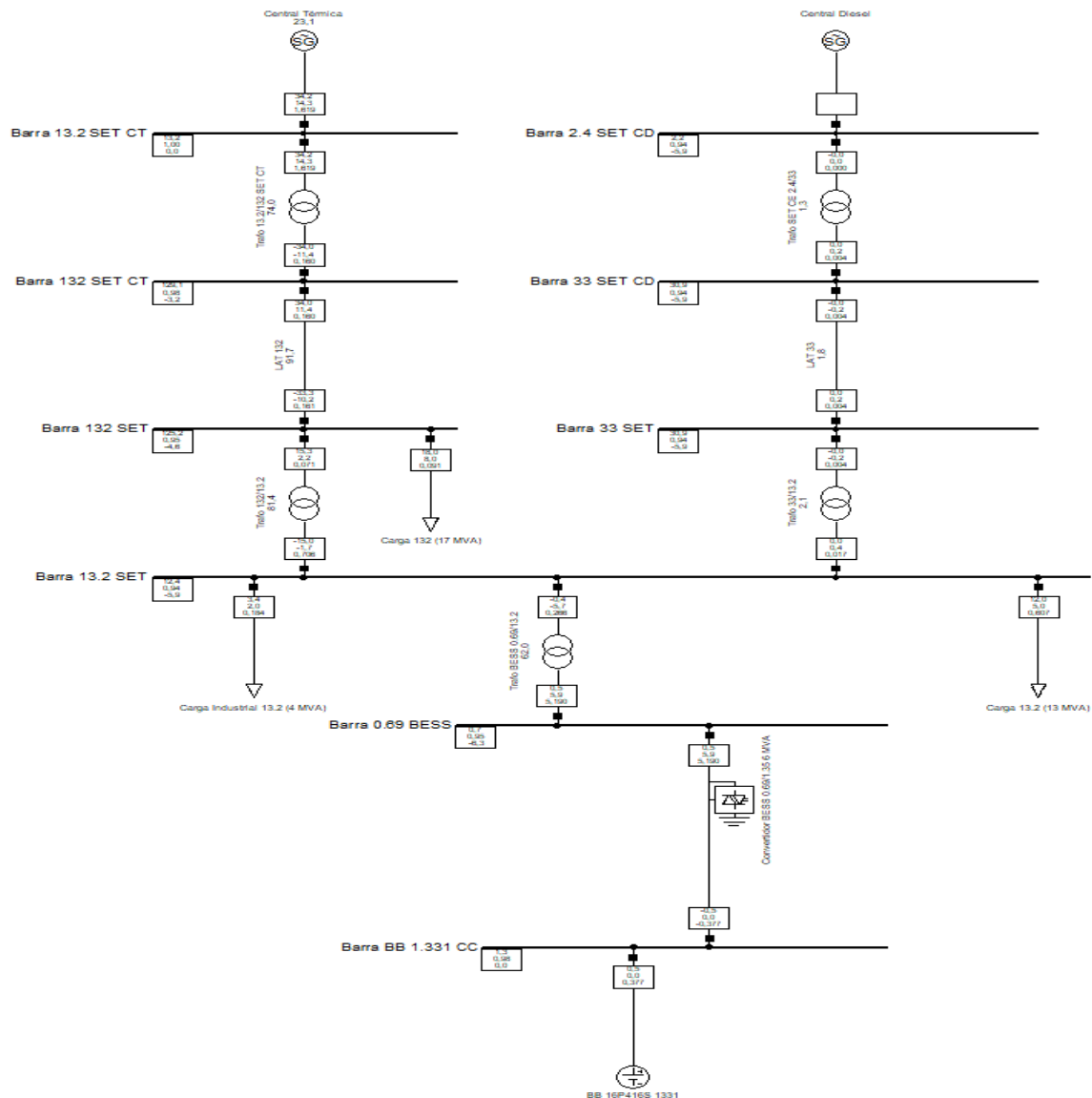
- c) Para evitar operar en el escenario "b", entrará en operación el SAE BESS, aportando de tal forma (de manera auxiliar) el activo y reactivo necesario para estabilizar el sistema, hasta que la central Diesel salga de su estado de contingencia y nuevamente entre en servicio (estimado de 1 h).

Se destaca una mejora en los niveles de tensión en los nodos, alcanzando los límites establecidos.

También se observa una disminución en los estados de carga de los trafos, así como de la línea de 132 kV (91,7 %).

A los efectos, el BESS aportará un reactivo de 5,7 MVar, logrando disminuir los estados de carga sobre los trafos y línea de 132 kV y mejorar el nivel de tensión en la barra de 13,2 kV.

NOVA MIRON



En la Parte 6 abordaremos, en una forma conceptual, las actividades de la fase de Fin del Ciclo de Vida de las unidades BESS, tratando algunos de los factores más significativos en el proceso de degradación de la tecnología adoptada (especialmente en los módulos de baterías) y que determina criterios de decisión para iniciar el proceso de disposición final.



Además, describiremos conceptualmente la Gestión de los Riesgos y las Oportunidades de los BESS, con un enfoque orientado a la GA, teniendo en cuenta la Confiabilidad de la instalación.

Departamento de Ingeniería.

Nova Mirón S.A