



ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

ÀREA INGENIERÍA ELÉCTRICA

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

# “Evaluación y mejora del sistema de transferencia rápida en barras de media tensión en una central de ciclo combinado”

AUTOR:

Badal Camañ, Daniel

TUTOR:

Belenguer Balaguer, Enrique Francisco

# ÍNDICE

1) MEMORIA.....	1
<b>1.1) OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2) ALCANCE.....</b>	<b>1</b>
1.2.1) Descripción de la planta de ciclo combinado .....	1
1.2.2) Funcionamiento de la planta en cuanto a generación de electricidad.....	4
<b>1.3) ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
1.3.1) Situación inicial.....	6
1.3.2) Transferencias en alimentaciones.....	6
1.3.3) Primera alternativa.....	14
1.3.4) Segunda alternativa.....	14
1.3.5) Funcionamiento manual.....	15
<b>1.4) CÁLCULO DE LAS CORRIENTES .....</b>	<b>16</b>
1.4.1) Documentación de partida.....	16
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
2) CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	26
<b>2.1) PRIMERA ALTERNATIVA REALIZADA A MANO .....</b>	<b>26</b>
2.1.1) Cálculo impedancias de las cargas (motores) .....	26
<b>2.2) PRIMERA ALTERNATIVA REALIZADA CON ETAP .....</b>	<b>44</b>
2.2.1) Entorno de trabajo .....	45
2.2.2) Informe de cortocircuito con interruptor abierto.....	46
2.2.3) Informe de cortocircuito con interruptor cerrado .....	46
Se facilita más información sobre el informe realizado con ETAP en los anexos adjuntos al final de este proyecto.....	47
<b>2.3) SEGUNDA ALTERNATIVA REALIZADA CON ETAP .....</b>	<b>47</b>
2.3.1) Sistema de transferencia de bus de Motor M-4272 .....	47
2.3.2) Sistema Digital de Transferencia de Bus de Motor M-4272 .....	48
2.3.3) Transferencia automática.....	48
2.3.4) Conclusión .....	49
3) PLANOS .....	54

4) PLIEGO DE CONDICIONES .....	57
<b>4.1) OBJETO .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>57</b>
4.2.1) Opción propuesta .....	57
4.2.2) Notas importantes para el diseño .....	58
4.2.3) Croquis opción propuesta .....	58
<b>4.3) ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE INGENIERIA.....</b>	<b>60</b>
4.3.1) Ingeniería básica .....	60
4.3.2) Ingeniería de desarrollo y de detalle.....	61
4.3.3) Pruebas FAT y supervisión del montaje .....	62
4.3.4) Ingeniería a realizar por otros .....	62
<b>4.4) ALCANCE DEL SUMINISTRO.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5) ACLARACIONES Y COMENTARIOS.....</b>	<b>63</b>
<b>4.6) PLAZO DE ENTREGA .....</b>	<b>64</b>
<b>4.7) FORMA DE PAGO Y GARANTIA.....</b>	<b>65</b>
<b>4.8) PLAZO DE VALIDEZ DE LA OFERTA. ....</b>	<b>65</b>
5) PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	66
<b>5.1 HONORARIOS SERVICIOS DE INGENIERÍA .....</b>	<b>66</b>
<b>5.2 DIETAS INGENIERÍA .....</b>	<b>66</b>
<b>5.3 OTROS COSTES .....</b>	<b>67</b>
<b>5.4 RESUMEN PRECIOS.....</b>	<b>68</b>
6) MEDIO AMBIENTE.....	69
<b>6.1) TRANSFORMADOR AUXILIAR.....</b>	<b>69</b>
<b>6.2) CELDAS DE MEDIA TENSIÓN, INTERRUPTORES, BARRAS DE 6,6 KV.....</b>	<b>69</b>
7) ANEXOS.....	71

# 1) MEMORIA

## **1.1) OBJETO DEL PROYECTO**

El proyecto propuesto tiene por objeto la mejora del sistema de transferencia en las barras de media tensión en el Ciclo Combinado de Castellón. Además se adjunta el correspondiente estudio de viabilidad, tanto técnico como económico.

En relación con lo anterior, se procederá al estudio de la corriente de cortocircuito de las barras de media tensión mediante dos mecanismos, uno manual y otro a través de la utilización del programa de cálculo denominado "ETAP 7.5.0".

## **1.2) ALCANCE**

### **1.2.1) Descripción de la planta de ciclo combinado**

#### **1.2.1.1) Ciclo combinado**

Se denomina **ciclo combinado** en generación de energía a la coexistencia de dos ciclos termodinámicos en un mismo sistema, uno cuyo fluido de trabajo es el vapor de agua y otro cuyo fluido de trabajo es un gas producto de una combustión o quema.

Una central de ciclo combinado es una central eléctrica en la que la energía térmica del combustible es transformada en electricidad mediante dos ciclos termodinámicos; uno correspondiente a una turbina de gas (generalmente gas natural) mediante combustión (ciclo Brayton) y otro convencional de agua/turbina de vapor (ciclo Rankine).

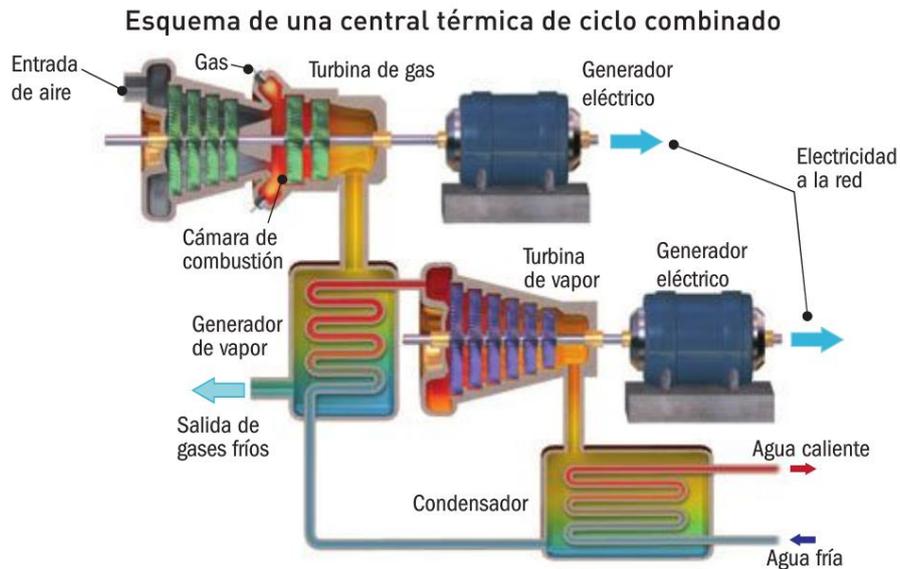


Figura 1: Esquema central ciclo combinado

### 1.2.1.2) Central ciclo combinado Castellón

La **central térmica de Castellón** es una instalación termoeléctrica de ciclo combinado ubicada en Castellón, más concretamente en su distrito marítimo (El Grao). Es propiedad de Iberdrola y consta de dos grupos térmicos, denominados genéricamente Castellón III y Castellón IV, con una potencia de 800 MW y 850 MW respectivamente, alimentados con gas natural.

La central de Castellón comenzó a funcionar con dos grupos de ciclo convencional denominados I y II, puestos en marcha por Hidroeléctrica Española en 1972 y 1973, respectivamente, que funcionaban con fuel-oil y sumaban una potencia de 1.080 MW.

La silueta de sus dos chimeneas junto al Mar Mediterráneo se convirtió en uno de los símbolos de El Grao. A partir del año 2000, Iberdrola decidió la sustitución de estos dos grupos por otros dos de ciclo combinado a gas natural, el Grupo III, que comenzó a funcionar en 2002, y el Grupo IV, que lo hizo en 2008. Entre ambos la potencia disponible es de 1.650 MW.

### 1.2.1.3) Descripción Castellón IV

Vamos a centrar el proyecto en el grupo de Castellón IV por lo que a continuación realizaremos una breve descripción de su composición.

La central de ciclo combinado de Castellón está configurada en el modelo conocido como 2 x 2 x 1, configuración compuesta por dos turbinas de gas de potencia 274,8MW, con sus correspondientes alternadores con una potencia de 343,7MVA y dos calderas de recuperación cuyo vapor se conduce a una única turbina de vapor con una potencia de 310,4MW que se encuentra acoplada a un alternador cuya potencia es de 374,8MVA.

La turbina de vapor junto con las de gas se encuentran alojadas en una nave común, mientras que las calderas de recuperación se hallan en el exterior.

Además de estos equipos de generación, las instalaciones principales del proceso son: el ciclo agua-vapor, el sistema de refrigeración del condensador, el suministro de combustible y los equipos de transformación y conexión a red eléctrica.

El combustible principal es el gas natural, teniendo la posibilidad de usar gasoil como combustible alternativo en caso de necesidad.



Figura 2: Imagen Central Ciclo Combinado Castellón

## 1.2.2) Funcionamiento de la planta en cuanto a generación de electricidad.

En el siguiente esquema hemos representado el diagrama de la planta de una manera simplificada. Se compone de:

- Dos turbinas de gas.
- Los interruptores.
- Dos transformadores principales y dos auxiliares.
- La RED.

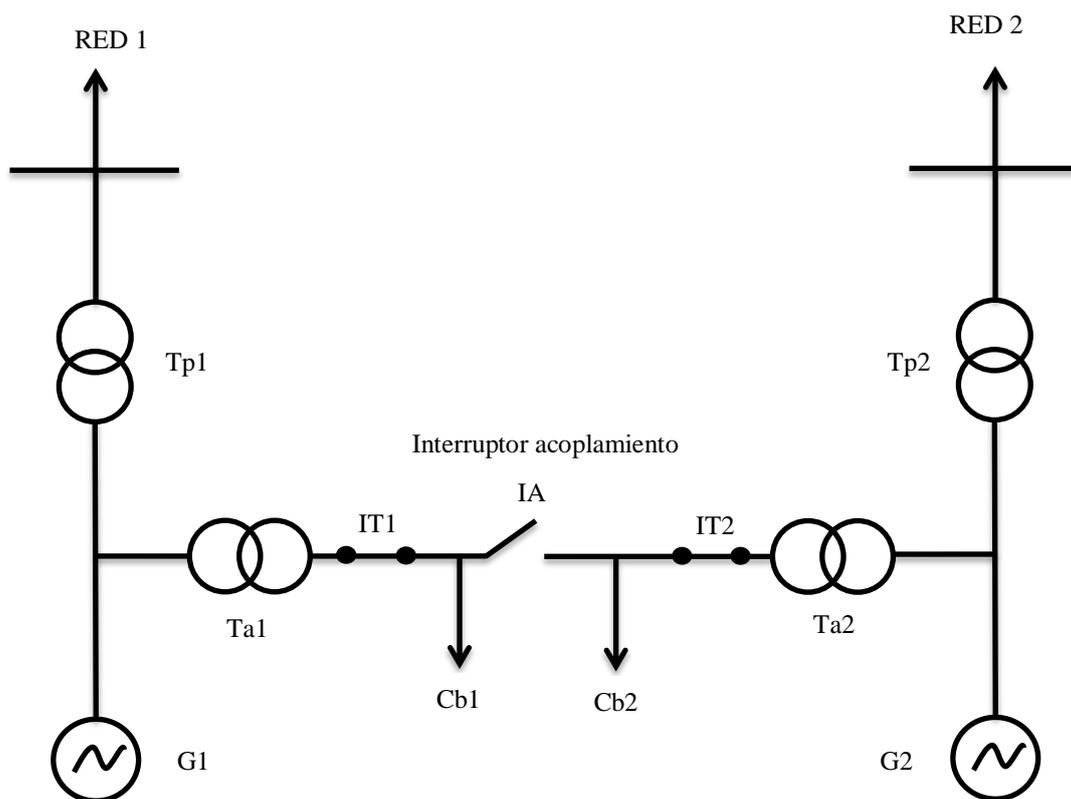


Diagrama 1: Diagrama unifilar planta

En el caso de que funcionen ambas turbinas de gas y sus respectivos generadores (G1 y G2) se estará vertiendo electricidad a la red a través de los transformadores principales (Tp1 y Tp2). Además en funcionamiento normal cada embarrado de media tensión será alimentado por su transformador auxiliar. El transformador auxiliar 1 (Ta1) alimentara las

cargas del sistema 1 (Cb1), y el transformador auxiliar 2 (Ta2) alimentará las cargas del sistema 2 (Cb2).

En el caso de no tener ninguna turbina de gas en funcionamiento por no precisarlo el sistema eléctrico, se deberán mantener energizados todos los transformadores a través de la RED, esto se hace debido a que energizar un transformador es costoso y precisaría una puesta en marcha de la planta con un tiempo muy superior.

Si solo se tiene en funcionamiento uno de los dos generadores por ejemplo G1, se verterá electricidad solamente a través de la RED 1, mientras que la RED 2 estará absorbiendo electricidad con la finalidad de mantener energizado el Tp2 y el Ta2 y así alimentar las cargas que cuelgan del embarrado del sistema 2 (Cb2).

El funcionamiento de solo uno de los dos generadores, se debe a la baja demanda de electricidad y al alto coste de esta tecnología como consecuencia del precio del gas.

Tanto el transformador auxiliar Ta1 como el Ta2, están dimensionados para poder alimentar con uno solo todas las cargas de la planta (Cb1 y Cb2) a la vez. Esto ha sido así dimensionado con la finalidad de que, en caso de existir un fallo en alguno de ellos, se pasaría de alimentar las cargas desde el transformador propio de ese sistema a pasar a ser alimentadas a través del transformador perteneciente al otro sistema mediante una transferencia.

Por ejemplo, está solo en funcionamiento el G1 y existe una falta en el transformador auxiliar Ta1, en el momento que el sistema encargado de realizar la transferencia, detecte un fallo, automáticamente realizará una transferencia mediante el interruptor de acoplamiento (IA) que une ambos sistemas y las cargas Cb1 pasarán a alimentarse mediante el transformador auxiliar Ta2.

Para explicarlo brevemente, un sistema de transferencia, como su propio nombre indica, consiste en transferir toda la alimentación de una serie de elementos que consumen una potencia de un sistema de generación a otro que pueda hacerse cargo de esta alimentación (más adelante se explicará con más detalle el sistema de transferencia).

El Ta2 al no estar conectado G2 se alimenta de la RED 2, pero de esta forma se evita tener que parar la planta por un fallo del Ta1, aunque se tenga que consumir más electricidad que no proviene de la planta sino de la RED.

El plano que contiene el diagrama unifilar que recoge este sistema es el 13ID-44-YTU-EDU-IBC-001.

## **1.3) ANTECEDENTES**

En el actual proyecto se realizará el estudio de la puesta en marcha de un sistema de transferencia en la planta de Ciclo Combinado de Castellón. Dentro de esta planta anteriormente descrita, se implantará el sistema de transferencia en el grupo de Castellón IV.

En el caso de Castellón IV esta transferencia se hace a través de un interruptor de acoplamiento (IA) el cual une el sistema 1 con el sistema 2. Las cargas son los motores de media tensión y los transformadores en seco, y la alimentación de estas cargas se realiza a través de los transformadores auxiliares.

### **1.3.1) Situación inicial**

En la construcción de la planta de Ciclo Combinado de Castellón IV se instaló un sistema de transferencia automático que actúa por tensión residual o, para el caso de que se quisiera realizar algún trabajo de mantenimiento, se podía actuar manualmente en la celda correspondiente.

Este sistema era bastante ineficiente ya que no funcionaba cuando tenía que hacerlo, y además la bajada de tensión afectaba negativamente a los equipos que cuelgan de estas barras y que están diseñados para trabajar a plena carga todo el tiempo.

La filosofía que se tenía en el momento de la construcción de la planta era que se debía ir al lugar donde se encuentra la celda que controla el interruptor de acoplamiento para rearmar la transferencia una vez el problema esté solucionado, así ver cuáles eran los problemas que provocaban que este sistema hubiese actuado.

Siempre que este sistema no funcionaba cuando tenía que hacerlo el interruptor general de generación disparaba provocando la parada de todos los equipos adyacentes a esta, es decir, la parada de casi toda la planta. Por esto se decidió estudiar este sistema de transferencia.

Se vio que este sistema no era eficiente y además creaba mucho desgaste en las cargas de media tensión.

### **1.3.2) Transferencias en alimentaciones**

En situación normal de funcionamiento, cada una de las barras del sistema de 6.6 kV está alimentada por un transformador auxiliar, y el interruptor de acoplamiento que une ambas está abierto.

En situaciones de pruebas, ensayos o falta de alimentación de una de las barras de MT (bien a la 41BBA10, bien a la 42BBA10), se puede restablecer tensión en ella, desde la otra, mediante el interruptor de acoplamiento de barras, para alimentar a los servicios auxiliares necesarios.

Este restablecimiento de tensión se realiza mediante el sistema de transferencia de barras previsto, formado por las protecciones SEPAM B83 instaladas en las celdas de acometida. El sistema de transferencia de barras puede funcionar en automático o en manual, opciones por las que podemos optar mediante un selector dispuesto en la celda de acoplamiento:

- Transferencia automática, que consiste en la apertura automática del interruptor de acometida de la semibarra sin tensión y posterior cierre del interruptor de acoplamiento, iniciada una vez alcanzada la tensión residual de la barra.
- Transferencia manual, que consiste en modificar a voluntad del operador de la configuración de ambas acometidas y acoplamiento. Al igual que en el caso anterior, en primer lugar se procede a la apertura de uno de los interruptores y el posterior cierre del interruptor que permanecía abierto. En ningún caso se permite la operación en paralelo de los transformadores auxiliares de media tensión.

### **1.3.2.1) Transferencia automática**

La transferencia automática consiste en el restablecimiento automático de la tensión en una barra del cuadro de media tensión cuando dicha barra queda sin tensión o con una tensión muy baja, siempre que el motivo no sea interno de la barra. El proceso es el siguiente:

- El selector de transferencia situado en la cabina de acoplamiento debe ponerse en modo “automático”. Si el selector de transferencia está en “manual” la transferencia por mínima tensión no se realizará.
- Por cualquier causa exterior, baja el valor de la tensión en una de las barras 41BBA10 ó 42BBA10 (no es una causa exterior la actuación del relé 86 del interruptor de acometida y, por tanto, la actuación de éste no inicia la transferencia).
- La transferencia se inicia cuando la tensión baja al valor de “inicio” ajustado en el equipo de transferencia, retardado convenientemente para evitar su inicio por huecos de tensión en la red de media y alta tensión.

- La actuación de las protecciones aguas arriba del interruptor de acometida también activa el inicio de la transferencia, sin que se produzca el retardo anteriormente indicado.
- Si además la tensión en la otra semibarra es superior al 90%, se produce la apertura del interruptor de acometida de la semibarra afectada.
- Una vez que la tensión residual en la barra desenergizada alcanza un valor igual o inferior al valor ajustado en el equipo de transferencia, se produce el cierre del interruptor de acoplamiento.
- Una vez concluida la transferencia, se mostrará la actuación de dicha transferencia satisfactoria en las pantallas del SCD. Igualmente, en el caso de no progresar la transferencia adecuadamente, se mostrará la orden de fallo de transferencia en la pantalla del SCD en la sala de control.

Todas las actuaciones anteriores se realizan en las cabinas del cuadro de media tensión.

### 1.3.2.2) Transferencia manual remota

Las barras del cuadro de media tensión 41BBA10-42BBA10 tienen la posibilidad de hacer una transferencia manual de alimentación remotamente desde el SCD.

#### • OPERACIÓN REMOTA DE LA TRANSFERENCIA

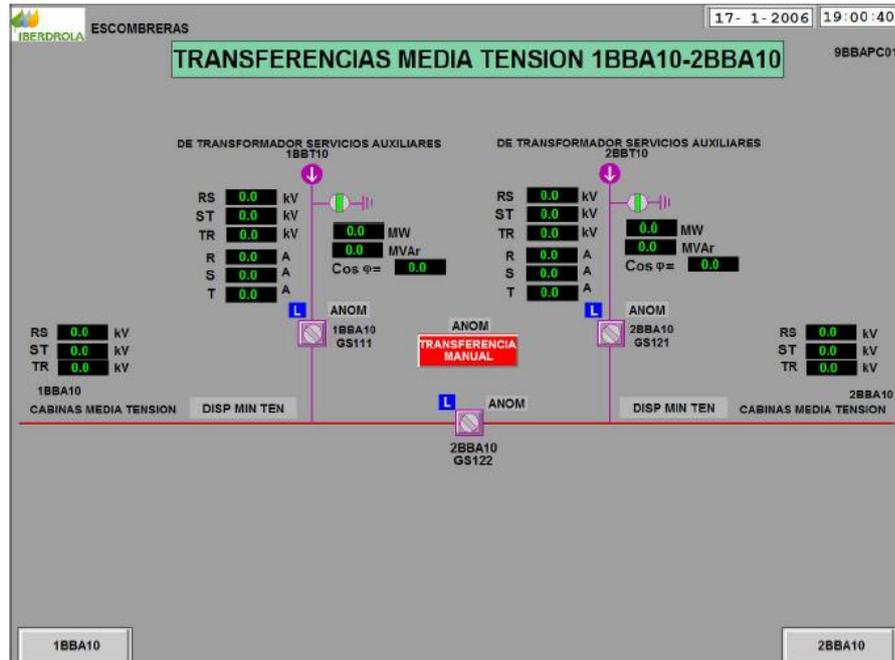


Figura 3: Visualización del control remoto de la transferencia

### **1.3.2.2.1) Paso de acometida a acoplamiento**

Esta es la transferencia que ha de hacerse para poner fuera de servicio un transformador auxiliar de media tensión. Se procede como sigue:

- Tener la autorización administrativa correspondiente.
- Antes de proceder, se deberá comprobar en las pantallas del SCD que la tensión en barras del transformador que tomará toda la carga es aproximadamente la tensión nominal. Comprobar ausencia de anomalías en el sistema al que se va a transferir la alimentación.
- El equipo de transferencia debe tener el selector de transferencia en modo “automático”.
- Dar orden de transferencia a la barra deseada, desde la pantalla del SCD dedicada a la transferencia del cuadro de media tensión. Desde dicha pantalla se permiten las siguientes operaciones: orden de transferencia a barra “41BBA10”, orden de transferencia a barra “42BBA10” y orden de reposición (apertura del interruptor de acoplamiento y cierre del interruptor de acometida abierto).
- Comprobar la ejecución satisfactoria de la transferencia de barra, mediante la señalización en la pantalla del SCD, y que los valores de potencia y tensión en el cuadro de media tensión acoplado están dentro de los valores normales de operación.
- Informar administrativamente de la operación realizada.

### **1.3.2.2.2) Paso de acoplamiento a acometida**

Desde la situación de haber realizado una transferencia a barras se pasa a alimentar cada barra desde su propia acometida (situación normal de operación) de la siguiente forma:

- Tener la autorización administrativa correspondiente.
- En el caso de que el transformador principal de baja tensión del que se desea alimentar el embarrado esté desenergizado, se deberá proceder en primer lugar a su energización.
- Comprobar que la tensión proporcionada por el transformador en vacío sea la correcta y que la temperatura del mismo está dentro de los márgenes normales de operación.
- Comprobar ausencia de anomalías y alarmas en el SCD relacionadas con los sistemas afectados por la operación.

- El equipo de transferencia debe tener el selector de transferencia en modo “manual”.
- Dar orden de “reposición de transferencia”, desde la pantalla del SCD dedicada a la transferencia del cuadro de media tensión.
- Comprobar la ejecución satisfactoria de la reposición de la transferencia de barra, mediante la señalización en la pantalla del SCD, y que los valores de potencia y tensión en ambas barras están dentro de los valores normales de operación.
- Informar administrativamente de la operación realizada.

### 1.3.2.3) Transferencia manual local

Las barras del cuadro de media tensión 41BBA10 – 42BBA10 tienen la posibilidad de hacer una transferencia manual de alimentación localmente desde el frontal del cuadro.

#### OPERACIÓN LOCAL DE LA TRANSFERENCIA

- Señalización local por LEDS:

- Disparo 50, 51
- Transferencia realizada
- Reposición realizada
- Transferencia no disponible
- Fallo transferencia
- Fallo reposición
- Interruptor abierto
- Interruptor cerrado
- Interruptor disparado



Figura 4: Vista frontal del módulo de transferencia

#### 1.3.2.3.1) Paso de acometida a acoplamiento

Esta es la transferencia que ha de hacerse para poner fuera de servicio un transformador auxiliar de media tensión. Se procede como sigue:

- Tener la autorización administrativa correspondiente.

- Antes de proceder, se deberá comprobar en las pantallas del SCD que la tensión en barras del transformador que tomará toda la carga es aproximadamente la tensión nominal.
- Comprobar ausencia de anomalías en el sistema al que se va a transferir la alimentación.
- El equipo de transferencia debe tener el selector de transferencia en modo “manual”.
- Seleccionar la operación que desea realizarse girando el selector a “Transferir a Barra A” o “Transferir a Barra B” (este selector se encuentra en la cabina de acoplamiento).
- Dar orden de transferencia a la barra deseada accionado el pulsador “Transferir” (este pulsador se encuentra en la cabina del acoplamiento).
- Comprobar la ejecución satisfactoria de la transferencia de barra, mediante la señalización en la pantalla del SCD, y que los valores de potencia y tensión en el cuadro de media tensión acoplado están dentro de los valores normales de operación.
- Informar administrativamente de la operación realizada.

### **1.3.2.3.2) Paso de acoplamiento a acometida**

Desde la situación de haber realizado una transferencia a barras se pasa a alimentar cada barra desde su propia acometida (situación normal de operación) de la siguiente forma:

- Tener la autorización administrativa correspondiente.
- En el caso de que el transformador principal de baja tensión del que se desea alimentar el embarrado esté desenergizado, se deberá proceder en primer lugar a su energización.
- Comprobar que la tensión proporcionada por el transformador en vacío sea la correcta y que la temperatura del mismo está dentro de los márgenes normales de operación.
- Comprobar ausencia de anomalías y alarmas en el SCD relacionadas con los sistemas afectados por la operación.
- El equipo de transferencia debe tener el selector de transferencia en modo “manual”.
- Seleccionar la operación que desea realizarse girando el selector en este caso a “Reposición” (este selector se encuentra en la cabina de acoplamiento).

- Dar orden de transferencia accionando el pulsador “Transferir” (este pulsador se encuentra en la cabina del acoplamiento).
- Comprobar la ejecución satisfactoria de la reposición de la transferencia de barra, mediante la señalización en la pantalla del SCD, y que los valores de potencia y tensión en ambas barras están dentro de los valores normales de operación.
- Informar administrativamente de la operación realizada.

### 1.3.2.4) Señalización estados de operación

ESTADOS DE OPERACIÓN						
	ESTADO DEL EQUIPO	SÍMBOLO	POSICIÓN DE LA BARRA INTERIOR	COLOR DE LA BARRA	ASIGNACIÓN DE LOS VALORES A LA LÓGICA	
BARRA INTERIOR AL SÍMBOLO	ABIERTO		PERPENDICULAR A LA LÍNEA DE TENSIÓN EXTERNA	VERDE	SI N2= 0 & N5 = 0	
	CERRADO		ALINEADA CON LA LÍNEA DE TENSIÓN EXTERNA	ROJO	SI N1= 0 & N2= 1 & N5 = 0	
SÍMBOLO DEL INTERRUPTOR	DISCREPANCIA EN RETROAVISOS (NOTA 2)		A 45° RESPECTO DE LA LÍNEA DE TENSIÓN EXTERNA (NOTA 1)	AMARILLO INTERMITENTE (sin reconocer) AMARILLO (reconocido)	N5 = 1	

Figura 5: Estados de operación de los interruptores de acoplamiento

### **1.3.2.5) Transformador auxiliar**

Existen ciertas situaciones anómalas que provocan una respuesta automática del sistema que ha sido diseñado para solventar estas situaciones como podrían ser pérdidas parciales de tensión a la salida del transformador auxiliar.

En el caso de pérdida de tensión en una de las fuentes de alimentación del cuadro de refrigeración, el circuito de transferencia automática lo detecta a través del relé de mínima tensión (relé 27), desenergizándose el contactor (89-1 ó 89-2) de la fuente de alimentación, produciéndose una transferencia quedando energizado el contactor redundante.

Si se pierde alimentación en las dos fuentes, los circuitos de refrigeración y cambiador de tomas no actúan, produciéndose una alta temperatura en el aceite y devanado del transformador auxiliar, dependiendo de la carga. Debido a esta subida de temperatura dispara el transformador auxiliar por la actuación de las protecciones.

Existen otra serie de anomalías, como son las alarmas asociadas al transformador auxiliar que no provocan actuaciones automáticas del sistema pero que si necesitan de una actuación inmediata por parte del equipo de operación y mantenimiento de la central, de acuerdo a las indicaciones contenidas en las correspondiente “Ficha de Actuación ante Alarmas” del Procedimiento Específico “Instrucciones de Actuación ante Alarmas” (AA).

#### **1.3.2.5.1) Funcionamiento transferencia por tensión residual**

El funcionamiento de este sistema consistía en que, en el momento que el sistema de transferencia detectara una tensión menor en las barras del secundario del transformador auxiliar que la que tenía predefinida para iniciar la transferencia, primero se debía abrir el interruptor de la barra afectada (IT1 o IT2 dependiendo donde se encuentre la falta) y a continuación se debía cerrar el interruptor de acoplamiento (IA), para que se transfiriera toda la carga al otro transformador auxiliar y así continuar con el funcionamiento de la planta.

Esto implicaba que existiera un momento sin carga en la planta y que hubiese un paso por “0”, lo que no es bueno para la generación porque implica una parada total del sistema.

### **1.3.3) Primera alternativa**

Como este sistema no era eficiente se realizó un estudio para implantar el mismo sistema que realizaba la transferencia en Castellón III.

El sistema utilizado en Castellón III no daba ningún problema. En principio se quería instalar el mismo sistema en Castellón IV ya que era la opción más económica y además ya se tenían conocimientos de esta tecnología.

Después de analizar las ventajas y las desventajas del control manual y del control remoto, se vio que era más seguro dar las órdenes pertinentes desde la sala de control tal y como se hacía en Castellón III. Esto constituía una razón de más para instalar un sistema que permitiera realizar la transferencia desde la sala de control y así poder rearmarlo rápidamente.

#### **1.3.3.1) Funcionamiento transferencia transformadores en paralelo**

Con este sistema, en el momento en el que se detectara un fallo y se quisiera realizar una transferencia el procedimiento a seguir debería ser el siguiente: primero se cerraría el interruptor de acoplamiento (IA) y a continuación se cerraría el interruptor de la barra a la que se quiera transferir (IT2 o IT1) de modo que quedarían todos los interruptores cerrados.

En este momento se encuentran los dos transformadores en paralelo. Una vez verificado esto, que tienen la misma secuencia horaria y que están en fase, se abre el interruptor del transformador con el fallo (IT1 o IT2).

El problema de este sistema de transferencia es que existe un tiempo del orden de aproximadamente un segundo que los dos transformadores están en paralelo, lo que hace que si en ese momento existiera un cortocircuito la intensidad sería más elevada que en funcionamiento normal.

Para ver si se puede utilizar este sistema se deberá calcular la intensidad de cortocircuito del sistema y compararla con la admisible del cable.

### **1.3.4) Segunda alternativa**

Como es posible que en la instalación de Castellón IV la intensidad de cortocircuito con los dos transformadores en paralelo supere la intensidad admisible del cable, es necesario tener otra opción por si esto ocurriera.

Es una opción menos económica que la anterior, por lo tanto no se recurrirá a ella si con la primera alternativa se puede subsanar el problema.

La ventaja principal de esta alternativa sobre la anterior y, como consecuencia, lo que hace que su precio sea superior sería la posibilidad de que, en el momento que se tuviera que hacer una transferencia por un fallo en un sistema, se realizara automáticamente y en el mínimo tiempo posible. Esto es lo que se conoce como transferencia rápida.

### **1.3.4.1) Funcionamiento transferencia rápida**

Lo que hace el equipo encargado de realizar la transferencia rápida es el mismo procedimiento que en la hipótesis anterior pero teniendo los dos transformadores en paralelo durante menos tiempo. Los transformadores están en paralelo apenas unos pocos milisegundos y esto reduce la posibilidad de que ocurra un cortocircuito en ese tiempo.

Esta opción se podría instalar sin realizar ningún cálculo ya que se adapta perfectamente a las necesidades. Como venimos diciendo, el único problema que presenta esta opción es el alto precio, por ello se realizarán los cálculos pertinentes para ver si es posible solucionar el problema con la primera hipótesis.

Si aun así ocurriese un cortocircuito el sistema está dotado de protecciones para que la instalación resulte lo menos dañada posible.

### **1.3.5) Funcionamiento manual**

A pesar de que las nuevas hipótesis realizan una transferencia automática también se dejará habilitada la opción de realizar esta acción desde el centro de control para algún tipo de mantenimiento e incluso el manual por si hubiese un fallo en el sistema informático.

## 1.4) CÁLCULO DE LAS CORRIENTES

### 1.4.1) Documentación de partida

#### 1.4.1.1) Datos de los equipos

Los datos de los siguientes apartados han sido facilitados por Iberdrola y se encuentran resumidos en las tablas que hay a continuación.

##### 1.4.1.1.1) Transformadores auxiliares

En esta tabla se recogen los datos de los transformadores de media tensión:

KKS TRAF0	S	$U_{N1}/U_{N2}$	$I_{N1}/I_{N2}$	$Z_{cc}$ (%)
41BBT10 42BBT10	30 MVA	17 kV / 6,9 kV	1019 A / 2510A	11
41BFT10/20 42BFT10/20 44BFT10/20 44BFT30/40	20 MVA	6,6 kV / 0,42 kV	175 A / 2749 A	9,5
44BCT10	7 MVA/ 3,5 MVA	6,6 kV / 2,08 kV	612 A / 972 A	6
41MKT10 42MKT10	2,4 MVA	6,6 kV / 0,68 kV	210 A / 2038 A	6
43MKT10	2,4 MVA	6,6 kV / 0,68 kV	210 A / 2038 A	6

Tabla 1: Características transformadores auxiliares

##### 1.4.1.1.2) Cables

En el cuadro que hay a continuación se recogen los datos de los cables de alimentación a los equipos:

KKS Cable	Equipo Origen	Equipo Destino	Tensión Cable	Código Cable	Formación Cable	$I_{cc MAX}$ en 1s (kA)
41BBA0102A	41BBT10	41BBA10	6/10 KV	M140	3X1X300 mm <sup>2</sup>	34,32
41BBA0116A	41BBA10	41MKT10	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
41BBA0118A	41BBA10	44BCT10	6/10 KV	M140	3X1X300 mm <sup>2</sup>	34,32
42BBA0102A	42BBT10	42BBA10	6/10 KV	M140	3X1X300 mm <sup>2</sup>	34,32
42BBA0116A	42BBA10	42MKT10	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
42BBA0118A	42BBA10	43MKT10	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
41BFA0102C	41BBA10	41BFT10	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
41BFA0202C	42BBA10	41BFT20	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
42BFA0102C	41BBA10	42BFT10	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
42BFA0202C	42BBA10	42BFT20	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
44BFA0102C	41BBA10	44BFT10	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
44BFA0202C	42BBA10	44BFT20	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
44BM_0102C	41BBA10	44BFT30	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16
44BM_0202C	42BBA10	44BFT40	6/10 KV	M112	3x1x120 mm <sup>2</sup>	17,16

Tabla 2: Características cables

Los cables instalados son de la compañía General Cable.

### 1.4.1.1.3) Motores

Los datos de los motores de MT son los que siguen de acuerdo, básicamente, con la documentación de los suministradores:

KKS Motor	U <sub>NOM</sub>	P <sub>NOM</sub>	I <sub>NOM</sub>	I <sub>ARR</sub> / I <sub>NOM</sub>	t <sub>MAX ARR</sub> FRIO	t <sub>MAX ARR</sub> CLTE	S
41LAC10AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
41LAC20AP001	6,6 kV	2300 KW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
42LAC10AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
42LAC20AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
41LAC30AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
41LAC40AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
42LAC30AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
42LAC40AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
44PAC11AP001	6,6 kV	1350 kW	169 A	5,2	18 s	10 s	0,75%
44PAC12AP001	6,6 kV	1350 kW	169 A	5,2	18 s	10 s	0,75%
43LCB10AP001	6,6 kV	1375 kW	139 A	5,6	13 s	10 s	0,87%
43LCB20AP001	6,6 kV	1375 kW	139 A	5,6	13 s	10 s	0,87%
44PGA11AP001	6,6 kV	250 kW	27,94 A	6,0	23 s	20 s	1,5%
44PGA12AP001	6,6 kV	250 kW	27,94 A	6,0	23 s	20 s	1,5%
44PGB10AP001	6,6 kV	480 kW	50,86 A	5,5	28 s	24 s	0,87%
44PGB20AP001	6,6 kV	480 kW	50,86 A	5,5	28 s	24 s	0,87%
88AK -1/1	6,6 kV	447 kW	53,3 A	5,6	18 s	10 s	1%
88AK -1/2	6,6 kV	450 kW	53,3 A	5,6	18 s	10 s	1%
88FP -1/1	6,6 kV	300 kW	35 A	7	15 s	10 s	Pte
88AK -1/2	6,6 kV	300 kW	35 A	7	15 s	10 s	Pte
Bba PCI	6,6 kV	526,3kW	54,2 A	5,5	65 s	30 s	Pte

Tabla 3: Características motores

Para el cálculo de la Icc (intensidad de cortocircuito), se tomará como referencia el caso más desfavorable, es decir, la situación con mayores cargas conectadas al embarrado de media tensión.

Para esto tendremos conectadas solo una de las cargas que están duplicadas, excepto en el caso de la 44PAC que estarán conectadas siempre tanto la 44PAC11AP001 como la 44PAC12AP001. En la tabla posterior, marcado en color rojo, se indican las que se podrían en marcha en un funcionamiento normal a plena carga de la central.

KKS Motor	U <sub>NOM</sub>	P <sub>NOM</sub>	I <sub>NOM</sub>	I <sub>ARR</sub> / I <sub>NOM</sub>	t <sub>MAX</sub> ARR FRIO	t <sub>MAX</sub> ARR CLTE	S
41LAC10AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
41LAC20AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
42LAC10AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
42LAC20AP001	6,6 kV	2300 kW	233 A	5,6	12 s	9 s	0,5 %
41LAC30AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
41LAC40AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
42LAC30AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
42LAC40AP001	6,6 kV	300 kW	31 A	5,7	30 s	20 s	0,77%
44PAC11AP001	6,6 kV	1350 kW	169 A	5,2	18 s	10 s	0,75%
44PAC12AP001	6,6 kV	1350 kW	169 A	5,2	18 s	10 s	0,75%
43LCB10AP001	6,6 kV	1375 kW	139 A	5,6	13 s	10 s	0,87%
43LCB20AP001	6,6 kV	1375 kW	139 A	5,6	13 s	10 s	0,87%
44PGA11AP001	6,6 kV	250 kW	27,94 A	6,0	23 s	20 s	1,5%
44PGA12AP001	6,6 kV	250 kW	27,94 A	6,0	23 s	20 s	1,5%
44PGB10AP001	6,6 kV	480 kW	50,86 A	5,5	28 s	24 s	0,87%
44PGB20AP001	6,6 kV	480 kW	50,86 A	5,5	28 s	24 s	0,87%
88AK -1/1	6,6 kV	447 kW	53,3 A	5,6	18 s	10 s	1%
88AK -1/2	6,6 kV	450 kW	53,3 A	5,6	18 s	10 s	1%
88FP -1/1	6,6 kV	300 kW	35 A	7	15 s	10 s	Pte
88AK -1/2	6,6 kV	300 kW	35 A	7	15 s	10 s	Pte
Bba PCI	6,6 kV	526,3kW	54,2 A	5,5	65 s	30 s	Pte

Tabla 4: Características motores

Los motores macados en rojo son los necesarios para el funcionamiento de la central. Se dispone de motores duplicados para gozar de un sistema redundante, así en el caso de avería de un motor se puede continuar trabajando poniendo en funcionamiento el otro sin tener que parar toda la producción de la planta.

Normalmente, si no hay ninguna avería en los motores, cada semana se suele poner en funcionamiento uno y así tendrán siempre el mismo número de horas aproximadamente. Esto se realiza con la finalidad de que, en el caso de que en la parada de mantenimiento se tuvieran que revisar los motores, se haga respecto de ambos en la misma parada evitando una segunda.

El plano que contiene la distribución de los motores y su conexión es 13ID-4-BB\_-EDU-IBC-001.

### 1.4.1.2) Datos de la red de 400 kV

En el informe “DATOS ELÉCTRICOS DE LA RED DE 400 kV EN CASTELLÓN” de fecha 7 de abril del 2004, REE da para la red de 400 kV de Escombreras un valor máximo de la intensidad de cortocircuito trifásica para el año 2007 de  $I_{cc}=20$  kA, lo que equivale a una potencia de cortocircuito  $S_{cc}=13.856$  kVA. Sin embargo en este mismo informe se indica que los valores de diseño para las instalaciones conectadas a la red de

transporte serán como mínimo de 50kA en 400kV, por lo que se ha tomado este último valor para el cálculo de cortocircuito.

Variable	Valor
Icc	50 kA
Vn	400 kV
Sc	36641,02 MVA

Tabla 5: Características RED

Como factor X/R de la red exterior, se ha considerado  $X/R = 15$ .

### 1.4.1.3) Potencias e impedancias del transformador principal

En cuanto a los transformadores principales, para cumplir con el requerimiento de intercambiabilidad solicitado por IBERDROLA, los dos transformadores asociados a los turbogeneradores de gas tienen idénticas características al asociado al turbogenerador de vapor. Se han tomado como valores de las mismas los definidos en las conclusiones del documento “Selección del transformador de unidad CCGT Castellón”. Dichos valores son los siguientes:

- Potencia nominal de 380 MVA.
- Relación de transformación nominal de 415/17 kV, con 5 tomas con el 1,5% entre toma.
- Impedancia del 14% con una tolerancia del +7,5%-0,0% (valor preliminar que debe ser validado por los cálculos).

Se ha estimado un factor X/R de los transformadores principales de  $X/R=70$ .

Variable	Valor
XccT1	14%
Vn	415 kV /17 kV
Sn	380 MVA

Tabla 6: Características transformador principal

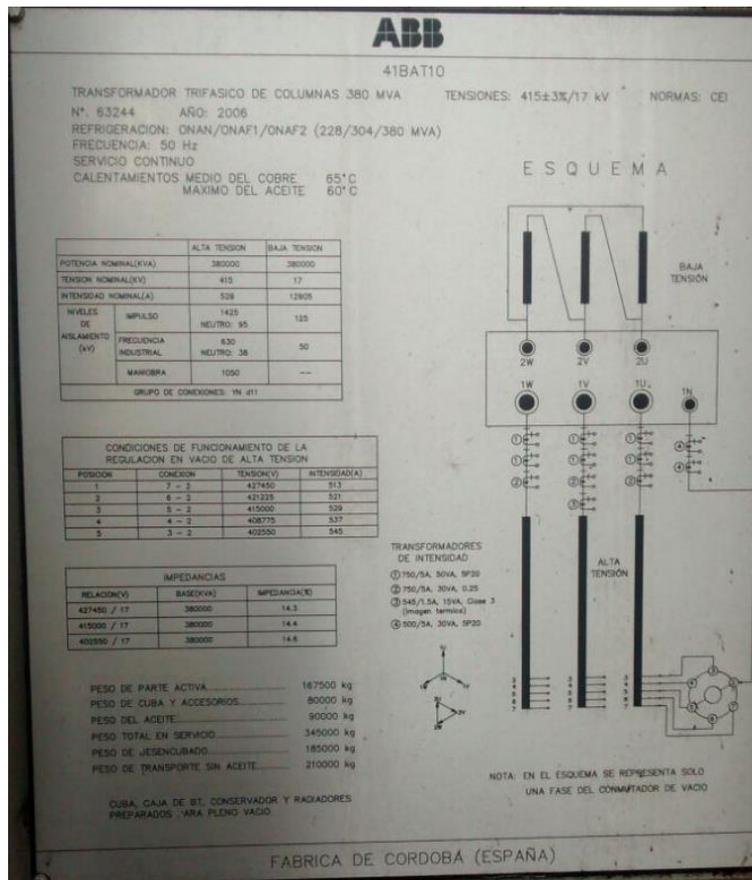


Figura 6: Placa características transformador principal

### 1.4.1.4) Características del generador

Las características de los generadores se han obtenido del documento “501841 GT Generator Curves Rev1”, de GE para los generadores de las TGs y del documento “501841 ST Generator Curves Rev1”, de GE para los generadores de la TV; siendo:

- Generador Turbina de Gas:

Variable	Valor
X''d	0,15
Vn	17 kV ± 5%
Sn	343,7 MVA
P.F.	0,85
X/R	130

Tabla 7: Características generador

### 1.4.1.5) Potencias e impedancias del transformador seco (Mt/Bt)

Variable	Valor
XccTb	9,27%
Vn	6,9 kV /0,4 kV
Sn	2 MVA

Tabla 8: Características transformador seco

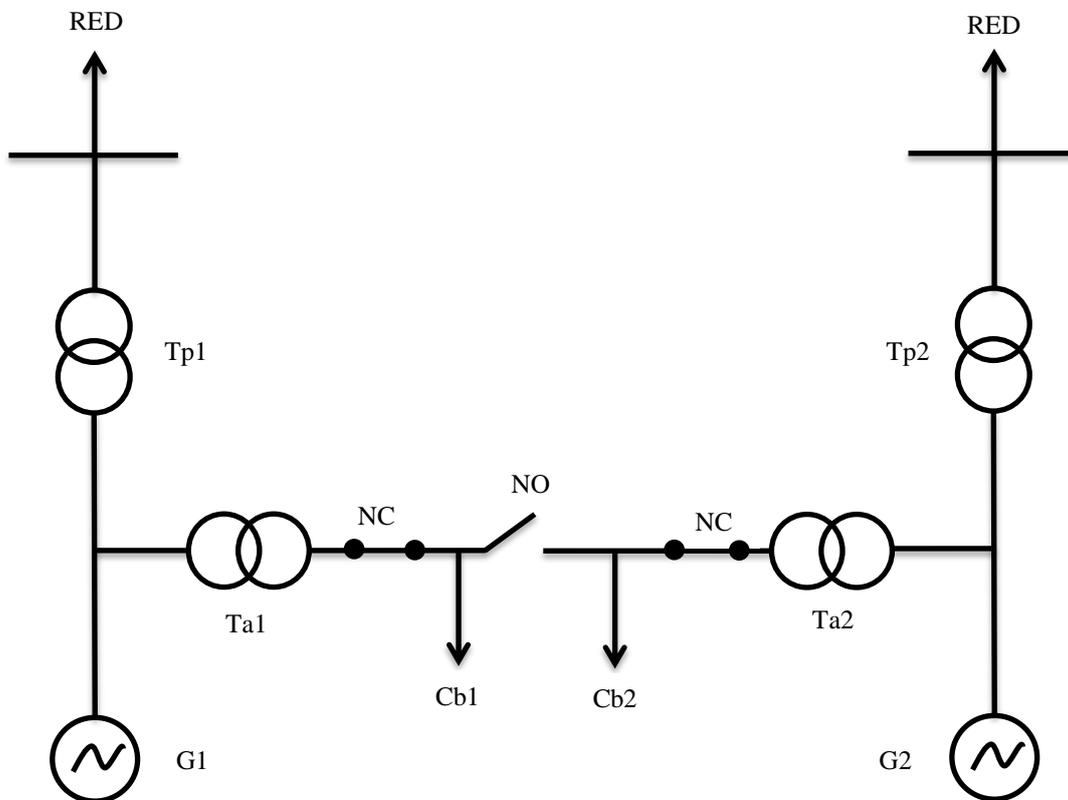


Diagrama 2: Diagrama unifilar planta

En la tabla siguiente se engloba cada elemento del diagrama 2.

Elemento	Descripción	Tensión (kV)
RED	RED	400
Tp1	Transformador principal 1	400/17
Ta1	Transformador auxiliar 1	17/6,9
G1	Generador 1	17
Tp2	Transformador principal 2	400/17
Ta2	Transformador auxiliar 2	17/6,9
G2	Generador 2	17
Cb1	Cargas media tensión embarrado 1	6,9
Cb2	Cargas media tensión embarrado 2	6,9

Tabla 9: Características de los componentes de la figura 1

En el diagrama posterior mostraremos la red de secuencia directa que hace referencia al diagrama unifilar de la planta.

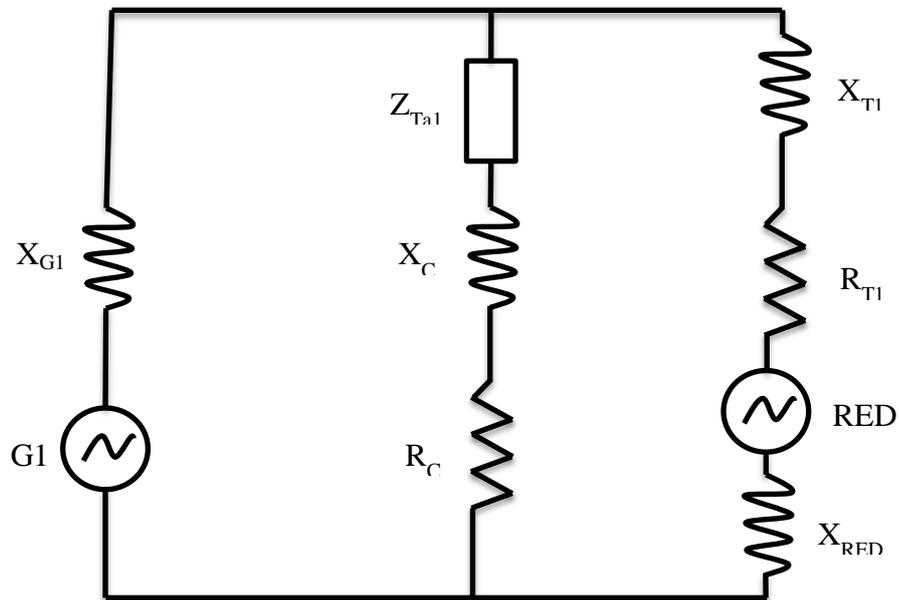


Diagrama 3: Diagrama de la red de secuencia directa

En la tabla que se muestra debajo observaremos el significado de cada símbolo representado en el diagrama 3.

Elemento	Descripción
$X_{G1}$	Reactancia generador 1
G1	Generador 1
$X_c$	Reactancia cargas media tensión
$R_c$	Resistencia cargas media tensión
$Z_{Ta1}$	Impedancia transformador auxiliar
$X_{T1}$	Reactancia transformador principal
$R_{T1}$	Resistencia transformador principal
RED	RED
$X_{RED}$	Reactancia RED

Tabla 10: Descripción de los elementos del diagrama 3

En el diagrama 4 que se encuentra a continuación podemos observar las cargas que cuelgan de las barras de media tensión.

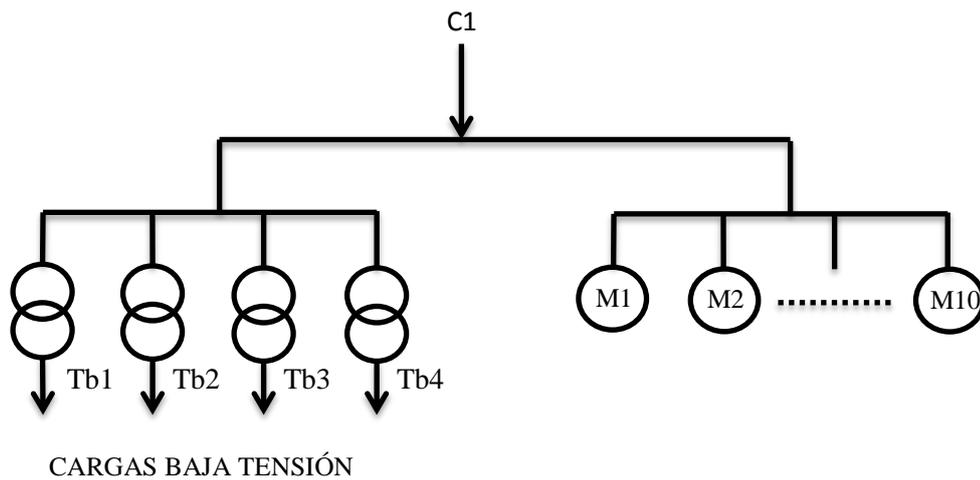


Diagrama 4: Representación de las cargas que cuelgan de media tensión

En la tabla que se muestra debajo observaremos el significado de cada símbolo representado en el diagrama 4.

Elemento	Descripción	Valor
Tb1	Transformador de baja 1	6,6 kV /0,4 kV
Tb2	Transformador de baja 2	6,6 kV /0,4 kV
Tb3	Transformador de baja 3	6,6 kV /0,4 kV
Tb4	Transformador de baja 4	6,6 kV /0,4 kV
M1,M2,...,M10	Motores de media tensión	Valor especificado en la tabla 19

Tabla 11: Características de los componentes de la figura 3

## CONCLUSIÓN

Como se puede observar en los cálculos realizados anteriormente:

Intensidad	Valor (kA)
$I_{cc1}$ (Realizada a mano)	21,5895
$I_{cc2}$ (Realizada a mano)	43,179
$I_{cc1}$ (Realizada con ETAP)	23,248
$I_{cc2}$ (Realizada con ETAP)	46,492
$I_{adm,cable}$ cc en 1 s	34,32

Tabla 12: Tabla resumen

Observando la tabla resumen mostrada arriba, se puede observar que los cálculos realizados a mano respecto a los realizados con el ETAP, son prácticamente iguales. Esto nos ayuda a corroborar los resultados.

Como se puede observar con el interruptor de acoplamiento abierto tenemos una intensidad de cortocircuito ( $I_{cc1}$ ) que es menor que la  $I_{adm,cable}$ , en este caso estaríamos por debajo de la intensidad admisible del cable por lo tanto en caso de existir un cortocircuito el cable podría soportar esta intensidad hasta la actuación de las protecciones.

Sin embargo, en el caso de tener el interruptor de acoplamiento cerrado se obtiene una intensidad de cortocircuito ( $I_{cc2}$ ) que es mayor que la  $I_{adm,cable}$  por lo tanto si ocurriera un cortocircuito esta intensidad superaría la admisible del cable y esto tendría unas consecuencias negativas para los cables que lo sufriesen.

En conclusión, no se debe tener los dos transformadores en paralelo para que en caso de cortocircuito no se supere la intensidad admisible por el cable.

Por lo tanto, la alternativa 1 no es realizable, se pasará al estudio de la segunda alternativa.

## 2) CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 2.1) PRIMERA ALTERNATIVA REALIZADA A MANO

#### 2.1.1) Cálculo impedancias de las cargas (motores)

Datos especificados en la tabla 3

1) Carga (41LAC10AP001 = 41LAC20AP001 = 42LAC10AP001 = 42LAC20AP001).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n1} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n1}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{2300}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 233} = 0,86$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c1} = \frac{P_{n1}}{\cos \varphi} = \frac{2300}{0,86} = 2,674 \text{ MVA}$$

$$Z_{c1} = \frac{V_n^2}{S_{c1}} = \frac{6,6^2}{2,674} = 16,29 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c1} = Z_{c1} \times \cos \varphi = 16,29 \times 0,86 = 14 \Omega$$

$$X_{c1} = Z_{c1} \times \sin \varphi = 16,29 \times 0,51 = 8,31j \Omega$$

$$Z_{c1} = R_{c1} + jX_{c1} = (14 + 8,31j) \Omega$$

En funcionamiento normal, de las cuatro cargas disponibles en este apartado se tendrán en funcionamiento solo dos.

Como las cargas están conectadas en paralelo tal como se muestra en la diagrama 4 tendremos una  $Z_{1eq}$ :

$$Z_{1eq} = \frac{Z_{c1} \times Z_{c1}}{Z_{c1} + Z_{c1}} = \frac{((14 + 8,31j) \times (14 + 8,31j))}{((14 + 8,31j) + (14 + 8,31j))} = (7 + 4,155j) \Omega$$

2) Carga (41LAC30AP001 = 41LAC40AP001 = 42LAC30AP001 = 42LAC40AP001).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n2} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n2}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{300}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 31} = 0,85$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c2} = \frac{P_{n2}}{\cos \varphi} = \frac{300}{0,85} = 0,353 \text{MVA}$$

$$Z_{c2} = \frac{V_n^2}{S_{c2}} = \frac{6,6^2}{0,353} = 123,4 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c2} = Z_{c2} \times \cos \varphi = 123,4 \times 0,85 = 104,89 \Omega$$

$$X_{c2} = Z_{c2} \times \sin \varphi = 123,4 \times 0,527 = 65j \Omega$$

$$Z_{c2} = R_{c2} + jX_{c2} = (104,89 + 65j) \Omega$$

En funcionamiento normal, de las cuatro cargas disponibles en este apartado se tendrán en funcionamiento solo dos.

Como las cargas están conectadas en paralelo tal como se muestra en la diagrama 4 tendremos una  $Z_{2eq}$ :

$$Z_{2eq} = \frac{Z_{c2} \times Z_{c2}}{Z_{c2} + Z_{c2}} = \frac{((104,89 + 65j) \times (104,89 + 65j))}{((104,89 + 65j) + (104,89 + 65j))} = (52,445 + 32,5j) \Omega$$

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{12eq}$ :**

$$Z_{1.2eq} = \frac{Z_{1eq} \times Z_{2eq}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} = \frac{((7 + 4,155j) \times (104,89 + 65j))}{((7 + 4,155j) + (104,89 + 65j))} = (6,562 + 3,906j) \Omega$$

3) Carga (44PAC11AP001 = 44PAC12AP001).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n3} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n3}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{1350}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 169} = 0,7$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c3} = \frac{P_{n3}}{\cos \varphi} = \frac{1350}{0,7} = 1,9286 \text{MVA}$$

$$Z_{c3} = \frac{V_n^2}{S_{c3}} = \frac{6,6^2}{1,9286} = 22,586 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c3} = Z_{c3} \times \cos \varphi = 22,586 \times 0,7 = 15,81 \Omega$$

$$X_{c3} = Z_{c3} \times \sin \varphi = 22,586 \times 0,714 = 16,1296j \Omega$$

$$Z_{c3} = R_{c3} + jX_{c3} = (15,81 + 16,13j) \Omega$$

En funcionamiento normal tendremos las dos cargas disponibles en este apartado en funcionamiento.

Como las cargas están conectadas en paralelo tal como se muestra en la diagrama 4 tendremos una  $Z_{3eq}$ :

$$Z_{3eq} = \frac{Z_{c3} \times Z_{c3}}{Z_{c3} + Z_{c3}} = \frac{((15,81 + 16,13j) \times (15,81 + 16,13j))}{((15,81 + 16,13j) + (15,81 + 16,13j))} = (7,905 + 8,065j) \Omega$$

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{1,3eq}$ :**

$$\begin{aligned} Z_{1,3eq} &= \frac{Z_{1,2eq} \times Z_{3eq}}{Z_{1,2eq} + Z_{3eq}} = \frac{((6,562 + 3,906j) \times (7,905 + 8,065j))}{((6,562 + 3,906j) + (7,905 + 8,065j))} \\ &= (3,68 + 2,747j) \Omega \end{aligned}$$

4) Carga (43LCB10AP001 = 43LCB20AP001).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n4} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n4}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{1375}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 139} = 0,86$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c4} = \frac{P_{n4}}{\cos \varphi} = \frac{1375}{0,86} = 1,599 \text{ MVA}$$

$$Z_{c4} = \frac{V_n^2}{S_{c4}} = \frac{6,6^2}{1,599} = 27,24 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c4} = Z_{c4} \times \cos \varphi = 27,24 \times 0,86 = 23,43 \Omega$$

$$X_{c4} = Z_{c4} \times \sin \varphi = 27,24 \times 0,86 = 13,9j \Omega$$

$$Z_{c4} = R_{c4} + jX_{c4} = (23,43 + 13,9j) \Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una de las dos cargas disponibles en este apartado en funcionamiento.

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{1,4eq}$ :**

$$Z_{1,4eq} = \frac{Z_{c4} \times Z_{1,3eq}}{Z_{c4} + Z_{1,3eq}} = \frac{((23,43 + 13,9j) \times (3,68 + 2,747j))}{((23,43 + 13,9j) + (3,68 + 2,747j))} = (3,187 + 2,3j) \Omega$$

5) Carga (44PGA11AP001 = 44PGA12AP001).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n5} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n5}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 27,94} = 0,78$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c5} = \frac{P_{n5}}{\cos \varphi} = \frac{250}{0,78} = 0,32 MVA$$

$$Z_{c5} = \frac{V_n^2}{S_{c5}} = \frac{6,6^2}{0,32} = 136,125 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c5} = Z_{c5} \times \cos \varphi = 136,125 \times 0,78 = 106,178 \Omega$$

$$X_{c5} = Z_{c5} \times \sin \varphi = 136,125 \times 0,626 = 85,184 j \Omega$$

$$Z_{c5} = R_{c5} + jX_{c5} = (106,178 + 85,184 j) \Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una de las dos cargas disponibles en este apartado en funcionamiento.

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{1.5eq}$ :**

$$\begin{aligned} Z_{1.5eq} &= \frac{Z_{c5} \times Z_{1.4eq}}{Z_{c5} + Z_{1.4eq}} = \frac{((106,178 + 85,184 j) \times (3,187 + 2,3 j))}{((106,178 + 85,184 j) + (3,187 + 2,3 j))} \\ &= (3,09 + 2,3 j) \Omega \end{aligned}$$

6) Carga (44PGB10AP001 = 44PGB20AP001).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$Pn6 = \sqrt{3} \times Vn \times In \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{Pn6}{\sqrt{3} \times Vn \times In} = \frac{480}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 50,86} = 0,83$$

**Cálculo impedancia:**

$$Sc6 = \frac{Pn6}{\cos \varphi} = \frac{480}{0,83} = 0,578MVA$$

$$Zc6 = \frac{Vn^2}{Sc6} = \frac{6,6^2}{0,578} = 75,36\Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$Rc6 = Zc6 \times \cos \varphi = 75,36 \times 0,83 = 62,55 \Omega$$

$$Xc6 = Zc6 \times \sin \varphi = 75,36 \times 0,56 = 42,2 j \Omega$$

$$Zc6 = Rc6 + jXc6 = (62,55 + 42,2j)\Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una de las dos cargas disponibles en este apartado en funcionamiento.

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{1,6eq}$ :**

$$Z_{1,6eq} = \frac{Zc6 \times Z_{1,5eq}}{Zc6 + Z_{1,5eq}} = \frac{((62,55 + 42,2j) \times (3,09 + 2,3j))}{((62,55 + 42,2j) + (3,09 + 2,3j))} = (2,94 + 2,18j)\Omega$$

7) Carga (88AK-1/1).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n7} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n7}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{447}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 53,3} = 0,73$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c7} = \frac{P_{n7}}{\cos \varphi} = \frac{447}{0,73} = 0,612 \text{MVA}$$

$$Z_{c7} = \frac{V_n^2}{S_{c7}} = \frac{6,6^2}{0,612} = 71,176 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c7} = Z_{c7} \times \cos \varphi = 71,176 \times 0,73 = 51,958 \Omega$$

$$X_{c7} = Z_{c7} \times \sin \varphi = 71,176 \times 0,683 = 48,613 \text{ j}\Omega$$

$$Z_{c7} = R_{c7} + jX_{c7} = (51,958 + 48,613j)\Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una carga en este apartado en funcionamiento.

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{1.7eq}$ :**

$$\begin{aligned} Z_{1.7eq} &= \frac{Z_{c7} \times Z_{1.6eq}}{Z_{c7} + Z_{1.6eq}} = \frac{((51,958 + 48,613j) \times (2,94 + 2,18j))}{((51,958 + 48,613j) + (2,94 + 2,18j))} \\ &= (2,78 + 2,09j)\Omega \end{aligned}$$

8) Carga (88AK-1/2).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$P_{n8} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n8}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{450}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 53,3} = 0,74$$

**Cálculo impedancia:**

$$S_{c8} = \frac{P_{n8}}{\cos \varphi} = \frac{450}{0,74} = 0,608 MVA$$

$$Z_{c8} = \frac{V_n^2}{S_{c8}} = \frac{6,6^2}{0,608} = 71,64 \Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c8} = Z_{c8} \times \cos \varphi = 71,64 \times 0,74 = 53,014 \Omega$$

$$X_{c8} = Z_{c8} \times \sin \varphi = 71,64 \times 0,673 = 48,19j \Omega$$

$$Z_{c8} = R_{c8} + jX_{c8} = (53,014 + 48,19j) \Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una carga en este apartado en funcionamiento.

**Cálculo impedancia equivalente  $Z_{1,seq}$ :**

$$Z_{1,8eq} = \frac{Z_{c8} \times Z_{1,7eq}}{Z_{c8} + Z_{1,7eq}} = \frac{((53,014 + 48,19j) \times (2,78 + 2,09j))}{((53,014 + 48,19j) + (2,78 + 2,09j))} = (2,64 + 2j) \Omega$$

9) Carga (88FP-1/1 = 88FP-1/2).

**Cálculo  $\cos \varphi$ :**

$$Pn9 = \sqrt{3} \times Vn \times In \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{Pn9}{\sqrt{3} \times Vn \times In} = \frac{300}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 35} = 0,75$$

**Cálculo impedancia:**

$$Sc9 = \frac{Pn9}{\cos \varphi} = \frac{300}{0,75} = 0,4MVA$$

$$Zc9 = \frac{Vn^2}{Sc9} = \frac{6,6^2}{0,4} = 108,9\Omega$$

**Cálculo resistencia y reactancia:**

$$Rc9 = Zc9 \times \cos \varphi = 108,9 \times 0,75 = 81,675 \Omega$$

$$Xc9 = Zc9 \times \sin \varphi = 108,9 \times 0,66 = 71,874j \Omega$$

$$Zc9 = Rc9 + Xc9 = (81,675 + 71,874j)\Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una carga en este apartado en funcionamiento.

Como las cargas están conectadas en paralelo tal como se muestra en la diagrama 4 tendremos una  $Z9eq$ :

$$\begin{aligned} Z9eq &= \frac{Zc9 \times Zc9}{Zc9 + Zc9} = \frac{((81,675 + 71,874j) \times (81,675 + 71,874j))}{((81,675 + 71,874j) + (81,675 + 71,874j))} \\ &= (40,84 + 35,94j)\Omega \end{aligned}$$

**Cálculo impedancia equivalente  $Z1,9eq$ :**

$$Z1,9eq = \frac{Z9eq \times Z1,8eq}{Z9eq + Z1,8eq} = \frac{((40,84 + 35,94j) \times (2,64 + 2j))}{((40,84 + 35,94j) + (2,64 + 2j))} = (2,48 + 1,896j)\Omega$$

### 10) Carga (Bba PCI).

#### **Cálculo $\cos \varphi$ :**

$$P_{n10} = \sqrt{3} \times V_n \times I_n \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{n10}}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n} = \frac{526,3}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 54,2} = 0,85$$

#### **Cálculo impedancia:**

$$S_{c10} = \frac{P_{n10}}{\cos \varphi} = \frac{526,3}{0,85} = 0,619 MVA$$

$$Z_{c10} = \frac{V_n^2}{S_{c10}} = \frac{6,6^2}{0,619} = 70,37 \Omega$$

#### **Cálculo resistencia y reactancia:**

$$R_{c10} = Z_{c10} \times \cos \varphi = 70,37 \times 0,85 = 59,8 \Omega$$

$$X_{c10} = Z_{c10} \times \sin \varphi = 70,37 \times 0,527 = 37,08 j \Omega$$

$$Z_{c10} = R_{c10} + j X_{c10} = (59,8 + 37,08 j) \Omega$$

En funcionamiento normal tendremos una carga en este apartado en funcionamiento.

#### **Cálculo impedancia equivalente $Z_{1-10eq}$ :**

$$\begin{aligned} Z_{1.10eq} &= \frac{Z_{c10} \times Z_{1.9eq}}{Z_{c10} + Z_{1.9eq}} = \frac{((59,8 + 37,08j) \times (2,48 + 1,896j))}{((59,8 + 37,08j) + (2,48 + 1,896j))} \\ &= (2,38 + 1,81j) \Omega \end{aligned}$$

Además de los motores de media tensión en la barra de media tensión también cuelgan cuatro transformadores que pasan de media tensión a baja tensión.

Para el cálculo de las impedancias en valores pu necesitaremos los siguientes valores base:

$$S_b = 30 \text{ MVA}$$

$$V_b = 400/17/6,9 \text{ kV}$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{400^2}{30} / \frac{17^2}{30} / \frac{6,9^2}{30} = 5333,33/9,63/1,587 \Omega$$

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} \times V_b} = \frac{30}{\sqrt{3} \times 400} / \frac{30}{\sqrt{3} \times 17} / \frac{30}{\sqrt{3} \times 6,9} = 0,043/1,02/2,51 \text{ kA}$$

### **2.1.2) Cálculo impedancia de los transformadores secos (MT/BT)**

Datos especificados en la tabla 8.

Impedancia del transformador en pu:

$$X_{Tb1, pu} = \frac{X_{cc}(\%)}{100} \times \frac{V_n^2}{S_n} \times \frac{1}{Z_b} = \frac{9,27}{100} \times \frac{6,9^2}{2} \times \frac{1}{1,587} = 1,3905j$$

Como los transformadores están conectados en paralelo calculamos la  $X_{eqTb}$ :

$$X_{eqTb1.2} = \frac{X_{Tb1} \times X_{Tb1}}{X_{Tb1} + X_{Tb1}} = \frac{((1,3905j) \times (1,3905j))}{((1,3905j) + (1,3905j))} = 0,69525j$$

$$X_{eqTb1.3} = \frac{X_{Tb1} \times X_{eqTb1.2}}{X_{Tb1} + X_{eqTb1.2}} = \frac{((1,3905j) \times (0,69525j))}{((1,3905j) + (0,69525j))} = 0,4635j$$

$$X_{eqTb1.4} = \frac{X_{Tb1} \times X_{eqTb1.3}}{X_{Tb1} + X_{eqTb1.3}} = \frac{((1,3905j) \times (0,4635j))}{((1,3905j) + (0,4635j))} = 0,3476j$$

Como la relación X/R es bastante elevada se despreciará la parte de la resistencia en este cálculo.

### **2.1.3) Cálculos de las impedancias de las cargas de media tensión**

$$Z_{cT} = \frac{Z_{1.10eq} \times X_{eqTb1.4}}{Z_{1.10eq} + X_{eqTb1.4}} = \frac{((2,38 + 1,81j)) \times (0,3476j)}{((2,38 + 1,81j)) + (0,3476j)}$$
$$= (0,02789 + 0,3223j)\Omega$$

$$R_{cT} = 0,02789 \Omega$$

$$X_{cT} = 0,3223j \Omega$$

Cálculo en valores pu:

$$R_{cT, pu} = R_{cT} \times \frac{1}{Z_b} = 0,02789 \times \frac{1}{1,587} = 0,01757$$

$$X_{cT, pu} = X_{cT} \times \frac{1}{Z_b} = 0,3223 \times \frac{1}{1,587} = 0,2031j$$

### **2.1.4) Cálculo impedancia del transformador auxiliar**

Datos especificados en la tabla 1.

Impedancia del transformador en pu:

$$X_{Ta1, pu} = \frac{X_{cc}(\%)}{100} \times \frac{V_n^2}{S_n} \times \frac{1}{Z_b} = \frac{11}{100} \times \frac{17^2}{30} \times \frac{1}{9,63} = 0,11j$$

Como la relación X/R es bastante elevada se despreciará la parte de la resistencia en este cálculo.

### **2.1.5) Cálculo impedancia del transformador principal**

Datos especificados en la tabla 6.

Impedancia del transformador en pu:

$$X_{Ta1, pu} = \frac{X_{cc}(\%)}{100} \times \frac{V_n^2}{S_n} \times \frac{1}{Z_b} = \frac{14}{100} \times \frac{17^2}{380} \times \frac{1}{9,63} = 0,011j$$

Como la relación X/R es bastante elevada se despreciará la parte de la resistencia en este cálculo.

### **2.1.6) Cálculo impedancia de la red**

Datos especificados en la tabla 5.

Impedancia de la RED en pu:

$$X_{RED} = \frac{V_n^2}{S_{cc}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \times V_n \times I_{cc}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \times 400 \times 50} = 4,62j \Omega$$

$$X_{RED, pu} = X_{RED} \times \frac{S_b}{V_b^2} = 4,62 \times \frac{30}{400^2} = 0,000866j$$

### **2.1.7) Cálculo impedancia del generador**

Datos especificados en la tabla 7.

Impedancia del generador en pu:

$$X_{G1, pu} = X''_d \times \frac{V_n^2}{S_n} \times \frac{1}{Z_b} = 0,15 \times \frac{17^2}{343,7} \times \frac{1}{9,63} = 0,0131j$$

Como la relación X/R es bastante elevada se despreciará la parte de la resistencia en este cálculo.

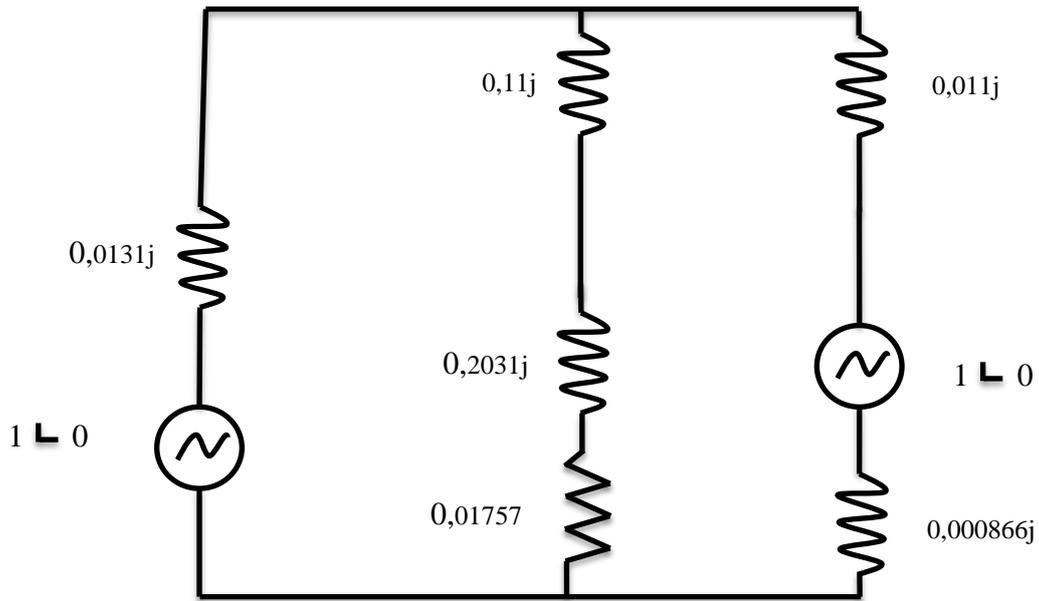


Diagrama 5: Diagrama de la red de secuencia directa con valores en pu

### **2.1.8) Cálculo de la corriente de cortocircuito (con interruptor de acoplamiento abierto)**

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito, se considerará que ese tiene lugar después del transformador auxiliar. Para este cálculo también se despreciarán las cargas que cuelgan del embarrado de media tensión ya que estas son despreciables en este caso. Además se considerará el interruptor de acoplamiento abierto.

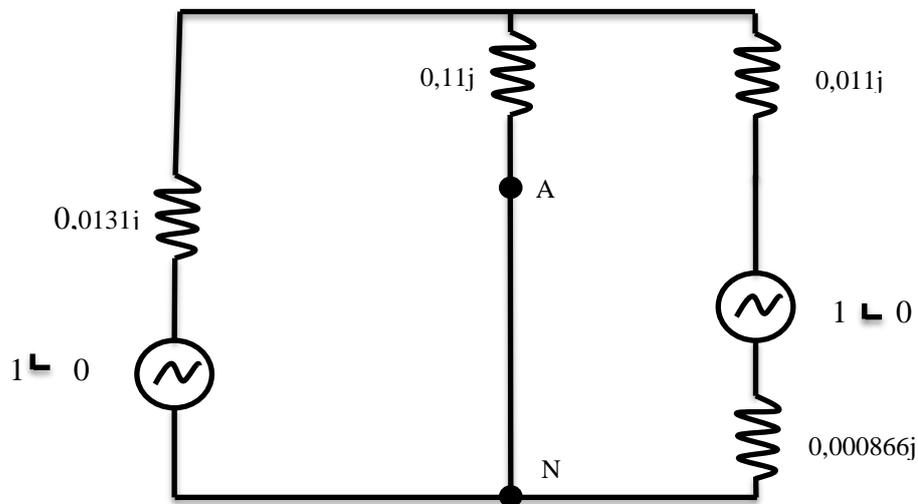


Diagrama 6: Diagrama de la red de secuencia directa con valores

$$X1 = 0,000866j + 0,011j = 0,011866j$$

A continuación se calculará el equivalente de Thevenin entre los puntos A y N:

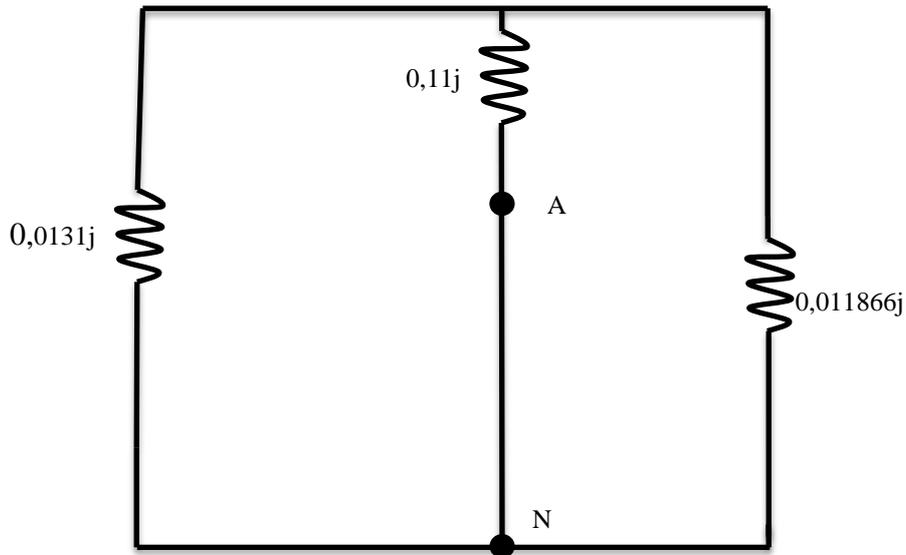


Diagrama 7: Proceso de cálculo del equivalente de Thevenin

A continuación se realizará el paralelo para conseguir el equivalente de Thevenin:

$$X2 = \frac{((0,0131j) \times (0,011866j))}{((0,0131j) + (0,011866j))} = 0,00626j$$

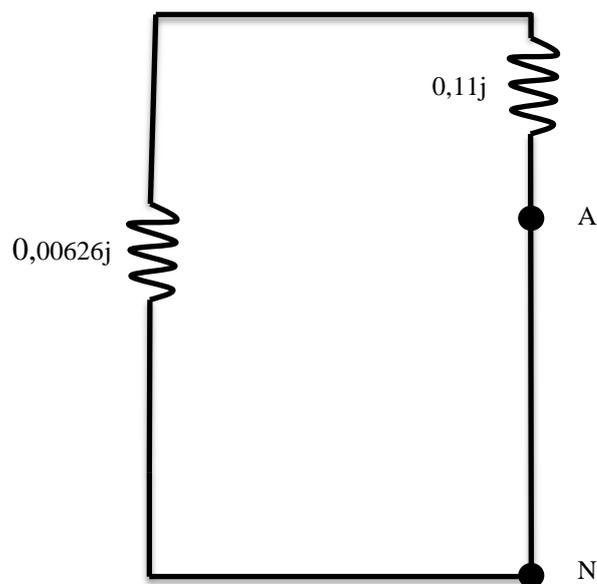


Diagrama 8: Proceso de cálculo del equivalente de Thevenin

A continuación se realizará el cálculo en serie para conseguir el equivalente de Thevenin:

$$X_2 = 0,00626j + 0,11j = 0,11626j$$

Finalmente quedará un diagrama de Thevenin así:

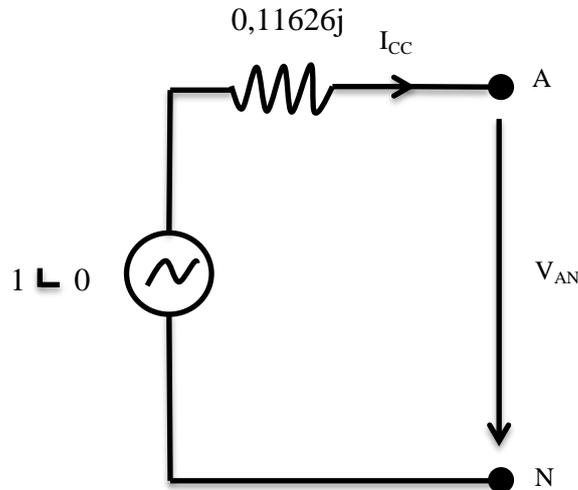


Diagrama 9: Diagrama equivalente de Thevenin

$$I_{CC,pu} = \frac{E_{AN}}{X_{AN}} = \frac{1 < 0}{0,11626} = 8,6014 \text{ pu}$$

$$I_{CC1} = I_{CC,pu} \times I_b = 8,6014 \times 2,51 = 21,5895 \text{ kA}$$

### **2.1.9) Cálculo de la corriente de cortocircuito (con interruptor de acoplamiento cerrado)**

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito, se considerará que ese tiene lugar después del transformador auxiliar 1. Para este cálculo también se despreciarán las cargas que cuelgan del embarrado de media tensión ya que estas son despreciables en este caso. Además se considerará el circuito en la peor de las situaciones, que es cuando cierra el interruptor de acoplamiento y aún no ha dado tiempo a abrir el del sistema que se quiera transferir.

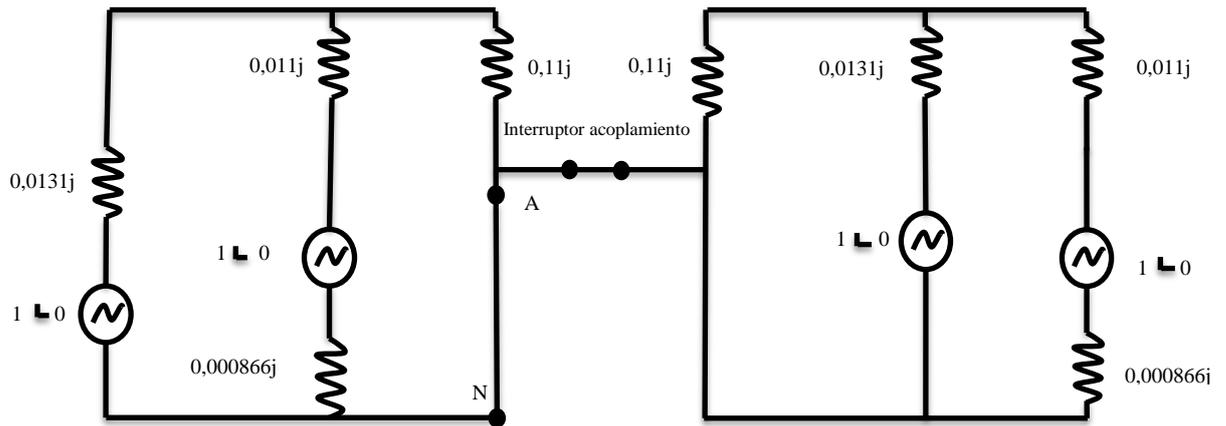


Diagrama 10: Diagrama de la red de secuencia directa con valores

$$X1 = 0,000866j + 0,011j = 0,011866j$$

A continuación se calculará el equivalente de Thevenin entre los puntos A y N:

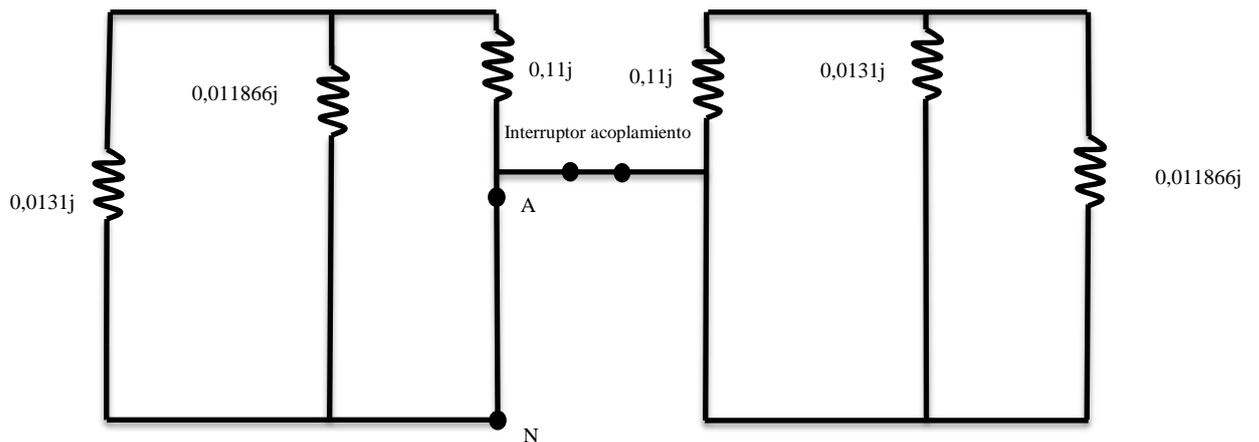


Diagrama 11: Proceso de cálculo del equivalente de Thevenin

A continuación se realizará el paralelo para conseguir el circuito equivalente:

$$X2 = \frac{((0,0131j) \times (0,011866j))}{((0,0131j) + (0,011866j))} = 0,00626j$$

Como son dos circuitos en paralelo el cálculo es el mismo en ambos sistemas.

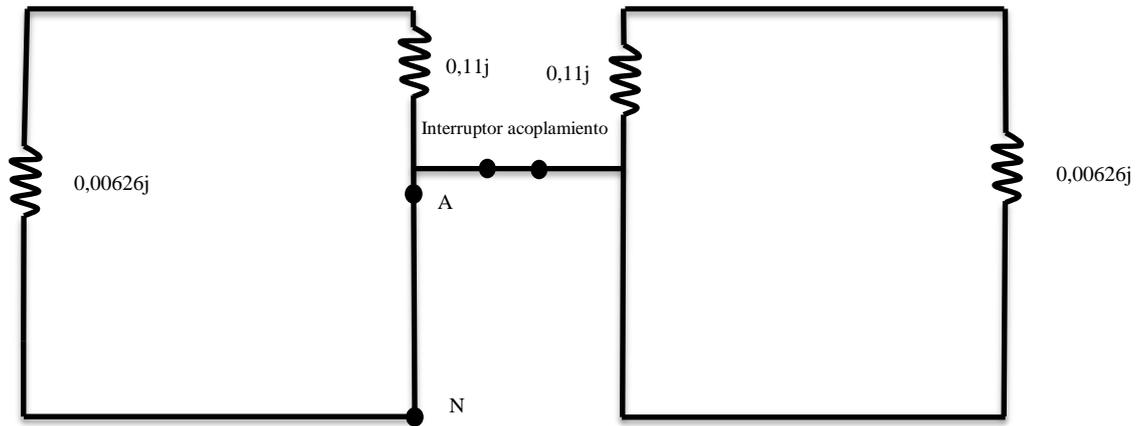


Diagrama 12: Proceso de cálculo del equivalente de Thevenin

A continuación se realizará el paralelo para conseguir el equivalente de Thevenin:

$$X3 = 0,00626j + 0,11j = 0,11626j$$

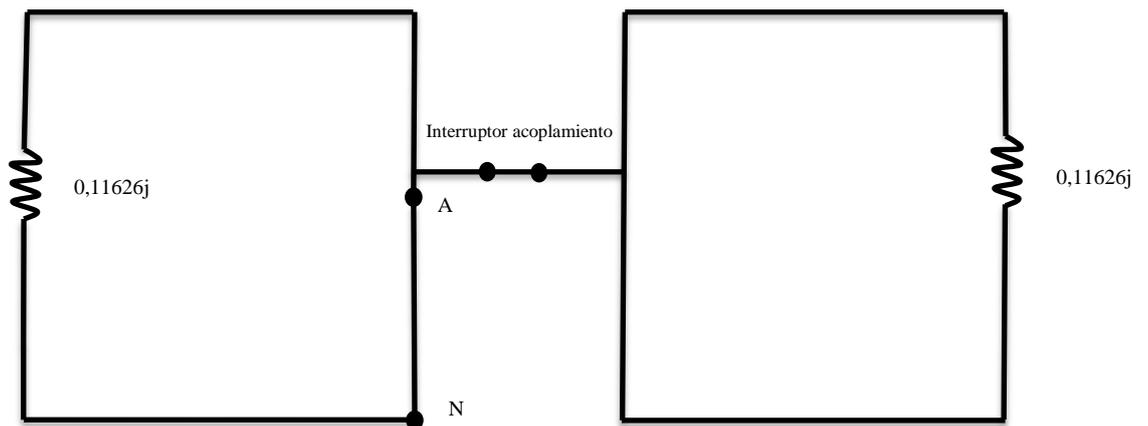


Diagrama 13: Proceso de cálculo del equivalente de Thevenin

A continuación se realizará el cálculo en serie para conseguir el equivalente de Thevenin:

$$X4 = \frac{((0,11626j) \times (0,11626j))}{((0,11626j) + (0,11626j))} = 0,05813j$$

Finalmente quedará un diagrama de Thevenin así:

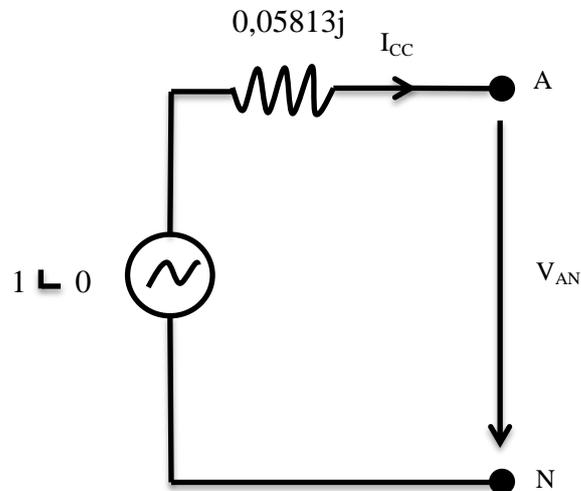


Diagrama 14: Diagrama equivalente de Thevenin

$$I_{CC,pu} = \frac{E_{AN}}{X_{AN}} = \frac{1 \angle 0}{0,05813} = 17,2028 pu$$

$$I_{CC2} = I_{CC,pu} \times I_b = 17,2028 \times 2,51 = 43,179 kA$$

## 2.2) PRIMERA ALTERNATIVA REALIZADA CON ETAP

En este apartado se realizará el cálculo de la corriente de cortocircuito tanto con el interruptor de acoplamiento abierto como cerrado. Este cálculo se realizara mediante un programa de cálculo cuyo nombre es el ETAP 7.5.0.

## 2.2.1) Entorno de trabajo

En el siguiente apartado se mostrará el entorno de trabajo del programa ETAP, con la finalidad de poder observar con que circuito se han realizado los cálculos.

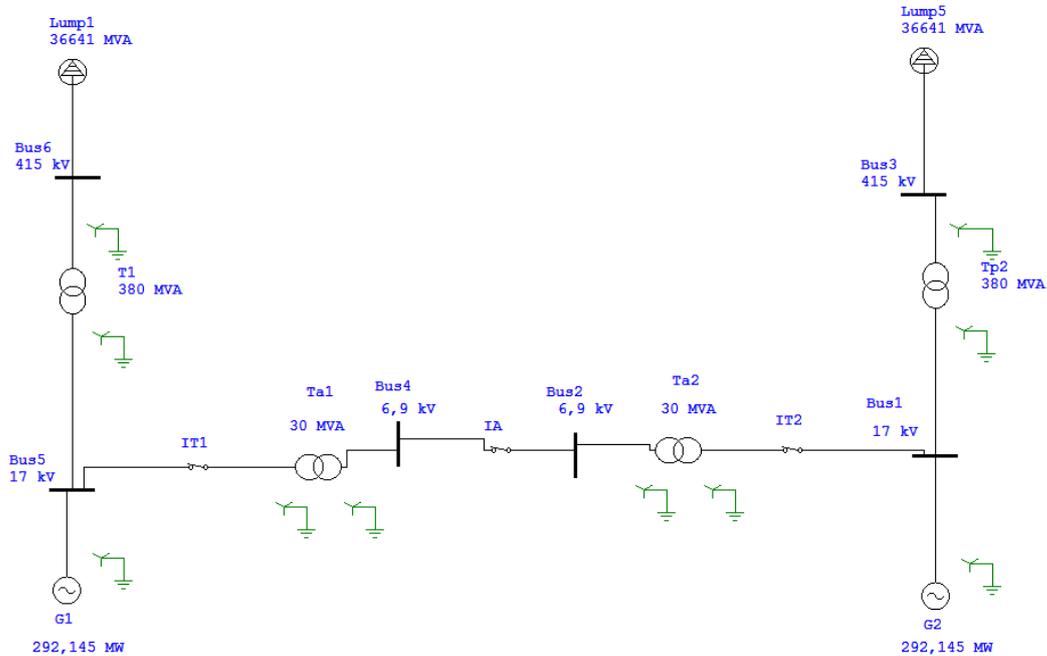


Figura 7: Diagrama de generación con interruptor de acoplamiento cerrado

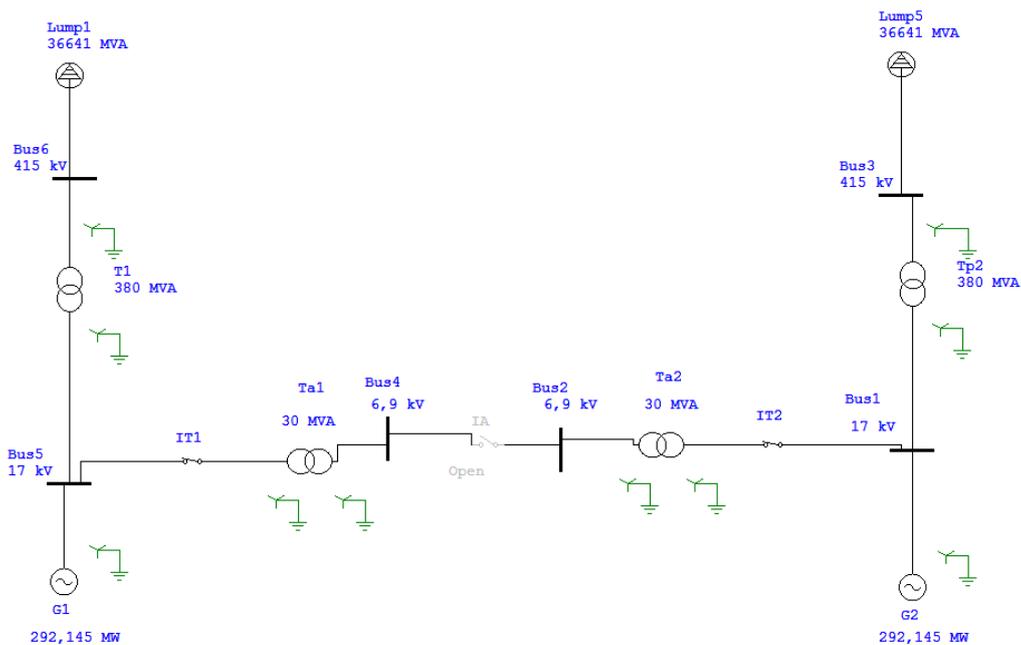


Figura 8: Diagrama de generación con interruptor de acoplamiento abierto

## 2.2.2) Informe de cortocircuito con interruptor abierto

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos por el programa una vez realizado el cálculo de cortocircuito. A continuación, se podrá observar una parte del informe que realiza el programa para el cálculo de estas corrientes.

		Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms)	:	23.248	26.914	20.133	25.851
Corriente pico (kA), Método C	:	63.880	73.954	55.322	71.033
Corriente de Interrupción (kA, rms, symm)	:		26.914	20.133	25.851
Corriente de Estado Estable (kA, rms)	:	9.625	26.914	20.133	25.851

Figura 9: Tabla con los resultados del ETAP para el IA abierto

Informe Resumen de Cortocircuito

Corriente de Falta Trifásica, LG, LL, LLG

Barra	kV	Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea			*Línea-a-Línea-a-Tierra				
		I <sub>k</sub>	i <sub>p</sub>	I <sub>k</sub>	I <sub>k</sub>	i <sub>p</sub>	I <sub>0</sub>	I <sub>k</sub>	I <sub>k</sub>	i <sub>p</sub>	I <sub>0</sub>	I <sub>k</sub>	I <sub>k</sub>	i <sub>p</sub>	I <sub>0</sub>	I <sub>k</sub>
Bus2	6.900	23.248	63.880	9.625	26.914	73.954	26.914	26.914	20.133	55.322	20.133	20.133	25.851	71.033	25.851	25.851

Figura 10: Tabla resumen de corrientes de cortocircuito

## 2.2.3) Informe de cortocircuito con interruptor cerrado

En este apartado como en el apartado anterior se mostrarán los resultados obtenidos por el programa una vez realizado el cálculo de cortocircuito, pero esta vez con el interruptor de acoplamiento cerrado. A continuación, se podrá observar una parte del informe que realiza el programa para el cálculo de estas corrientes.

		Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms)	:	46.492	53.823	40.263	51.548
Corriente pico (kA), Método C	:	125.773	145.604	108.922	139.451
Corriente de Interrupción (kA, rms, symm)	:		53.823	40.263	51.548
Corriente de Estado Estable (kA, rms)	:	19.248	53.823	40.263	51.548

Figura 11: Tabla con los resultados del ETAP para el IA cerrado

Informe Resumen de Cortocircuito

Corriente de Falta Trifásica, LG, LL, LLLG

Barra	ID	KV	Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra			Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra				
			I <sup>k</sup>	i <sub>p</sub>	I <sub>k</sub>	I <sup>k</sup>	i <sub>p</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>k</sub>	I <sup>k</sup>	i <sub>p</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>k</sub>	I <sup>k</sup>	i <sub>p</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>k</sub>
Bus2		6.900	46.492	125.773	19.248	53.823	145.604	53.823	53.823	40.263	108.922	40.263	40.263	51.548	139.451	51.548	51.548

Figura 12: Tabla resumen de corrientes de cortocircuito

Se facilita más información sobre el informe realizado con ETAP en los anexos adjuntos al final de este proyecto.

## 2.3) SEGUNDA ALTERNATIVA REALIZADA CON ETAP

Como se ha podido observar en el apartado anterior la primera hipótesis no es realizable y por esta razón se tiene que optar por la instalación de un sistema más caro pero que permite realizar una transferencia mucho más rápida que el sistema anterior. Este sistema permite realizar la transferencia teniendo muy poco tiempo, del orden de unos pocos milisegundos, los dos transformadores en paralelo.

Entre las ofertas en el mercado el sistema que mejor se acoplaba a las características de la planta y una relación calidad-precio razonable era el bus de Motor M-4272.

A continuación se detallan las características de este sistema.

### 2.3.1) Sistema de transferencia de bus de Motor M-4272

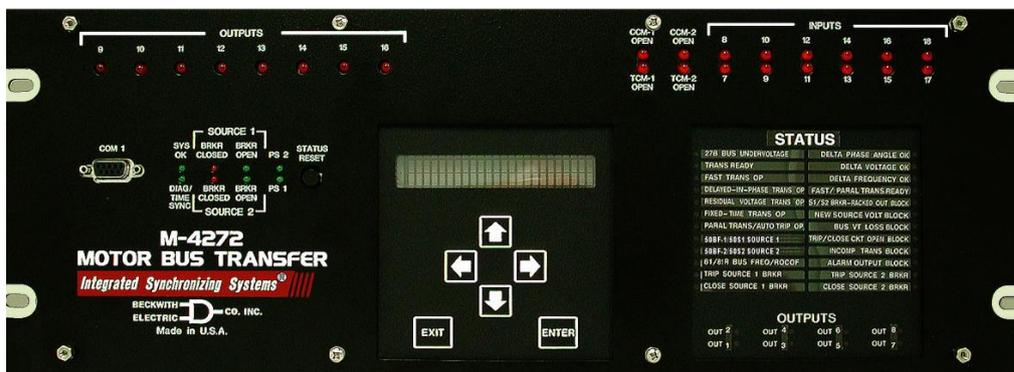


Figura 13: Imagen del bus de motor M-4272

### **2.3.2) Sistema Digital de Transferencia de Bus de Motor**

#### **M-4272**

El Sistema Digital de Transferencia de Bus de Motor proporciona Transferencias Automática y Manual. Los métodos de Transferencia Rápida, Transferencia con en Fase y Transferencia por Voltaje Residual son activados al mismo tiempo, si están habilitados.

Si las condiciones para la Transferencia Rápida no se cumplen, entonces la Transferencia con en Fase o la Transferencia por Voltaje Residual serán intentadas. La Transferencia con Tiempo Fijo es también proporcionada si durante una operación de transferencia, no es posible monitorear el voltaje del bus del motor (debido a la pérdida de fusibles de TP del Bus, por ejemplo).

Los métodos de la Transferencia con en Fase, la Transferencia por Voltaje Residual, y la Transferencia con Tiempo Fijo pueden ser deshabilitados selectivamente. La operación de la transferencia Automática o Manual puede ser bloqueada mediante una entrada de control/estado o a través de una comunicación serial remota.

### **2.3.3) Transferencia automática**

La transferencia automática puede ser iniciada por una señal de disparo de protección externa (86P) o una función de bajo voltaje (27) externo usando una entrada de control/estado del Sistema Digital de Transferencia de Bus de Motor (MBTS) o activado por una súbita pérdida del voltaje de alimentación del motor usando el relevador de bajo voltaje de bus interna (Función 27B).

La transferencia automática permite la operación de transferencia en ambas direcciones: desde la Fuente 1 a la Fuente 2, y viceversa.

La Transferencia automática es bloqueada cuando cualquier condición de enclavamiento/bloqueo se produce. El MBTS no responderá a ningún comando de transferencia y no enviará el comando de disparo mientras esté en la condición de enclavamiento/bloqueo.

### **2.3.3.1) Transferencia rápida**

Este sistema de transferencia es el que se va utilizar en Castellón IV en el momento en el que se tenga que hacer una transferencia, este sistema consiste en abrir el interruptor del transformador que queramos desconectar y cerrar el que queremos que nos alimente las barras de media tensión lo más rápido posible sin tener paso por cero.

Esto conlleva que no estén apenas tiempo los dos transformadores en paralelo y además que no tengamos una tensión muy pequeña por la desconexión de ambos transformadores auxiliares.

Para poder realizar esta transferencia es necesario que el ángulo entre la tensión del transformador que queramos conectar (fuente 2) y el ángulo del sistema en funcionamiento (fuente1), sea un ángulo determinado y se encuentre dentro de unos límites establecidos anteriormente.

### **2.3.3.2) Transferencia en fase**

Esta entra a funcionar cuando la transferencia rápida no es posible debido a que el ángulo entre la fuente 1 y la fuente 2 es mayor que el límite determinado. Entonces en la primera coincidencia de fase se transferirá de la fuente 1 a la fuente 2.

### **2.3.3.3) Transferencia por Voltaje residual**

Si no se consiguiera que las dos fases coincidan por alguna razón, la transferencia rápida no funcionaría y, como consecuencia, empezaría a bajar la tensión hasta que llegara a un voltaje marcado como voltaje residual.

A partir de este valor también se empezaría a transferir para que no llegemos a tener tensión 0.

### **2.3.4) Conclusión**

Estos tres métodos de transferencia explicados anteriormente son los utilizados en el control automático, estos métodos ocurren secuencialmente uno después del otro empezando por el de transferencia rápida si este no se puede realizar intenta el sistema M-4272 hacer una transferencia en fase y ya por último sino se consigue hacer la transferencia por este método pasaría automáticamente a realizarla por la transferencia por voltaje residual.

### **2.3.5) Transferencia manual**

La transferencia manual puede ser iniciada usando la Interfase Hombre-Máquina (HMI), desde la entrada de control/estado o a través de comunicación serial remota.

La Transferencia Manual le permite la operación de transferencia en ambas direcciones: desde la Fuente 1 a la Fuente 2, y viceversa. La Transferencia Manual proporciona Transferencia en Paralelo Caliente o una combinación de Transferencia Rápida, Transferencia con en Fase, y Transferencia por Voltaje Residual.

La Transferencia Manual es bloqueada cuando cualquier condición de enclavamiento/bloqueo se produce. El MBTS no responderá a ningún comando de transferencia y no enviará el comando de disparo mientras este en la condición de enclavamiento/bloqueo.

En la instalación de Castellón 4 la transferencia manual se hace mediante un sistema remoto desde las pantallas de control, aunque también es posible realizarlo en la máquina en sí.

#### **2.3.5.1) Transferencia en caliente**

La transferencia en caliente es aquella que para abrir el interruptor del transformador auxiliar que queremos desconectar es necesario haber conectado anteriormente el interruptor del transformador auxiliar que va a suplir al que ya hay conectado (cerrar antes de abrir). Esto quiere decir que habrá un tiempo donde estarán conectados los dos transformadores en paralelo, al estar conectados en paralelo disminuye la impedancia y aumenta la corriente de cortocircuito.

En principio esto no debería suponer un problema, pero en el grupo de Castellón IV el dimensionado de las barras de media tensión no soporta tanta corriente de cortocircuito debido a su dimensionado, por este motivo no se utiliza este método para hacer la transferencia.

Mientras que en Castellón 3 el método de hacer las transferencias es el de transferencia en caliente, por lo tanto este grupo no necesita disponer del Sistema de Transferencia de Bus de Motor M-4272.

Esta es la diferencia principal entre la primera hipótesis y la segunda.

## **2.3.6) Conclusión**

Normalmente en la transferencia manual se suele transferir en caliente pero también puede hacer una transferencia rápida, transferencia con en fase o transferencia por voltaje residual. Todos estos métodos de transferencia son elegidos por el operario de pantalla según quiera hacer la transferencia de un método u otro.

### **2.3.6.1) Modos de transferencia**

Existen dos modos de transferencia, Secuencial y Simultáneo, en la operación de transferencia en transición abierta.

#### **2.3.6.1.1) Modo de Transferencia Secuencial**

Una vez que una transferencia es iniciada, y si el Modo Secuencial es seleccionado, el interruptor de la fuente vieja es disparado en 10 mseg y el cierre del interruptor de la fuente nueva (fuente a la cual el bus es transferido) se realiza únicamente sobre la confirmación por el contacto de estado del interruptor que el interruptor de la fuente vieja está abierto.

Después de 4 mseg de haber recibido esta confirmación, los tres métodos, Rápido, en Fase, y Transferencia por Voltaje Residual son habilitados para supervisar el cierre del interruptor de la fuente nueva.

El interruptor de la fuente nueva es entonces cerrado por el Método de Transferencia Rápida si el ángulo de fase entre el bus de motor y la fuente nueva está dentro del límite de la delta de ángulo de fase inmediatamente después de que el interruptor de la fuente vieja se abra.

Si el ángulo de fase entre el bus de motor y la fuente nueva no está dentro del límite de la delta de ángulo de fase, el interruptor de la fuente vieja sigue disparado. Cuando los cuatro métodos de transferencia son habilitados, el interruptor de la fuente nueva entonces cierra como un resultado de un movimiento subsiguiente hacia el límite de la delta de ángulo de fase dentro de la Ventana de Tiempo de Transferencia Rápida, un movimiento hacia una coincidencia de fase cero predecible dentro de la Ventana de Tiempo de Transferencia en Fase, o por una caída en el voltaje del bus del motor abajo del límite de Transferencia por Voltaje Residual, o después del retardo de tiempo fijo de la Transferencia con Tiempo Fijo.

La transferencia es completada y el interruptor de la fuente nueva es cerrado por cualquiera de los métodos arriba mencionados cuyo criterio sea cumplido primero.

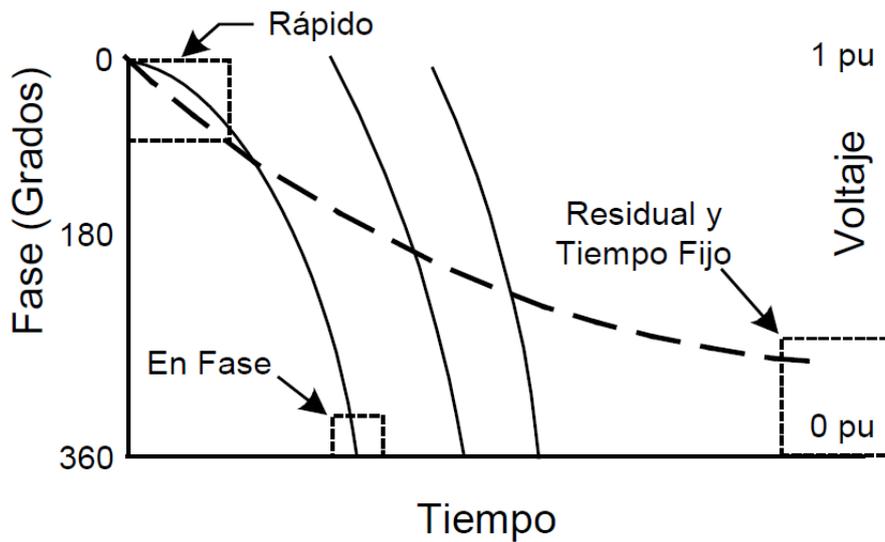


Figura 14: Métodos de transferencia con transición abierta

### 2.3.6.1.2) Modo de Transferencia Simultánea

Alternativamente, una vez que una transferencia es iniciada, y si el Modo Simultáneo es seleccionado, después de 10 segundos de iniciar la transferencia, los tres métodos de transferencia, Rápida, en Fase, y Transferencia por Voltaje Residual son inmediatamente habilitados para supervisar el cierre del interruptor de la fuente nueva (fuente a la cual el bus es transferido) sin esperar la confirmación del contacto del estado del interruptor que el interruptor de la fuente vieja está abierto.

En el mismo instante, los comandos de disparo y cierre para el interruptor de la fuente vieja y el interruptor de la fuente nueva, son enviados de manera simultánea únicamente si el ángulo de fase entre el bus de motor y la fuente nueva está dentro del límite de delta de ángulo de fase para el Método de Transferencia Rápida inmediatamente del inicio de la transferencia. Sin embargo únicamente la Transferencia con Tiempo Fijo es habilitada 30 ciclos después de que el interruptor de la fuente vieja es abierto.

Si el ángulo de fase entre el bus de motor y la fuente nueva no está dentro del límite de delta de ángulo de fase, el interruptor de la fuente vieja seguirá disparado. Cuando los cuatro métodos de transferencia son habilitados, el interruptor de la fuente nueva se cierra entonces como un resultado del movimiento subsiguiente hacia el límite de la delta de ángulo de fase dentro de la Ventana de Tiempo de Transferencia Rápida, un movimiento hacia una coincidencia de fase cero predecible dentro de la Ventana de Tiempo de Transferencia con en Fase, o por una caída en el voltaje del bus del motor

abajo del límite de Transferencia por Voltaje Residual, o después del retardo de tiempo fijo de la Transferencia con Tiempo Fijo.

La transferencia es completada y el interruptor de la fuente nueva es cerrado por cualquiera de los métodos arriba mencionados cuyo criterio sea cumplido primero.

### **2.3.7) Comunicación**

Los puertos de comunicación incluyen puertos traseros RS-232 y RS-485, un puerto frontal RS-232, un puerto trasero IRIG-B, y un puerto Ethernet (opcional). El protocolo de comunicación implementa comunicación serial, orientada a byte, asíncrona, proporcionando las siguientes funciones cuando son usadas con el Software de Comunicación y Análisis de Oscilografía ISScom M-3872 compatible con Windows™. El protocolo MODBUS es soportado, proporcionando:

- Interrogación y modificación de puntos de ajustes y configuración.
- Información de estado con estampa de tiempo para los 4 más recientes Registros de Eventos de la Transferencia.
- Información de estado con estampa de tiempo para los 512 más recientes eventos en el registro de Secuencia de Eventos.
- Medición en tiempo real de todas las cantidades, entradas de control, y salidas.
- Descarga de datos de registros de oscilografía y datos del registrador de Secuencia de Eventos.
- Inicio de la transferencia manual y registrador de Secuencia de Eventos.

El Software de Comunicación y Análisis de Oscilografía ISScom M-3872 habilita el graficado e impresión de datos de formas de ondas descargados desde la unidad a cualquier computadora compatible con IBM-PC.

### 3) PLANOS





## 4) PLIEGO DE CONDICIONES

### 4.1) OBJETO

El presente documento tiene por objeto valorar los trabajos de ingeniería básica, ingeniería integración, supervisión del montaje y apoyo a Puesta en marcha, a realizar en la C.T. de Castellón IV, para la integración de un sistema de transferencia rápida, que aseguren la continuidad de servicio en las barras principales de 6kV de la Central.

En concreto este dispositivo recibe el nombre de bus de Motor M-4272.

### 4.2) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El proyecto consiste en incorporar un sistema de transferencia rápida para mantener el servicio en las barras principales de 6kV de la central.

El Equipo que se pretende incorporar es el modelo M-4272 (descrito anteriormente).

La morfología de la instalación en 6,6 kV es de dos semibarras acopladas por un interruptor de enlace. Cada una de las semibarras se encuentra alimentada por un transformador que cuelga de la barra de generación, que a su vez está conectada a un grupo generador y a la subestación. Es decir, en condiciones normales (con el interruptor de enlace abierto), cada semibarra se alimentará del generador (con el grupo arrancado) o de la subestación de 400kV (si el generador no está arrancado). Si existe algún problema en la alimentación una semibarra se abrirá el interruptor de esta acometida y se cerrará el acoplamiento, alimentando las dos semibarras desde la otra acometida.

#### 4.2.1) Opción propuesta

La transferencia rápida propuesta tendrá una configuración de tres interruptores así que se realizara con dos relés M-4272 de Beckwith, uno para cada barra, controlando su acometida respectiva y el acoplamiento:

- Transferencia 1. Barra 41BBA10:

Fuente 1: Acometida 1 41BBA10GS006. Tomas de tensión e intensidad en dicha cabina.

Fuente 2: Acoplamiento 42BBA10GS020. Tomas de tensión en cabina de medida 41BBA10GS3019.

- Transferencia 2. Barra 42BBA10:

Fuente 1: Acometida 2 42BBA10GS023. Tomas de tensión e intensidad en dicha cabina.

Fuente 2: Acoplamiento 42BBA10GS020. Tomas de tensión en dicha cabina.

#### 4.2.2) Notas importantes para el diseño

- Es imprescindible que las dos fuentes estén en fase, es decir que los transformadores tengan el mismo índice horario, y secuencia de fases.
- Un solo transformador auxiliar (41BBT10 o 42BBT10) tiene potencia suficiente para alimentar la totalidad de las cargas de las dos semibarras, así que no habrá problema en el momento de realizar la transferencia.

#### 4.2.3) Croquis opción propuesta

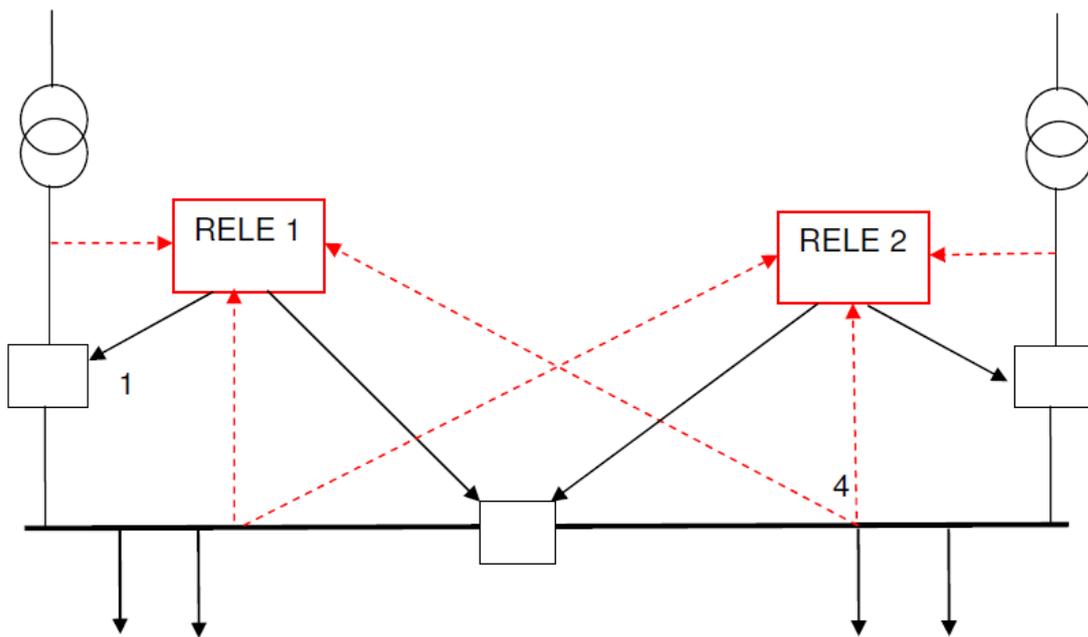


Figura 15: Croquis opción propuesta

Para implantar esta solución es necesario realizar un estudio eléctrico y de explotación de todo el grupo. Se requiere estudiar especialmente todos los equipos y sistemas que están involucrados directamente. Estos equipos son:

- Transformadores de potencia y la actuación de sus protecciones.
- Transformadores de tensión semibarra de 6kv.
- Transformadores de intensidad de las 2 alimentaciones
- Motores alimentados desde las barras.
- Interruptores de alimentación que intervienen en la conmutación.

Este equipo precisa, de forma somera, para su operación:

#### Entradas

- Alimentación de las tensiones e intensidades de cada alimentación y de las tensiones de las semibarras a controlar.
- Información de las aperturas de interruptores producidos por actuación de protecciones (disparos).
- Información de estado de los interruptores de alimentación a barras e interruptor de acoplamiento (abierto, cerrado, disponibilidad.)
- Ordenes externas de Bloqueo, operación manual, apertura de interruptores de alimentación transformadores de tensión...
- Reformas circuito de mando para vigilancia de los circuitos de disparo.

#### Salidas

- Ordenes de cierre y apertura de los interruptores principales.
- Información al DCS de estado de equipo, estado de interruptores, transferencia fallida, transferencia realizada, anomalías.
- Ordenes de deslastre a contactores de motores.

También se contempla realizar la ingeniería para evitar los disparos de planta por actuación de los térmicos de los transformadores auxiliares realizando una transferencia, y disparando si esta falla.

Esto implica tener que realizar una importante modificación en los sistemas eléctricos especialmente para llevar las señales de entrada al equipo. Se evitará en lo posible la repetición de señales, lo que implicará la incorporación de nuevos contactos auxiliares o sustitución de relés. También se debe realizar la adaptación de los circuitos de mando de los interruptores.

Para el perfecto funcionamiento se requiere la parametrización del equipo, que dependerá en parte del modo de explotación futuro y de las medidas realizadas en la propia puesta en marcha.

## **4.3) ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE INGENIERIA**

A continuación se describen los trabajos a realizar por NIPSA para el desarrollo del proyecto:

### **4.3.1) Ingeniería básica**

Para la realización de la ingeniería Básica se contará con el apoyo del fabricante del Relé.

El proceso de trabajo será el siguiente:

Recopilación de datos de la instalación. Unifilares, trifilares, la matriz de disparos y los esquemas de control, además de las constantes de tiempo de los interruptores y de los datos de placa de los motores.

A partir de ahí se define una ingeniería preliminar. Con los comentarios del Fabricante se completará la información con el análisis de los diferentes modos de explotación de la instalación, analizando las sugerencias del fabricante y las necesidades y comentarios de Iberdrola.

Después de esta etapa deben quedar definidas claramente las señales a captar y la forma de hacerlo.

El Alcance de la Ingeniería Básica comprenderá la realización de las siguientes actividades:

- Recopilación y toma inicial de datos
- Revisión y actualización del Esquema Unifilar.
- Revisión y actualización de la matriz de disparos.
- Definición modo de explotación actual y futura.
- Definición completa del equipo.
- Definición completa de señales, mandos y medidas a integrar en el equipo.
- Definición de las modificaciones de los sistemas afectados.

No se están previstos por parte de NIPSA cálculos de dimensionamiento eléctrico, tales como cálculos de flujo de carga o cortocircuito. Tampoco está previsto estudio de ajuste de protecciones.

La realización de esta fase se ejecutará en parte desde oficina. Se ha previsto una visita a la central para revisar directamente la instalación y discutir con Iberdrola los datos fundamentales que afectan al desarrollo de la ingeniería Básica.

#### **4.3.2) Ingeniería de desarrollo y de detalle**

Partiendo de la definición de la ingeniería básica, NIPSA realizará el desarrollo completo de la ingeniería que permita realizar la integración de los relés en la instalación. Al final de esta fase se deberá haber generado la documentación necesaria para realizar completamente el acopio de materiales y el montaje.

Además la documentación de la instalación quedará completamente integrada y actualizada en los sistemas afectados.

El Alcance de NIPSA comprenderá la realización de las siguientes actividades de Ingeniería de desarrollo y detalle:

- Generación de esquemas desarrollados nuevos.
- Actualización de unifilares y trifilares y matriz de disparos.
- Actualización de los esquemas de control indicando las modificaciones para montaje.
- Actualización Planos de frentes de equipos.
- Esquemas de conexión e interconexión.
- Modificación de la lista de E / S.
- Realización de las carpetas de montaje.
- As Built.

La mayor parte del desarrollo se realizará desde la oficina, pero está prevista la realización de dos visitas a la central para toma de datos al comienzo y resolución de dudas y verificación al final del proceso.

El equipo deberá integrarse en bastidores o paneles existentes por lo que será preciso realizar la ingeniería de cableado del equipo.

### **4.3.3) Pruebas FAT y supervisión del montaje**

Las pruebas FAT (Factory Acceptance Test) y parametrización definitiva de los equipos está contemplado que se realice por personal especializado del fabricante y NIPSA prestará asistencia técnica y apoyo a la puesta en marcha, durante la duración de la misma, prevista en tres días.

El montaje será realizado por la propiedad, siendo NIPSA la encargada de realizar la supervisión del montaje. Tras la supervisión del montaje y previo a la PEM definitiva NIPSA realizará con el apoyo del personal de montaje todas las pruebas funcionales y verificación de circuitos y señales, con el fin de minimizar los contratiempos en la PEM.

Se ha estimado un tiempo de 12 días de trabajo para la realización del montaje y pruebas previas. Este plazo dependerá de los recursos dedicados al montaje y la disponibilidad de la planta para hacer los descargos necesarios. La supervisión no se plantea con una estancia permanente durante el montaje. Se resolverá con visitas periódicas en función del avance de la obra o las dificultades. Se han previsto 3 visitas de dos días para esta actividad.

NIPSA realizará un protocolo de pruebas FAT de la instalación.

También se entregará el informe final de todas las pruebas cumplimentado.

### **4.3.4) Ingeniería a realizar por otros**

Se indican a continuación las actividades de ingeniería que se considera serían realizadas por otros:

- Gestión de planos con el archivo de Iberdrola.
- Lógicos y pantallas.

## **4.4) ALCANCE DEL SUMINISTRO**

Dos unidades M-4272 Digital Motor Bus Transfer System:

- Calibre de entrada 5A, Frecuencia nominal 50Hz.
- Alimentación Auxiliar: 80-315.5 Vcc.
- Entradas de supervisión de circuitos de disparo y cierre: 110/125 Vcc.
- Rotación de fases ABC.

- Puerto Ethernet RJ45 con protocolo MODBUS sobre TCP/IP.

Esta oferta no incluye los armarios, puertas, switches, cableado en campo, o cualquier otro equipo necesario para completar la instalación en campo. Además, esta oferta no incluye localizar e instalar el M-4272 en el armario del cliente.

Con el equipo se entregará la siguiente documentación:

- Catálogos de repuestos e instrucciones de mantenimiento de equipos.
- Planos y documentación completa de cada equipo.

#### **4.5) ACLARACIONES Y COMENTARIOS.**

Las hipótesis consideradas para la preparación de la oferta han sido las siguientes:

- La documentación necesaria para comenzar la ingeniería (unifilares, esquemas desarrollados, interconexiones, conexión, frentes, etc. de los sistemas afectados, criterios de explotación, etc.) será entregada por IBERDROLA al comienzo de los trabajos.
- La ingeniería hará una siguiente petición de planos, con la ingeniería más avanzada para solicitar aquellos planos que surjan como consecuencia del avance del proyecto.
- Se ha considerado que la documentación recibida de la instalación está actualizada.
- En la oferta no se ha valorado el diseño de un nuevo sistema de sincronización horaria para las protecciones.
- No se ha valorado la posibilidad de efectuar ningún visado, certificado, licencia, permiso o cualquier otro documento administrativo.
- Se requieren 4 semanas de adelanto para preparar un viaje de servicios por parte del fabricante. Si el tiempo dispuesto no fuera suficiente para conseguir un arreglo de viaje razonable, cualquier gasto extra será añadido a los precios ofertados.
- El tiempo de puesta en marcha es estimado. La estimación se basa en una accesibilidad completa para permitir pruebas a equipos de corte e interruptores.

En el caso de que fuera requerido tiempo adicional durante la puesta en marcha, y ésta fuera cambiada o retrasada, se añadirá el tiempo extra por día.

- Las pruebas on site y la puesta en marcha no incluyen la instalación de ningún equipo, cortes de metal, o perforados de panel, ni puesta de cableado.
- En lo referente a documentación as-built se ha valorado la delineación de los planos que generará NIPSA. Asimismo se han considerado las funciones técnicas indicadas al final de este apartado. En este sentido se ha calculado el coste de actualización de esta documentación atendiendo, básicamente, a las siguientes hipótesis:
  - Los planos enviados a montaje son devueltos, todos ellos, con modificaciones de obra en “rojo” y “amarillo”. No se ha contemplado la realización nuevamente de ingeniería de detalle en esta fase.
  - Se asumen como costo de as-built todas aquellas modificaciones necesarias en obra como consecuencia de la realización del proyecto. No están contemplados en la oferta actualización de documentación ajena a este proyecto.

## **4.6) PLAZO DE ENTREGA**

Los plazos de entrega serán los siguientes:

- Ingeniería Básica..... 4-6 semanas.
- Ingeniería de desarrollo y de detalle..... 1,5 meses.
- Suministro equipo..... 3-4 semanas
- Pruebas FAT y supervisión de puesta en marcha..... 2 semanas
- As Built..... 2 semanas.

No obstante, estos plazos son orientativos, pudiendo modificarse para ajustarse a las necesidades reales del proyecto.

Al inicio del proyecto se realizará una planificación detallada del mismo.

## **4.7) FORMA DE PAGO Y GARANTIA**

Conforme al acuerdo MARCO.

La forma de pago será a 120 días de la fecha de la factura correspondiente. En los honorarios propuestos estarían excluidos conceptos tales como: Geotecnia, gastos de visados, licencias y trámites legales, viajes fuera del entorno del trabajo y, en general, cualquier concepto no incluido en la presente propuesta.

- El IVA, no incluido, se facturaría aparte.

Los trabajos están garantizados por un año y los relés por cinco años.

## **4.8) PLAZO DE VALIDEZ DE LA OFERTA.**

El plazo de validez de esta oferta es de 60 días desde su presentación.

## 5) PRESUPUESTO Y MEDICIONES

### 5.1 HONORARIOS SERVICIOS DE INGENIERÍA

Los honorarios a percibir por Ingeniería, Estudios y Proyectos NIP, S.A. por los servicios de Ingeniería, desglosados por perfil profesional, y de acuerdo a las actividades a realizar por NIP, S.A. descritas en la propuesta técnica, serían de:

#### Oferta base:

Categoría laboral	Horas	Precio unitario (Euros/h)	Precio total (Euros)
Director	0	57,5	0
Director de Proyecto/Jefe de Servicio	0	52	0
Ingeniero principal	0	52	0
Asesor especializado/ Consultor experto	0	57,5	0
Ingeniero superior Senior	160	50	8000
Ingeniero superior Junior	225	31,5	7087,5
Ingeniero Especialista o asimilado	150	42	6300
Ingeniero Técnico Senior	0	38,5	0
Ingeniero Técnico Junior	0	25	0
Programador/Planificador	0	28,5	0
Proyectista/Supervisor principal	320	28,5	9120
Delineante	150	21	3150
Administrativo	0	16	0
Personal Auxiliar	0	16	0
<b>TOTAL PRECIO (Euros)</b>		<b>33.657,50</b>	

Tabla 13: Tabla resumen gastos de personal

### 5.2 DIETAS INGENIERÍA

Según el acuerdo marco, para personal desplazado fuera de los centros de trabajo de NIP, S.A. o IBERDROLA de forma justificada por necesidades de los Servicios y para estancias de larga duración, se abonarán en concepto de dietas de manutención las cantidades estipuladas en el Contrato Marco.

Por la particularidad de este trabajo proponemos tratar estos costes como gastos reembolsables.

A continuación se presentan los desplazamientos y estancias prevista en Central, durante la elaboración del Proyecto:

### **Oferta base:**

<b>Actividad</b>	<b>Personal</b>	<b>Duración estimada</b>
Recopilación y toma de datos	2 Personas	1 día
Análisis Ing. Básica	2 Personas	2 días
Resolución de dudas integración	1 Persona	2 días
FAT y supervisión montaje	1 Persona	6 días
Experto PEM	1 Persona	4 días

Tabla 14: Tabla resumen de la cantidad de personal y duración

La previsión de costes reembolsables es de **10.551,67 Euros**.

### **Notas**

- Las horas de Ingeniería de Campo han sido contempladas en el capítulo de honorarios por servicios de Ingeniería.
- Los desplazamientos en vehículos del personal de NIP, S.A. se facturarán a razón de 0,35€ por kilómetro recorrido (ya están incluidos en la previsión de costes).

## **5.3 OTROS COSTES**

Día adicional Puesta en marcha efectuada por un Ingeniero experto. 1.000 EUR.

La estimación de coste de viaje para el ingeniero experto se ha realizado con las siguientes premisas:

Gastos de Viaje y Estancia al precio de costo más un 10% por gastos administrativos.

- Billeto: € 2.000,00 ida y vuelta estimado
- Gastos por día: € 300,00 al día para 5 días estimados.
- Tiempo de Viaje: Estimadas 32 horas para viaje de ida y vuelta.

## 5.4 RESUMEN PRECIOS

### Oferta base:

Descripción	Precio (€)	Cantidad	Total (€)
RELE+OPCIONAL PUERTO.COM	10.515	2	21.030,00
Horas de INGENIERIA SUPERV. Y PEM	33.657,50	1	33.657,50
GASTOS VIAJE Y MANUTENCIÓN	10.551,67	1	10.551,67
<b>TOTAL PRECIO (€)</b>			<b>65.239,17</b>

Tabla 15: Tabla resumen precio total

Estos precios no incluyen el I.V.A.

A continuación se realizará el coste total con el IVA incluido.

Precio total + 21% precio total (IVA) =  $65.239,17 + 0,21 \cdot 65.239,17 = 78.939,3957 \text{ €}$

Por lo tanto el gasto final para la empresa IBERDROLA será de 78.939,3957 €.

## **6) MEDIO AMBIENTE.**

El sistema Cuadros distribución y transformadores M.T. no presenta ningún impacto medio ambiental, ya que los efectos que potencialmente pueden ocasionar perjuicios en el medio ambiente se han eliminado con las actuaciones y medios establecidos en el proyecto.

### **6.1) TRANSFORMADOR AUXILIAR.**

Aunque los transformadores de potencia tienen para su refrigeración una gran cantidad de aceite, éste no puede derramarse accidentalmente en el terreno ya que para cada transformador se han construido en su base unos cubetos para recogida del aceite con capacidad para todo el volumen que contiene y además los cubetos de todos los transformadores de potencia se han unido, por medio de conducciones adecuadas, a un pozo general de recogida de aceite con capacidad para recoger la totalidad de aceite del mayor transformador.

A partir de los datos proporcionados por el fabricante, el nivel de ruido del transformador de potencia a plena carga en régimen ONAF es 75 dB a 1 m, y con la disposición general de la Planta con muros rodeando al transformador al sur y al este del equipo, se deduce que no son necesarias barreras acústicas para obtener en el límite de la parcela los niveles acústicos requeridos, no superar los 70 dB en horario diurno (entre las 8 y 22 horas), ni los 65 dB en horario nocturno (entre las 22 y 8 horas).

### **6.2) CELDAS DE MEDIA TENSIÓN, INTERRUPTORES, BARRAS DE 6,6 KV.**

En los interruptores, cabinas y barras de 6.6 kV, sus sistemas de refrigeración no contienen ningún tipo de aceite que pudieran ocasionar algún derrame.

En cuanto al gas SF<sub>6</sub> contenido en la cámara de corte de dichos interruptores, el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) es un gas que en estado nuevo es incoloro, inodoro, insípido y no es tóxico. Es un gas pesado que se dispersa lentamente en la atmósfera.

En cambio, bajo la acción del arco eléctrico, las moléculas de SF<sub>6</sub> se disocian y sus elementos se recombinan, dando como resultado la aparición, entre otros, de productos en forma de polvo de tipo fluoruro metálico.

Este polvo puede irritar la piel, los ojos y las mucosas, pero dada la baja cantidad de gas existente en los interruptores de 6.6 kV, no existe peligro para el medio ambiente.

La única precaución a tener en cuenta en el caso improbable de fuga es, ante signos tales como olor agrio, irritación de las mucosas de la nariz, ojos o boca, ventilar adecuadamente la sala y evacuarla durante un tiempo para que desaparezca el gas.

## 7) ANEXOS

### 7.1) Información acoplamiento abierto





















## **7.2) Información acoplamiento cerrado**



















