

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y
ELECTRONICA
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica



TITULO: “ESTUDIO DE ARMÓNICOS Y FLUJO DE CARGA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UNACEM - PLANTA CONDORCOCHA”

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA

AUTOR(es):

- ✓ **ARPI CHOQUE, RONALD ANDERSON**
- ✓ **BERNILLA MEDRANO, YEAN CARLOS**
- ✓ **LÓPEZ LERMO, JIM JOSUE**

Callao, Enero 2015
PERU

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más,

A mi padre y mi madre por ser las personas que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y que han estado durante este arduo camino para convertirme en un profesional.

A mis amigos, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo amigos: Ronald, Jim, Yean Carlos.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**


**“ESTUDIO DE ARMÓNICOS Y FLUJO DE CARGA DEL SISTEMA
ELÉCTRICO DE UNACEM PLANTA CONDORCOCHA”**

**PRESENTADO POR:
ARPI CHOQUE, RONALD ANDERSON
LÓPEZ LERMO, JIM JOSUE
BERNILLA MEDRANO, YEAN CARLOS**

**ASESOR:
DR. ING. JUAN HERBER GRADOS GAMARRA**

CALIFICACIÓN:

(15) QUINCE


Mg. Ing. SANTIAGO LINDER
RUBIÑOS JIMÉNEZ
Presidente de Jurado


Ing. ROBERTO ENRIQUE SOLÍS
FARFÁN
Secretario de Jurado


Ing. ALEX ALFREDO VALLEJOS ZUTA
Vocal de Jurado

**CALLAO – PERÚ
FEBRERO 2015**

INDICE

	Pág.
TABLAS DE CONTENIDO	06
RESUMEN	08
ABSTRACT	10
I. PLANTEAMIENTO INICIAL DE LA INVESTIGACION	12
1.1 Identificación del Problema	12
1.2 Formulación del Problema	13
1.3 Objetivos de la Investigación	14
1.4 Justificación	15
II. MARCO TEORICO	17
2.1 Modelamiento del sistema eléctrico de Condorcocha	17
2.2 Dimensionamiento de la compensación reactiva del transformador.	23
2.3 Análisis del flujo de potencia	32
2.4 Análisis del flujo de armónicos	39
III. VARIABLES E HIPOTESIS	47
3.1 Variables de la Investigación	47
3.2 Operacionalización de Variables	47
3.3 Hipótesis general	48
IV. METODOLOGÍA	48
4.1 Tipo de Investigación	48
4.2 Diseño de la Investigación	49
4.3 Población y Muestra	49

4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
4.5	Plan de análisis estadísticos de datos	51
V.	RESULTADOS	52
VI.	DISCUSION DE RESULTADOS	54
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados	54
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	55
VII.	CONCLUSIONES	56
VIII.	RECOMENDACIONES	56
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
X.	ANEXOS	58
✓	Matriz de consistencia	
✓	Otros Anexos Necesarios de Acuerdo al tema y su desarrollo	

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla N°2.1 : Consumo de los transformadores de potencia.....	20
Tabla N°2.2 : Banco de condensadores en media tensión de UNACEM...	20
Tabla N°2.3 : Fuentes armónicas en media tensión de UNACEM.....	22
Tabla N°3.1 : Consumos en el transformador T4 sin compensación.....	24
Figura N°3.1: Sensibilidad entre Qbanco y fdp.....	24
Tabla N°3.2 : Consumos en el transformador T4 con compensación.....	25
Figura N°3.2: Diagrama de carga – Transformador T4.....	27
Figura N°3.3: Diagrama de carga – Transformador T4.....	28
Tabla N°3.3 : Detalle de la Tabla N°16 – Std IEEE 339.....	29
Figura N°3.4: Niveles de tensión barras T4 – Sin compensación.....	30
Figura N°3.5: Niveles de tensión barras 0.69kV – Rectificador del motor de Ventilador Separador Sepol.....	30
Tabla N°3.3 : Detalle del dimensionamiento del banco de compensación - 6.6 kV.....	31
Tabla N°4.1 : Reporte Sumario de Potencias.....	34
Tabla N°4.2 : Resumen de Resultados de Tensión en Barras.....	34
Tabla N°4.3 : Resumen de Resultados de Carga en Transformadores...	34
Tabla N°4.4 : Reporte Sumario de Potencias.....	35
Tabla N°4.5 : Resumen de Resultados de Tensión en Barras.....	36
Tabla N°4.6 : Resumen de Resultados de Carga en Transformadores....	36
Tabla N°4.7 : Reporte Sumario de Potencias.....	38
Tabla N°4.8 : Resumen de Resultados de Tensión en Barras.....	38
Tabla N°4.9 : Resumen de Resultados de Carga en Transformadores...	38
Tabla N°6.1 : Niveles de THD en barras.....	41
Tabla N°6.2 : Niveles de THD en barras – Sistemas Proyectado.....	42

Tabla N°6.3 : Niveles de THD en barras – Sistemas Contingencia	
Salida del enlace entre T2 y T5.....	43
Tabla N°6.4 : Niveles de THD en barras – Sistemas Contingencia	
Salida del Banco de 3.5 MVAR.....	45
Figura N°6.1: Niveles de THD en barra de 6.6 kV del T4 por variación de la capacidad del banco de 3.5 MVar.....	46

RESUMEN

A partir del hallazgo de la Energía Eléctrica nos ha llevado a dimensionar estructuras cada vez más complejas, denominado Sistema de Potencia. Un Sistema de Potencia tiene la característica principal de ser “confiable” y “segura” durante la continuidad de su proceso. Uno de los factores que obstruye es la distorsión armónica.

La distorsión armónica es un fenómeno que afecta a la calidad del suministro eléctrico. Debido a ello existe una normativa que define la tensión armónica como tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación.

Estos armónicos tienen múltiples orígenes y efectos, lo que se busca es intentar aminorar, las intensidades y tensiones de armónicos se crean a partir de cargas no lineales conectadas al sistema de distribución de potencia. La distorsión por armónicos es una forma de contaminación en la planta eléctrica que puede provocar problemas si la suma de las intensidades de armónicos supera ciertos límites.

El presente proyecto de tesis, contiene la propuesta de un estudio de Armónicos y Flujo de carga del Sistema Eléctrico de UNACEM-Planta de Condorcocha, elaborados por los egresados de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quienes hemos utilizado métodos, formas, y propuestas que nos permiten hoy proponer este modelo, que nos ha permitido que desarrollar que el estudio sea más efectivo y que contribuya reducir los gastos de producción de la planta de UNACEM-

Condorcocha y reducir los niveles de contaminación de armónicos.

El estudio enfoca un análisis de Consumo de Energía Eléctrica de las Instalaciones Existentes de la Planta de UNACEM-Condorcocha, asimismo registrar los rangos de perturbación; asimismo, determinar su Inversión y Rentabilidad del diseño la cual está supeditado de las dos ideas señaladas anteriormente. El desarrollo del estudio, sólo es posible en tanto se tenga información precisa y confiable sobre cómo, cuanto y de qué manera influye este fenómeno en el análisis del sistema eléctrico de potencia en las instalaciones eléctricas de la **UNACEM-Planta de Condorcocha**. Para ello, es necesaria una evaluación para implementar un diseño de la UNACEM-Planta de Condorcocha, la metodología aplicada para cubrir dicho objetivo es la siguiente:

1. Mejorar la limitada eficiencia en el servicio de electricidad, y
2. Implementar un diseño que mejore un mejor servicio de electricidad con ello ofrecerá nuevas oportunidades de desarrollo socio económico a los pobladores.
3. Complementar medidas para el ahorro de energía así como determinar sus inversiones y rentabilidad.

ABSTRACT

From the discovery of Electricity has led us to dimension increasingly complex structures, called Power System. A power system is the main characteristic of being "reliable" and "safe" for the continuity of the process. One factor that obstructs is the harmonic distortion.

Harmonic distortion is a phenomenon that affects the quality of electricity supply. Because of this there is a regulation that defines the harmonic voltage and sinusoidal voltage whose frequency is an integer multiple of the fundamental frequency of the supply voltage.

These harmonics have multiple origins and effects, what is sought is to try to reduce the harmonic currents and voltages are created from nonlinear loads connected to the power distribution system. Harmonic distortion is a form of contamination in the power plant that can cause problems if the sum of the harmonic currents exceeds certain limits.

This thesis project contains a proposed study of Harmonics and Load Flow Electric System Condorcocha UNACEM - plant developed by graduates of the National University of Callao, who have used methods, forms, and proposals that we allow today proposing this model, which has allowed us to develop the study more effective and contribute to reduce production costs plant UNACEM - Condorcocha and reduce pollution levels of harmonics.

The study focuses on an analysis of Electricity Consumption of Existing Facilities Plant UNACEM - Condorcocha, also record the ranks of

disturbance; also determine its Investment and Profitability design which is subject of the two ideas outlined above. The development of the study, you may only have so much information is accurate and reliable information on how much and how this phenomenon affects the analysis of power system in electrical installations UNACEM - Plant Condorcocha. To do this, an assessment to implement a design UNACEM is necessary - Plant Condorcocha, the methodology used to meet this objective is:

1. Improve the limited efficiency in electric service, and
2. Implement a design that improves a better electric service thus offer new opportunities for socio-economic development to the people.
3. Complementary measures to save energy and to determine their investments and returns.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.

Para realizar un trabajo de investigación de investigación es importante y esencial identificar el o los problemas para luego proponer las soluciones. El trabajo de investigación se ha identificado los siguientes problemas.

- ✓ No existe una evaluación de consumos de energía eléctrica en el sistema eléctrico de UNACEM-Planta Condorcocha.
- ✓ No se tiene un registro de los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico de UNACEM-Planta Condorcocha.
- ✓ No se cuenta con planes de contingencia y/o desarrollo para implementar medidas para el ahorro de energía;

Es por ello que tenemos muchas perturbaciones en el sistema eléctrico de UNACEM-Planta Condorcocha, en tal sentido si no desarrollamos un estudio responsable de los armónicos y el flujo de carga, no se podrá mejorar las condiciones operativas de los equipos y sistemas y no podremos aplicar criterios de administración y control de la energía, ante ello nos preguntamos:

¿Por qué es importante un estudio de armónicos y Flujo de carga del sistema eléctrico UNACEM?

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La investigación trata de demostrar que en la actualidad es muy importante aplicar los estudios de flujo de carga en los sistemas eléctricos, no solo en sistemas de distribución, sino también en las plantas de producción (Instalaciones Eléctricas), ya que no por el hecho de tener energía y aparentemente no constituye un gasto o costo en la producción (exceso), podremos observar que esto es una idea totalmente errónea, ya que el flujo de armónicos, el cual es analizado a través de un análisis del flujo de potencia, nos permitirá tener un mejor control en las pérdidas, y otros factores.

Si conseguimos implementar esta propuesta de estudio, conseguiremos mejor control de la energía eléctrica, concientización sobre los costos energéticos y un mayor compromiso para aumentar la eficiencia sobre el uso de la energía, también contar con informaciones confiables sobre los costos energéticos para apoyar en la toma de decisiones comerciales; además, de planificar gastos futuros sobre energía, asociados a los consumos propios para la producción de energía y disponer de un procedimiento más confiable para la medición de los ahorros de energías obtenidos; así como, para la evaluación del retorno de la inversión en conservación de la energía, de esta manera se mejorara la eficiencia económica de la empresa.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

a) OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente estudio de Armónicos y Flujo de Carga del sistema eléctrico de UNACEM – Planta Condorcocha, es determinar los niveles de distorsión armónica en barras del sistema debido a la ampliación del sistema eléctrico.

- *Identificar, analizar, evaluar y plantear las mejoras a realizar a través de la evaluación de consumos de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas del sistema eléctrico de UNACEM – Planta Condorcocha.*
- *Registrar, analizar y evaluar los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico.*
- *Definir las iniciativas posibles de implementar medidas para el ahorro de energía así como determinar sus inversiones y rentabilidad.*
- *Evaluación del ingreso del Molino 8 y el envase 5, además de dimensionar el banco de compensación para el transformador T4.*

1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN.

La ejecución del presente trabajo de investigación, se justifica por:

a. Organizacional o práctica.

- Los resultados de la investigación serán aplicados en beneficio del sistema eléctrico de UNACEM – Planta Condorcocha, Asimismo, para otros sistemas eléctricos, porque estaremos mostrando prototipos de estudio.

b. Economía y Socio-Política.

Se resalta que el proyecto aporta al desarrollo social, ya que tendremos prototipos de estudios de Flujo de Carga en la operación de sistemas eléctricos, así como de reducir la contaminación por armónicos.

c. Metodología.

Los métodos, las técnicas, estrategias y los instrumentos de medición son muy importantes durante el proceso de investigación que deberán ser de la siguiente manera: recopilación de la información primaria y secundaria, inspecciones y toma de datos, instalación de los instrumentos de medición, recopilación de los datos de los instrumentos y preparación de los expedientes técnicos que indiquen los lineamientos a tomar para el desarrollo del proyecto de investigación.

d. Magnitud.

En cuanto a la extensión geográfica donde se desarrollará en el sistema eléctrico de UNACEM-Planta Condorcocha, la que

desarrolla sus actividades en las provincias de Lima y Huarochirí del Departamento de Lima y en las provincias de Yauli, Chanchamayo y Jauja del Departamento de Junín y sus elementos son susceptibles de ser medidos es de una menor magnitud.

e. Intelectualidad.

Para nosotros es importante desarrollar esta investigación sobre todo porque ayudará a formarnos como profesionales y aplicar todo nuestros conocimientos obtenidos en la universidad.

2 MARCO TEORICO.

2.1 MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONDORCOCHA

Para realizar el modelamiento del sistema eléctrico, se contó con la siguiente información:

- Esquema Unifilar 2117-E1-550-H1 Rev 2 "Esquema Unifilar General Condorcocha".
- Esquema Unifilar 2137-90405-E0-001 Rev B "2137-Molino 8 – Embolsado 5 –Diagrama Unifilar General Subestación Principal".
- Resultados de la primera etapa B-145 "Estudio de Armónicas y Flujo de Carga del Sistema Eléctrico de UNACEM Planta Condorcocha – Primera Etapa".
- Datos de placas de los cuatro transformadores del sistema eléctrico de UNACEM –Condorcocha.
- Datos de los condensadores presentes en M.T para el sistema eléctrico de planta Condorcocha.
- Datos de placa del reactor de 2.3kV existente en el transformador T2.
- Consumo proyectado de potencia activa y reactiva de la futura carga del Molino 8 y el Envase 5 y de cada uno de los transformadores de potencia.

2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

El sistema eléctrico principal de la Planta UNACEM – Condorcocha, se distribuye de la siguiente manera:

Por una parte, la planta posee tres (03) suministros:

- En 138 kV, el suministro proveniente de la S.E. Carhuamayo en 138 kV a través de la línea de transmisión L-1702 y de la S.E. Oroya Nueva en 138 kV a través de la línea de transmisión L-1705, que mediante una derivación "T" en Caripa llegan a la barra de UNACEM.

- En 72.5 kV, el suministro proveniente de la Central de Carpapata que posee tres grupos de generación. Este suministro se encuentra enlazado al suministro en 138kV a través de un autotransformador AT1.
- En 44 kV, el suministro proveniente de las Centrales de Huasahuasi I y Huasahuasi II que entregan en total 16MW, las cuales a su vez alimentan a centros poblados y cierran un anillo con la S.E. Oroya Nueva. Este suministro se encuentra enlazado al suministro en 138 kV a través del transformador T3.
- En cuanto a las cargas presentes en la planta, estas se dividen en tres (03)alimentadores independientes:
- Alimentación del Transformador T1, en 6.6 kV y 2.3 kV, que recibe la energía principalmente del suministro en 72.5 kV.
- Alimentación del Transformador T2, en 6.6 kV y 2.3 kV, que recibe la energía principalmente del suministro en 138 kV.
- Alimentación del Transformador T4, en 6.6 kV y 2.3 kV, que recibe la energía principalmente del suministro en 138 kV.

El esquema unifilar del sistema eléctrico actual se muestra en el Plano Nro. UNIFI -001.

2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO

El sistema eléctrico proyectado de la planta considera una ampliación en el suministro de Carpapata, a la cual llega adicionalmente una línea de transmisión que lo interconecta con la Central de Carpapata II, que a su vez deriva energía también al SEIN.

Adicionalmente ARPL proyecta un aumento de carga y la puesta en servicio de dos transformadores idénticos de 25MVA – 138/6.6 kV (T5 y T6) para alimentar las cargas ya existentes del transformador T5 (actualmente se alimentan a través de un enlace con el T4), producto

de este crecimiento se espera poner en paralelo los transformadores T2, T4, T5 para darle una mayor confiabilidad al sistema eléctrico.

El esquema unifilar del sistema eléctrico actual se muestra en el **Plano Nro. UNIFI -001**.

2.1.3 MODELAMIENTO

Modelamiento de las fuentes del sistema

Debido a que se poseen **tres (03)** fuentes de suministro actualmente tal y como se menciona en el **acápite N°2.2**, y además se verificó que los tres suministros forman entre sí un anillo con el SEIN, se modelaron los suministros como **dos equivalentes del sistema**:

- Uno en 72.5kV, que considera el aporte de las centrales de Carpapata I y Carpapata II (solo en el escenario proyectado con puesta en paralelo).
- Y el otro en 138 kV (que considera el aporte del SEIN y de las centrales de Huasahuasi I y II).

Modelamiento de los Transformadores de Potencia.

Los transformadores de potencia fueron modelados según la información entregada (datos de placa de cada uno de los transformadores).

No se realizó el modelamiento del Transformador T3 debido a que está considerado como parte del suministro en 138 kV.

Modelamiento de las Cargas.

Se modelaron como cargas toda aquella carga presente en las barras de 2.3kV y 6.6 kV.

Además para tener en cuenta el consumo nominal por barra se tomó en consideración los consumos proyectados de ARPL y que se muestran en la **Tabla N°2.1**.

Tabla N°2.1

Consumos de los transformadores de potencia

TRANSFORMA DOR	POTENCIA PLACA (MVA)	P MAX (MW)	Q MAX (MVAR)	P MAX (MW)	Q MAX (MVAR)
		ACTUAL		PROYECTADO	
T1	16	14.04	4.07	14.89	4.32
T2	20	16.46	9.06	16.91	9.31
T4	20	17.17	6.61	15.17	3.94
T5	25	--	--	12.00	5.92

Modelamiento de los bancos de condensadores.

Según la información suministrada por ARPL existen 16 bancos de compensación en media tensión, sin embargo solo seis de ellos están conectados directamente a barras del sistema.

Los bancos que fueron modelados son los mostrados en la **Tabla N°2.2**.

Tabla N°2.2

Bancos de condensadores en media tensión de UNACEM

	Nivel de Tensión (KV)	Barra	Pasos	Q (MVA) Diseño	Q (MVA) Trabajo
Transformador AT-1	6.6	8DH10	3	3.00	2.50
Transformador T1	6.6	9-4508AC01	3	2.70	1.80
	2.3	17	4	3.15	3.15
Transformador T2	6.6	+B42	6	3.00	3.00
Transformador T5	6.6	+B103	6	3.00	3.00

Modelamiento de las fuentes armónicas.

De acuerdo a los resultados de la primera etapa del estudio, las fuentes armónicas consideradas son las mostradas en la **Tabla N°2.3**.

Además es necesario considerar el aporte de contenido armónico para las cargas proyectadas – Molino 8, Envase 5 y cargas del transformador T5.

• **En el caso de las cargas del Molino 8 y Envase 5 las cargas armónicas consideradas son:**

- Convertidor de 6 pulsos de 2x0.4 MW para la prensa KHD – Tag90708.60W y 90708.70W.
- Convertidor de 6 pulsos de 0.5MW para el motor Sepol – Tag90708.80W.
- Convertidor de 12 pulsos de 0.78MW para el motor del ventilador del separador Sepol – Tag 90708.90W.
- Consumo armónico similar al registrado en la celda +B72 para el CCMMolino 8 – Tag 90708.20EJ
- Consumo armónico similar al registrado en la celda +B74 para la línea de envase 5 – Tag 90709.20EJ
- El motor de 6000 HP posee su propio modelo armónico.

• **En el caso de las cargas del transformador T5, las cargas armónicas consideradas están basadas en la carga armónica medida en el enlace+B67 durante la primera etapa.**

Finalmente para obtener los valores de las corrientes armónicas para los consumos actuales y proyectados brindados por ARPL, se realizó una proporción según las **ecuaciones N°2.1 y N°2.2.**

$$I_h(\text{actual}) = I_h(\text{medido}) * P(\text{actual}) / P(\text{medido}) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$I_h(\text{proy}) = I_h(\text{actual}) * P(\text{proy}) / P(\text{actual}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Tabla N°2.3

Fuentes armónicas en media tensión de UNACEM

Círculo	Barra / Celda	Tensión	Existencia de Fuente	Orden Armónico	Corriente armónica Actual	Corriente armónica Proyectada
Secundario del Transformador T1	+.B18 y +B22	2.3 kV	Si	11	13.00 A	13.78 A
Secundario del Transformador T2	+.B13	2.3 kV	Si	7	20.88 A	21.06 A
Secundario del Transformador T4	+.B72 -CCM7	6.6 kV	Si	11	1.25 A	1.25 A
				11	3.65 A	3.65 A
				13	2.89 A	2.89 A
				21	0.50 A	0.50 A
Secundario del Transformador T4	+.B73 -Molino Cemento VI	6.6 kV	Si	23	11.41 A	11.41 A
				25	16.66 A	16.66 A
				27	1.47 A	1.47 A
				29	1.50 A	1.50 A
				37	0.99 A	0.99 A
Secundario del Transformador T4	+.B74 -Embolsado	6.6 kV	Si	11	1.29 A	1.29 A
				23	0.015 A	0.015 A
Secundario del Transformador T4	+.B75 -Ventilador Sepol	6.6 kV	Si	25	0.015 A	0.015 A
				29	0.005 A	0.005 A
				21	0.38 A	0.38 A
				23	3.72 A	3.72 A
Secundario del Transformador T5	+.B67 -Enlace con T4	6.6 kV	Si	25	6.60 A	6.60 A
				27	0.76 A	0.76 A
				29	0.62 A	0.62 A
Secundario del Transformador T4	CCM Molino 8	6.6 kV	Si	11	-	1.25 A
Secundario del Transformador T4	Envase 5	6.6 kV	Si	11	-	1.29 A

La base de datos de todos los componentes del sistema eléctrico que fueron considerados en el análisis.

2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA COMPENSACION REACTIVA DEL TRANSFORMADOR

2.2.1 CONSIDERACIONES

Previo a los análisis realizados se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones para el sistema proyectado con puesta en paralelo:

- El sistema opera de manera normal con la carga en 2.3kV de la celdas +B9 hasta+B20 para el transformador T2 debido a que el transformador T4 tomará nueva carga.
- El suministro en Carpapata suministra **18.41 MW** y **2.82 MVA** por aporte de las centrales de Carpapata I y Carpapata II.
- Los niveles de cortocircuito se tomaron para el año 2016 de la base de datos del COES:
 - Potencia de Cortocircuito en 138 kV – **1007 MVA**
 - Potencia de Cortocircuito en 72.5 kV – **462.1 MVA**
- Los transformadores T2 Y T5 operan en paralelo.
- La compensación tiene como objetivos:
 - Una corrección del factor de potencia a 0.93 p.u.
 - Arranque normal del motor de 6000 HP.

2.2.2 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

En este acápite con ayuda de la corrección del factor de potencia, se determinará la compensación total necesaria en la barra de 6.6 kV del transformador T4.

Considerando la compensación proyectada en B.T. para el CCM Molino 8 y el Envase5 y teniendo en cuenta las perdidas en cables y en el transformador, la potencia consumida por el T4 se muestran en la **Tabla N°3.1**.

Tabla N°3.1

Consumos en el Transformador T4 sin compensación

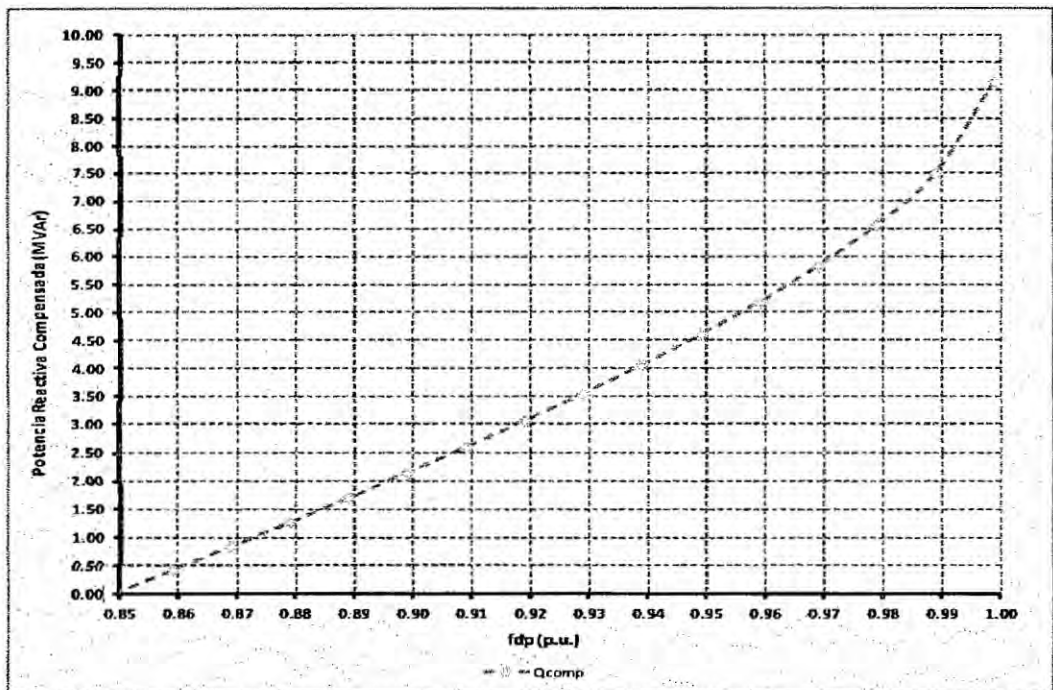
Trasnformador T4	P (MW)	Q (MVAr)	S (MVA)	fdp (p.u.)	Tensión (p.u.)
Primario 138 kV	15.89	9.87	18.71	0.849	0.86
Secundario 6.6kV	15.86	8.27	17.89	0.887	1.01
Cargas Actuales	5.08	2.05	5.48	0.927	1.00
Cargas Proyectadas	10.60	6.22	12.29	0.862	1.00

Como se observa, el factor de potencia es muy bajo al estar alrededor de 0.85 p.u.

De la misma forma, se ha realizado una sensibilidad entre la potencia reactiva (en MVAr) a compensar, es decir el tamaño del banco de compensación, versus el factor de potencia obtenido. Este análisis se muestra en la Figura N°3.1.

Figura N°3.1

Sensibilidad entre Qbanco, y fdp



La información brindada por ARPL tiene un factor de potencia objetivo de **0.93 p.u.** para el transformador T4. Viendo el gráfico se observa que la compensación necesaria para este valor objetivo es de **3.5 MVAR**.

Por tanto el tamaño del banco de compensación para la barra de 6.6 kV del Transformador T4 es de **3.50 MVAR**. En los acápite siguientes se determinará la distribución de esta compensación y de los pasos correspondientes.

Tabla N°3.2

Consumos en el Transformador T4 con compensación

Trasformador T4	P (MW)	Q (MVAR)	S (MVA)	fdp (p.u.)	Tensión (p.u.)	Compensación (MVAR)
Primario 138 kV	15.85	5.83	16.89	0.939	0.86	3.5 MVAR
Secundario 6.6kV	15.83	4.52	16.46	0.962	1.01	
Cargas Actuales	5.08	2.05	5.48	0.927	1.00	
Cargas Proyectadas	10.60	6.22	12.29	0.862	1.00	

2.2.3 DETERMINACIÓN DE LA COMPENSACIÓN VARIABLE

Al no poseer un diagrama de carga de las cargas proyectadas, se tomaron los registros de las celdas +B72, +B73 y +B75 realizados en la primera etapa, como los diagramas de carga típicos considerando lo siguiente:

- El consumo registrado en la celda +B72, correspondiente al CCM7, se considera el mismo al que tendrían el embolsado 5 y el CCM del Molino 8.
- El consumo registrado en la celda +B73, correspondiente al molino 6 de 2000kW, aplicado por un factor de 2.9 (5800kW/2000kW) da el consumo que tendrían en conjunto el Molino 8 (4500kW), el motor

de la prensa KHD (800kW) y el motor del separador Sepol (500kW).

- El consumo registrado en la celda +B75, correspondiente al ventilador Sepol, aplicado por un factor de 2.3 (780kW/336kW) da el consumo que tendría el motor del ventilador separador Sepol.

Finalmente el diagrama de carga se obtiene de la suma de los consumos proyectados más los consumos registrados en las celdas +B72, +B73, +B74 y +B75 afectados por un factor tal que se obtenga la máxima demanda dada por ARPL y cuyo resultado se muestra en la **Figura N°3.2**.

De la figura se observa que:

- La potencia activa se mantiene constante en aproximadamente en 15MW y cae en un determinado tiempo a 13.5 MW.
- La potencia reactiva se mantiene constante en aproximadamente 8.5 MVAR y cae en un determinado tiempo a 7 MVAR.
- El factor de potencia se mantiene constante en 0.87 p.u. y sube en un determinado tiempo a 0.88 p.u.

De acuerdo al requerimiento de factor de potencia (0.962 p.u. en el secundario del Transformador T4 – Ver Tabla N°3.2), la **Figura N°3.3** muestra los requerimientos de compensación.

De la **Figura N°3.3** se observa que durante la operación normal, los 3.5 MVAR son necesarios para obtener el factor de potencia objetivo mientras que al momento de perder carga, la potencia reactiva demandada pasa a ser de 3 MVAR. (Ver línea negra)

Por tal motivo es necesario al menos un paso de 0.5 MVAR en el banco de compensación.

Figura N° 3.2
Diagrama de Carga – Transformador T4

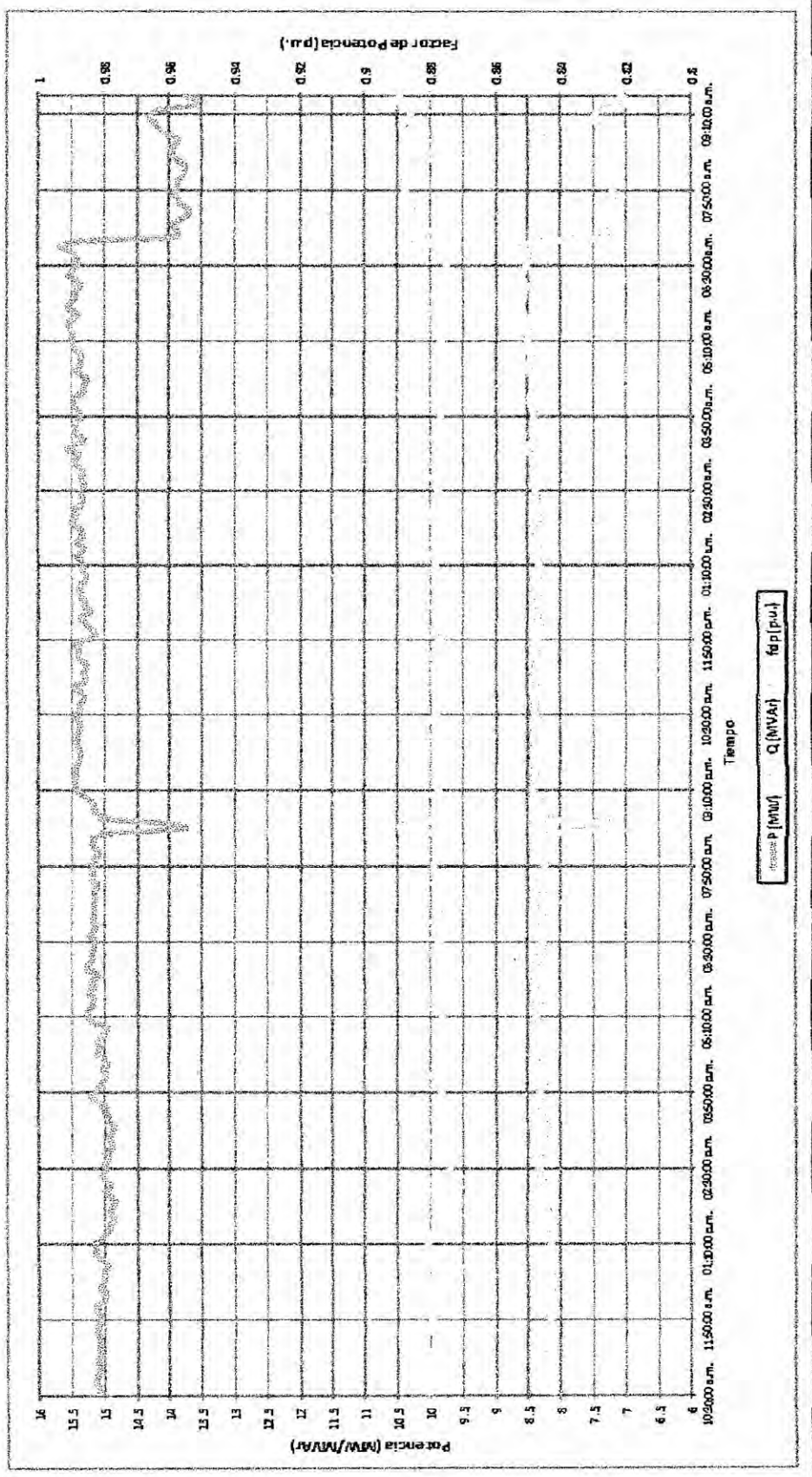
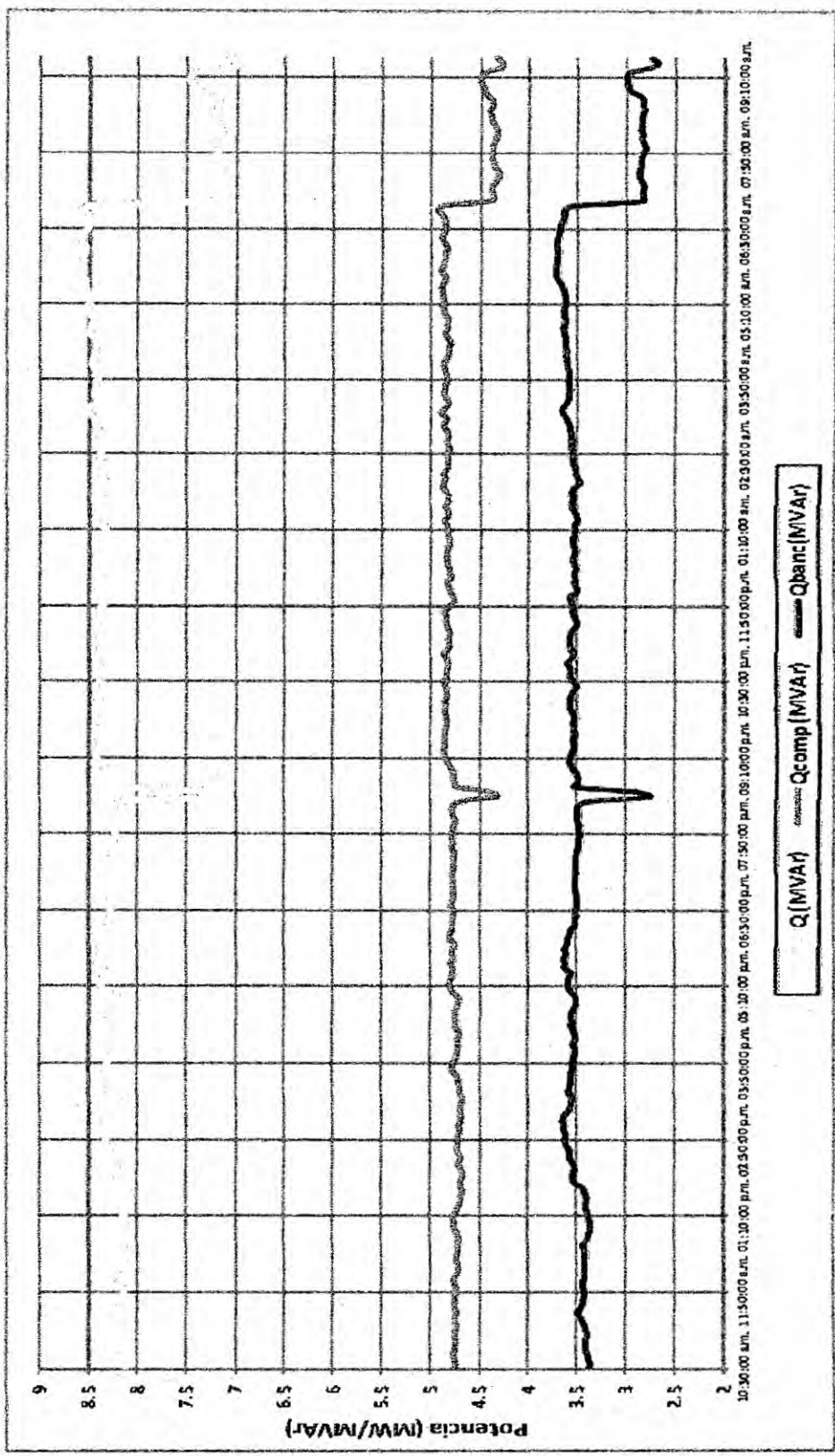


Figura N° 3.3

Diagrama de Carga - Transformador T4



2.2.4 VERIFICACIÓN DEL ARRANQUE DEL MOTOR DE 6000HP

Una vez determinado el bloque de compensación necesaria en la barra de 6.6 kV del T4, es necesario conocer si debido al arranque del motor de 6000 HP, se requiere de un bloque adicional de compensación para colaborar con las tensiones en barras durante el arranque.

Como valores de referencia se ha tomado lo indicado en la Tabla N°16 del Std. IEEE399-1990 "Recommended Practice for Industrial and Commercial Power System Analysis" y cuyos valores se muestran en la Tabla N°3.3 a continuación:

Tabla N°3.3
Detalle de la Tabla N°16 – Std IEEE 399

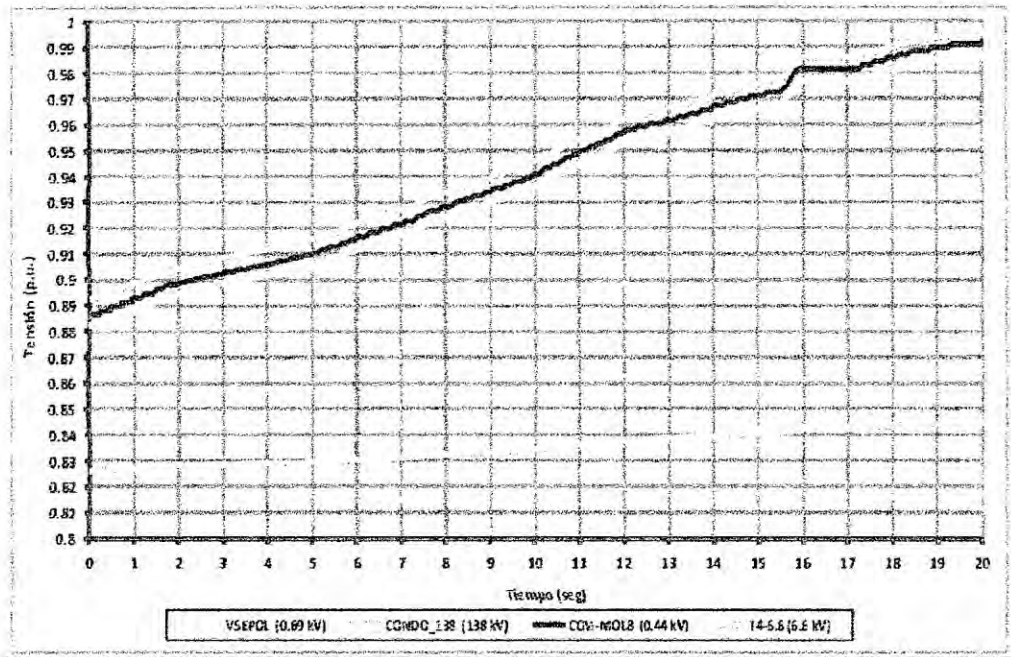
Caida de tensión	Tensión Mínima Permitida (%Nominal)
Ubicación del Problema	
En terminales del motor que arranca	80%
En todos los terminales de otros motores que deben reaccelerar	71%
Contactores AC (Pick up)	85%
Contactores DC (Pick up)	80%
Dispositivos de control de estado sólido	90%

Para esto se ha simulado la **condición de arranque** en el peor caso que es con toda la carga del T4 en servicio y sin compensación en la barra de 6.6 kV.

Como resultado de esta simulación, se obtuvieron los valores de las tensiones en barra en los niveles de 138 kV, 6.6 kV, 0.69 kV y 0.44 kV y que se muestran en detalle en la Figura N°3.4.

Figura N°3.4

Niveles de tensión barras T4 – Sin compensación

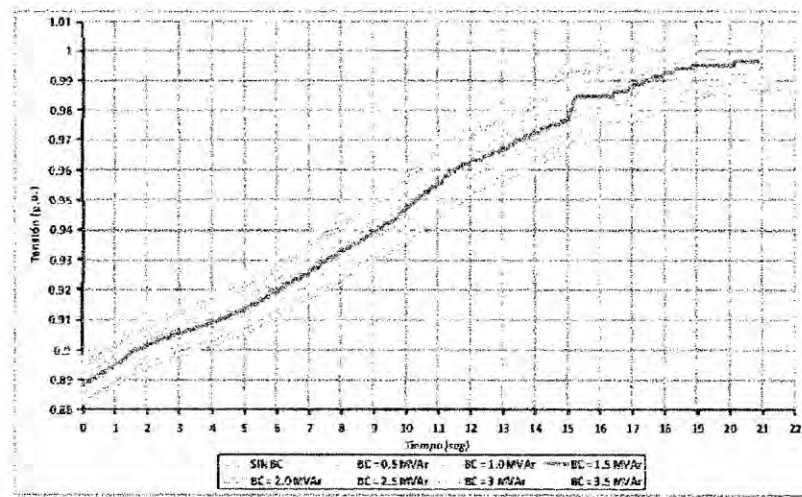


Adicionalmente la Figura N°3.5 muestra la variación de la tensión en 0.69 kV considerando que la compensación aumenta progresivamente en pasos de 0.5 MVar.

Figura N°3.5

Niveles de tensión barras 0.69 kV

Rectificador del Motor de Ventilador Separador Sepol



De ambas figuras se puede concluir:

- Sin compensación (salida de servicio del banco) se requieren 4 segundos para que los niveles de tensión para las barras en media y baja tensión del transformador T4 se encuentren sobre los 0.90 p.u. (tensión mínima en el arranque requerida para los rectificadores, convertidores, variadores, etc.) y de 11 segundos para que se encuentren sobre los 0.95 p.u. (tensión mínima para el estado estable).
- Para los variadores de velocidad se requiere:
 - Tener una compensación permanente de 3.5 MVar para alcanzar los 0.9 p.u. en 0.5 seg.
 - Tener una compensación permanente de 2.5 MVar para alcanzar los 0.9 p.u. en 1 seg.
 - Tener una compensación permanente de 1.5 MVar para alcanzar los 0.9 p.u. en 2 seg.

Debido a que los tiempos necesarios para alcanzar los 0.9 p.u. objetivo son cortos, es suficiente con tener una **compensación mínima permanente de 1.5 MVar**.

2.2.5 DIMENSIONAMIENTO FINAL DEL BANCO DE COMPENSACIÓN

Con los resultados obtenidos en los **acápites N°3.2, 3.3 y 3.4**; se ha determinado el banco de capacitores necesario en la barra de 6.6 kV del Transformador T4 y cuyos datos se muestran en la **Tabla N°3.4** a continuación.

Tabla N°3.4

Detalle del dimensionamiento del banco de compensación – 6.6 kV

	MVar
Potencia Reactiva Total	3.5
Paso 1	3 x 0.5
Paso 2	3 x 0.5
Paso 3	0.5

2.3 ANALISIS DEL FLUJO DE POTENCIA

2.3.1 CONSIDERACIONES

Previo a los análisis realizados se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

Sistema Actual

- El sistema opera de manera normal con la carga en 2.3kV de la celdas +B9 hasta +B20 para el transformador T2 debido a que el transformador T4 tomará nueva carga.
- El suministro en Carpapata suministra **11.19 MW** y **1.44 MVA**r por aporte de la central de Carpapata I.
- Los niveles de cortocircuito se tomaron de la base de datos del COES:
 - Potencia de Cortocircuito en 138 kV – **829.4 MVA**
 - Potencia de Cortocircuito en 72.5 kV – **407.7 MVA**

Sistema Proyectado con puesta en paralelo.

- El sistema opera de manera normal con la carga en 2.3kV de la celdas +B9 hasta +B20 para el transformador T2 debido a que el transformador T4 tomará nueva carga.
- El suministro en Carpapata suministra **18.41 MW** y **2.82 MVA**r por aporte de las centrales de Carpapata I y Carpapata II.
- Los niveles de cortocircuito se tomaron para el año 2016 de la base de datos del COES:
 - Potencia de Cortocircuito en 138 kV – **1007 MVA**
 - Potencia de Cortocircuito en 72.5 kV – **462.1 MVA**
- Los transformadores T2 Y T5 operan en paralelo.

Sistema Proyectado con puesta en paralelo y en contingencia.

Se consideran las siguientes contingencias simples (N-1).

- Salida del enlace entre el transformador T2 y T5.
- Salida de servicio del banco de compensación en 6.6 kV del T4.

2.3.2 RESULTADOS

Sistema Actual.

Los resultados del análisis de flujo de potencia para la condición actual fueron:

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.
- Se demandan 11.90 MW y 1.44 MVAR del suministro de Carpapata y 35.80MW y 16.62 MVAR de los suministros de Caripa y Electrocentro.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.118 MW (0.25%) de potencia activa en toda la red.

En las **Tablas N° 4.1, N°4.2 y N°4.3**, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°4.1**Reporte Sumario de Potencias**

Datos sumarios	Potencia activa (MW)	Potencia reactiva (MVar)
Total de generaciones	47.699	18.055
Carga estática	47.579	27.33
Cargas shunts	0.002	-13.749
Cargas del motor	0	0
Carga total	47.581	13.581
Pérdidas en las líneas / cables	0.035	0.361
Pérdidas de los transformadores	0.082	4.126
Pérdidas totales	0.118	4.487

Tabla N°4.2**Resumen de Resultados de Tensión en Barras**

Barra	kV Base	V _{sol} [p.u.]	V _{sol} [p.u.]
CONDO_138	138.00	117.99	0.855
CONDO_72.5	72.50	68.44	0.944
T1-2.3	2.30	2.30	1.001
T1-6.6	6.60	6.66	1.009
T2-6.6	6.60	6.62	1.003
T2/T4-2.3	2.30	2.30	0.999
T4-6.6	6.60	6.62	1.003
T5-6.6	6.60	6.62	1.003

Tabla N°4.3**Resumen de Resultados de % de Carga en Transformadores**

Transformador	S _{nominal} Primario (MVA)	S _{Primario} (MVA)	S _{Secundario} (MVA)	S _{TERCIARIO} (MVA)	CARGA [%] Capacidad
TRAFO -T1	16	14.49	7.18	7.11	90.56%
TRAFO -T2	20	19.08	12.37	6.15	95.40%
TRAFO -T4	20	18.12	18.12	0	90.60%
TRAFO -T5	25				0.00%

Sistema Proyectado

Los resultados del análisis de flujo de potencia para la condición proyectada fueron:

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.
- Se demandan 18.41 MW y 2.82 MVar del suministro de Carpapata y 41.17MW y 19.36 MVar de los suministros de Caripa y Electrocentro.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.156 MW (0.26%) de potencia activa en toda la red.

En las Tablas N° 4.4, N°4.5 y N°4.6, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°4.4

Reporte Sumario de Potencias

Datos sumarios	Potencia activa (MW)	Potencia reactiva (MVar)
Total de generaciones	59.584	22.185
Carga estática	54.75	31.87
Cargas shunts	0.001	-18.688
Cargas del motor	4.614	4.069
Carga total	59.365	17.251
Pérdidas en las líneas / cables	0.064	0.386
Pérdidas de los transformadores	0.092	4.551
Pérdidas totales	0.156	4.937

Tabla N°4.5**Resumen de Resultados de Tensión en Barras**

Nombre	kV Base	V sol [kV]	V sol [%]
CONDO_138	138.00	117.99	0.855
CONDO_6.9	6.90	6.57	0.952
CONDO_72.5	72.50	68.44	0.944
T1-2.3	2.30	2.27	0.988
T1-6.6	6.60	6.59	0.998
T2-6.6	6.60	6.61	1.002
T2/T4-2.3	2.30	2.29	0.994
T4-6.6	6.60	6.82	1.033
T4-6.6_1	6.60	6.82	1.033
T5-6.6	6.60	6.63	1.004

Tabla N°4.6**Resumen de Resultados de % de Carga en Transformadores**

Transformador	S nominal Primario [MVA]	S Primario [MVA]	S Secundario [MVA]	S TERCARIO [MVA]	CARGA [%] Capacidad
TRAFO -T1	16	15.59	7.66	7.63	97.44%
TRAFO -T2	20	15.12	8.57	6.23	75.60%
TRAFO -T4	20	16.72	16.31	0	83.60%
TRAFO -T5	25		17.06		68.24%

Sistema Proyectado en contingencia

Los resultados del análisis de flujo de potencia para la condición proyectada considerando contingencia simple (N-1) fueron:

Por Salida del Enlace entre T2 y T5

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.
- Se demandan 18.41 MW y 2.82 MVar del suministro de Carpapata y 41.17MW y 19.65 MVar de los suministros de Caripa y Electrocentro, aumentando la

demanda de reactivos en un 1.50% con respecto a la condición de operación normal.

- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.150 MW (0.251%) de potencia activa en toda la red.

Por Salida del Banco de 3.5 MVAR

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.
- Se demandan 18.41 MW y 2.82 MVAR del suministro de Carpapata y 41.18MW y 23.47 MVAR de los suministros de Caripa y Electrocentro, aumentando la demanda de reactivos en un 21.22% con respecto a la condición de operación normal.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.165 MW (0.277%) de potencia activa en toda la red.

En las Tablas N° 4.7, N°4.8 y N°4.9, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°4.7
Reporte Sumario de Potencias

Datos sumarios	Contingencia 1: Salida del enlace T2/T5		Contingencia 2: Salida del Banco de 3.5 MVA	
	Potencia activa (MW)	Potencia reactiva (MVAR)	Potencia activa (MW)	Potencia reactiva (MVAR)
Total de generaciones	59.578	22.47	59.593	26.292
Carga estática	54.75	31.87	54.75	31.87
Cargas shunts	0.01	-18.66	0.001	-14.884
Cargas del motor	4.614	4.069	4.614	4.069
Carga total	59.365	17.279	59.365	21.055
Pérdidas en las líneas / cables	0.053	0.393	0.067	0.392
Pérdidas de los transformadores	0.097	4.803	0.098	4.853
Pérdidas totales	0.15	5.196	0.165	5.244

Tabla N°4.8
Resumen de Resultados de Tensión en Barras

Nombre	Contingencia 1: Salida del enlace T2/T5			Contingencia 2: Salida del Banco de 3.5 MVA		
	kV Base	V. sol. [kV]	V. sol. [%]	kV Base	V. sol. [kV]	V. sol. [%]
CONDO_138	138.00	117.99	0.855	138.00	117.99	0.855
CONDO_6.9	6.90	6.57	0.952	6.90	6.57	0.952
CONDO_72.5	72.50	68.44	0.944	72.50	68.44	0.944
T1-2.3	2.30	2.27	0.988	2.30	2.27	0.988
T1-6.6	6.60	6.59	0.998	6.60	6.59	0.998
T2-6.6	6.60	6.49	0.983	6.60	6.61	1.001
T2/T4-2.3	2.30	2.25	0.979	2.30	2.29	0.991
T4-6.6	6.60	6.82	1.033	6.60	6.68	1.011
T4-6.6_1	6.60	6.82	1.033	6.60	6.68	1.011
T5-6.6	6.60	6.72	1.018	6.60	6.63	1.004

Tabla N°4.9
Resumen de Resultados de % de Carga en Transformadores

Transformador	S. nominal Primario [MVA]	Contingencia 1: Salida del enlace T2/T5				Contingencia 2: Salida del Banco de 3.5 MVA		
		S. Primario [MVA]	S. Secundario [MVA]	S. TERCIA RIO [MVA]	CARGA [%] Capacidad	S. Primario [MVA]	S. Secundario [MVA]	S. TERCIA RIO [MVA]
TRAFO - T1	16	15.59	7.66	7.63	97.44%	15.59	7.66	7.63
TRAFO - T2	20	19.94	13.04	6.23	99.70%	15.12	8.57	6.23
TRAFO - T4	20	16.72	16.31	0	83.60%	18.54	17.73	0
TRAFO - T5	25	12.61		50.44%		17.07		68.28%

2.3.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS

- En operación normal, el sistema eléctrico opera de manera confiable con la ampliación de cargas y la puesta en paralelo de los transformadores T2 y T5.
- El tap del transformador T2 se ubica en el mando 18, posición -6 (85.23%), mientras que el tap del transformador T4 se ubica en el mando 14, posición -2(85.89%) en la condición normal del sistema en máxima demanda.
- Los tap's de los transformadores T2 y T5 se ubican en el mando 17, posición -5(86.37%) mientras que el tap del transformador T4 se ubica en el mando 15, posición -3 (84.32%) en la condición de ingreso de las nuevas cargas y la puesta en paralelo.
- La salida del banco de compensación proyectado de 3.5 MVAR, aumenta la carga del transformador de 83.60% a 92.70%.
- La salida del enlace entre T2 y T5 ocasiona que el transformador T2 se cargue hasta un 99.70% de su capacidad nominal, considerándose esta la peor contingencia.

2.4 ANALISIS DEL FLUJO DE ARMONICOS

2.4.1 CONSIDERACIONES

- Se analizaron las distorsiones armónicas presentes en todas las barras del sistema.
- Se consideró una inyección de armónicas de la red desde los puntos de Carpatay Caripa para las armónicas más predominantes.
- Los análisis de flujo de armónicas se realizaron según IEC 61000-3-6.
- Se consideró un modelo trifásico balanceado por lo que la distorsión se considera del mismo valor para las tres fases.

- Se realizaron análisis en casos de contingencia simple para la condición proyectada del sistema en los mismos escenarios.
- Se realizó un análisis de los niveles de distorsión armónica de tensión según la NTCSE y el Std IEEE-519.

2.4.2 RESULTADOS

Sistema Actual

- Los niveles de distorsión armónica se encuentran por debajo del 1.16% en condiciones de operación normal.
- El máximo nivel de distorsión armónica fue en la barra en 2.3 kV del
 - ✓ transformador T1 con 1.16% de distorsión armónica.
 - En relación a lo exigido por la NTCSE para los niveles de distorsión
 - ✓ armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
 - En relación a lo recomendado por el Std. IEEE-519 para los niveles de distorsión armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
- ✓ En la **tabla N°6.1** se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°6.1
Niveles de THD en barras

Orden	Limite NTCSE	Limite IEEE	Barra					
			T1-2.3	T2/T4-2.3	T1-6.6	T2-6.6	T4-6.6	T5-6.6
2	2.00	3.00	0.49	0.40	0.47	0.40	0.41	0.41
3	5.00	3.00	0.28	0.19	0.25	0.20	0.20	0.20
4	1.00	3.00	0.39	0.20	0.31	0.21	0.21	0.21
5	6.00	3.00	0.37	0.14	0.25	0.16	0.16	0.16
6	0.50	3.00	0.71	0.33	0.38	0.40	0.37	0.37
7	5.00	3.00	0.43	0.56	0.17	0.52	0.22	0.22
8	0.50	3.00	0.00	0.09	0.00	0.12	0.10	0.10
9	1.50	3.00	0.03	0.05	0.02	0.07	0.06	0.06
11	3.50	3.00	0.19	0.12	0.36	0.28	0.50	0.50
13	3.00	3.00	0.04	0.02	0.20	0.08	0.18	0.18
15	0.30	3.00	0.03	0.02	0.37	0.10	0.10	0.10
21	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
23	1.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.27
25	1.50	3.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.37	0.38
27	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
29	0.63	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
37	0.54	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
THD	8.00	5.00	0.84	1.16	0.97	0.91	0.99	0.99

Sistema Proyectoado

- Los niveles de distorsión armónica se encuentran por debajo del 1.81% en condiciones de operación normal.
- El máximo nivel de distorsión armónica fue en la barra en 6.6 kV del
 - ✓ transformador T4 con 1.81% de distorsión.
 - En relación a lo exigido por la NTCSE para los niveles de distorsión
- ✓ armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
 - En relación a lo recomendado por el Std. IEEE-519 para los niveles de distorsión armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.

- Los niveles de distorsión armónica aumentaron con relación a la condición actual, para las barras de los transformadores T1 y T4 mientras que para los transformadores T2 y T5 la distorsión armónica disminuyó.
- ✓ En la Tabla N°6.2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°6.2
Niveles de THD en barras – Sistema Proyectado

Orden	Limite NTCSE	Limite IEEE	Barra					
			T1-2.3	T2/T4-2.3	T1-6.6	T2-6.6	T4-6.6	T5-6.6
2	2.00	3.00	0.49	0.40	0.47	0.41	0.38	0.41
3	5.00	3.00	0.28	0.20	0.25	0.20	0.21	0.20
4	1.00	3.00	0.36	0.19	0.29	0.21	0.24	0.21
5	6.00	3.00	0.31	0.13	0.21	0.15	1.15	0.15
6	0.50	3.00	0.55	0.28	0.30	0.34	0.57	0.34
7	5.00	3.00	0.40	0.37	0.17	0.26	0.94	0.26
8	0.50	3.00	0.00	0.09	0.00	0.12	0.05	0.12
9	1.50	3.00	0.02	0.05	0.02	0.07	0.02	0.07
11	3.50	3.00	0.22	0.14	0.23	0.28	0.10	0.28
13	3.00	3.00	0.03	0.03	0.15	0.08	0.21	0.08
15	0.30	3.00	0.04	0.04	0.40	0.17	0.21	0.17
17	2.00	3.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.41	0.01
19	1.50	3.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.00
21	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
23	1.50	3.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.07	0.03
25	1.50	3.00	0.00	0.03	0.01	0.05	0.40	0.05
27	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
29	0.63	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
31	0.60	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
35	0.56	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
37	0.54	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
41	0.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
43	0.49	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
47	0.47	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
49	0.46	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
THD	8.00	5.00	1.03	0.71	0.87	0.77	1.81	0.87

Sistema Proyectado en contingencia por salida del enlace entre T2 y T5

- Los niveles de distorsión armónica se encuentran por debajo del 1.80%.
- El máximo nivel de distorsión armónica fue en la barra en 6.6 kV del transformador T4 con 1.80% de distorsión.
- En relación a lo exigido por la NTCSE para los niveles de distorsión armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
- En relación a lo recomendado por el Std. IEEE-519 para los niveles de distorsión armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
- Los niveles de distorsión armónica aumentaron con relación a la condición de operación normal, para la barra del transformador T5 mientras que para el transformador T2 la distorsión armónica disminuyó.

En la **tabla N°6.3** se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°6.3
Niveles de THD en barras – Sistema en Contingencia
Salida del enlace entre T2 y T5

Orden	Limite NTCSE	Limite IEEE	Barra					
			T1-2.3	T2/T4-2.3	T1-6.6	T2-6.6	T4-6.6	T5-6.6
2	2.00	3.00	0.49	0.39	0.47	0.40	0.38	0.41
3	5.00	3.00	0.28	0.19	0.25	0.20	0.21	0.21
4	1.00	3.00	0.36	0.19	0.29	0.20	0.24	0.21
5	6.00	3.00	0.31	0.13	0.21	0.14	1.15	0.15
6	0.50	3.00	0.55	0.27	0.30	0.32	0.57	0.34
7	5.00	3.00	0.40	0.43	0.17	0.33	0.94	0.27
8	0.50	3.00	0.00	0.07	0.00	0.11	0.06	0.14
9	1.50	3.00	0.02	0.04	0.02	0.06	0.02	0.09
11	3.50	3.00	0.22	0.10	0.23	0.22	0.10	0.34
13	3.00	3.00	0.03	0.02	0.15	0.07	0.21	0.10
15	0.30	3.00	0.04	0.03	0.39	0.15	0.21	0.20
17	2.00	3.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.41	0.01
19	1.50	3.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.00

21	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
23	1.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07
25	1.50	3.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.40	0.10
27	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
29	0.63	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
31	0.60	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
35	0.56	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
37	0.54	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
41	0.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
43	0.49	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
47	0.47	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
49	0.46	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
THD	8.00	5.00	1.03	0.72	0.87	0.75	1.80	0.82

Sistema Proyectado en contingencia por salida del banco de 3.5 MVar

- Los niveles de distorsión armónica se encuentran por debajo del 1.93%.
 - El máximo nivel de distorsión armónica fue en la barra en 6.6 kV del transformador T4 con 1.93% de distorsión.
 - En relación a lo exigido por la NTCSE para los niveles de distorsión armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
 - En relación a lo recomendado por el Std. IEEE-519 para los niveles de distorsión armónica total (THD) e individuales (HD) se observó que en ningún caso se supera los límites máximos permisibles.
 - Los niveles de distorsión armónica aumentaron en todas las barras del sistema, en comparación con los niveles obtenidos en la operación normal, haciendo de esta la peor contingencia desde el punto de vista de las armónicas.
- ✓ En la **Tabla N°6.4** se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla N°6.4
Niveles de THD en barras – Sistema en Contingencia
Salida del Banco de 3.5 MVAR

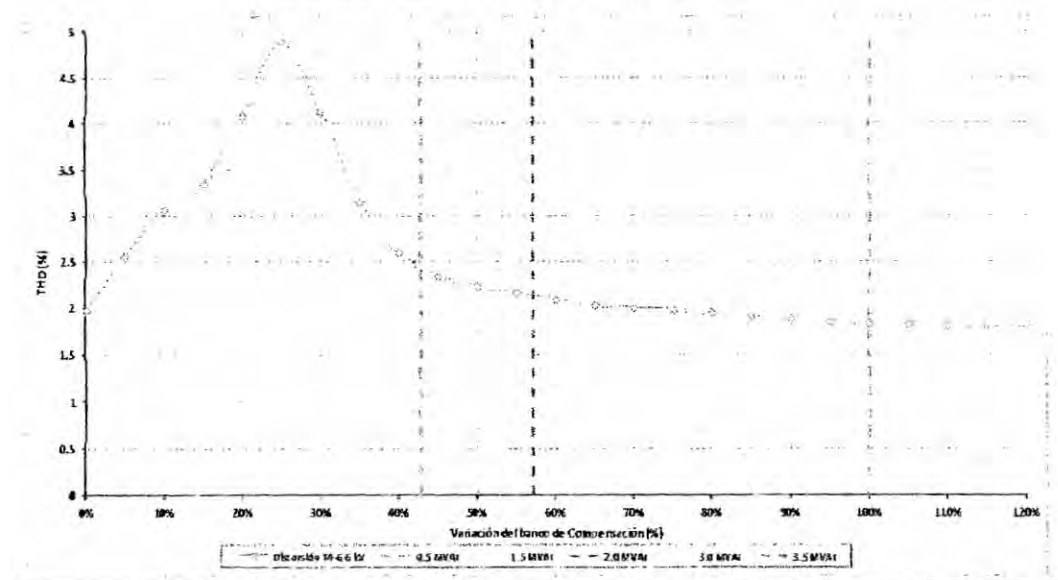
Orden	Limite NTCSE	Limite IEEE	Barra					
			T1-23	T2/T4-23	T1-6.6	T2-6.6	T4-6.6	T5-6.6
2	2.00	3.00	0.48	0.39	0.46	0.40	0.35	0.40
3	5.00	3.00	0.27	0.19	0.24	0.20	0.17	0.20
4	1.00	3.00	0.37	0.20	0.30	0.21	0.18	0.21
5	6.00	3.00	0.11	0.05	0.08	0.05	0.65	0.05
6	0.50	3.00	0.70	0.35	0.38	0.42	0.32	0.42
7	5.00	3.00	0.69	0.41	0.29	0.50	0.87	0.50
8	0.50	3.00	0.00	0.09	0.00	0.13	0.09	0.13
9	1.50	3.00	0.02	0.05	0.02	0.07	0.04	0.07
11	3.50	3.00	0.22	0.13	0.23	0.27	0.13	0.27
13	3.00	3.00	0.03	0.03	0.16	0.09	0.17	0.09
15	0.30	3.00	0.04	0.04	0.46	0.20	0.09	0.20
17	2.00	3.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.16	0.00
19	1.50	3.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.18	0.00
21	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
23	1.50	3.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.15	0.04
25	1.50	3.00	0.00	0.02	0.01	0.07	1.16	0.07
27	0.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.01
29	0.63	3.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.01
31	0.60	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
35	0.56	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00
37	0.54	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00
41	0.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
43	0.49	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
47	0.47	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00
49	0.46	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00
THD	8.00	5.00	1.21	0.75	0.94	0.91	1.93	0.91

2.4.3 EVALUACIÓN DE SENSIBILIDAD DEL BANCO DE 3.5 MVAR

- ✓ Luego de realizadas las evaluaciones de los niveles de distorsión armónica es necesario conocer si la operación de los pasos del banco de compensación no generará que los niveles de distorsión en barra superen los máximos admisibles o se generen puntos de resonancia. Para esto se realiza una evaluación de sensibilidad bajo las siguientes condiciones:

- La capacidad del banco varía desde 0 hasta 120%..
- Se evalúa la distorsión en la barra del T4 en 6.6 kV.
- ✓ La Figura N°6.1 muestra el resultado de esta evaluación de donde se observa que:
 - Si el banco operara con una compensación de 0.5 MVAR (solo paso 3), el THD en la barra del T4 en 6.6 kV será de 3.29%
 - Si el banco operara con una compensación de 1.5 MVAR (solo paso 1 o paso 2), el THD en la barra del T4 en 6.6 kV será de 2.42%.
 - Si el banco operara con una compensación de 2MVAR (paso 3 + paso 1 o paso 2),el THD en la barra del T4 en 6.6 kV será de 2.13%.
 - Si el banco operara con una compensación de 3 MVAR (paso 1 + paso 2) el THD en la barra del T4 en 6.6 kV será de 1.91%.

Figura N°6.1
Niveles de THD en barra de 6.6 kV del T4 por variación de
la capacidad del banco de 3.5 MVAR



Bajo este resultado, el banco podría operar sin ningún inconveniente, ya que la zona cuya distorsión es mayor, se encuentra entre el 20% (0.7 MVar) y el 35% (1.23 MVar) capacidades que no son nominales para el banco de compensación de 3.5 MVar.

3 VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 Variables de la Investigación.

Relacionando las variables relevantes que intervienen en el presente problema objeto de estudio, que conllevaran a la explicación, demostración y probación de la formulada hipótesis, se han identificado las siguientes variables.

Variable X= Estudio de Armónicos y Flujo de Carga

Variable Y= Mejora del sistema Eléctrico UNACEM

3.2 Operacionalización de Variables

El grado más elevado de los referentes empíricos la determinamos operacionalizando, las variables que se simbolizan con sus propiedades concretas con las letras X y Y de igual manera, se obtiene los siguientes indicadores:

Variable X= Estudio de Armónicos y Flujo de Carga

Indicadores.

- | | |
|---|----|
| ➤ Modelo de fuentes del sistema | X1 |
| ➤ Modelado de los Transformadores de Potencia | X2 |
| ➤ Modelamiento de las cargas | X3 |
| ➤ Modelamiento de los Bancos de Capacitores | X4 |
| ➤ Modelado de las Fuentes Armónicas | X5 |

Variable Y= Mejora del sistema Eléctrico UNACEM.

- | | |
|---|----|
| ➤ Sistema Equivalente | Y1 |
| ➤ Selección de los Niveles de Tensión de suministro | Y2 |
| ➤ Consumos Proyectados | Y3 |
| ➤ Reemplazo y reubicación de sistema | Y4 |
| ➤ Conexionado a barras | Y5 |
| ➤ Mejoramiento del nivel de armónicos | Y6 |

3.3 Hipótesis general

El estudio de armónicos y Flujo de carga en UNACEM - Planta Condorcocha, permitirá la optimización del sistema Eléctrico.

4 METODOLOGIA.

4.1 Tipo de Investigación.

Por la naturaleza de la investigación nuestro trabajo corresponde que según clasificación.

Según el objeto de estudio:

- ✓ **Investigación aplicada** ya que se aplicara los conocimientos de ingeniería y técnica para el provecho de las empresas del sector Industrial.
- ✓ **Investigación en campo** porque se aplicara para resolver una necesidad o problema en un lugar determinado que será la planta de Condorcocha.

Según la técnica de obtención de datos:

- ✓ **Investigación proyectiva** porque se elaborara una propuesta o modelo y/o proyecto para solucionar un problema.

Según su ubicación temporal:

- ✓ **Investigación transversal** El proyecto tendrá una duración de 5 meses.

4.2 Diseño de la Investigación.

- La primera etapa para dar solución al problema objeto de investigación, es realizar una descripción general de las instalaciones eléctricas de la planta Condorcocha de UNACEM.
- La segunda etapa es la evaluación energética de las instalaciones eléctricas de la planta Condorcocha de UNACEM.
- La tercera etapa es la evaluación el estudio de los armónicos y flujo de carga de la planta Condorcocha de UNACEM.
- La cuarta etapa es desarrollar el análisis del flujo de carga para las mejoras, que proponemos para el caso Planta Condorcocha.

4.3 Población y Muestra.

Para aplicar en nuestro modelo de estudio de eficiencia energética los instrumentos de encuesta previamente determinado y poder alcanzar los objetivos, probar, explicar y demostrar la hipótesis formulada; es necesario aplicar las técnicas estadísticas para determinar el tamaño de la muestra de la población.

Para el caso de nuestra investigación, la población es finita y pequeña por tanto la muestra es igual a la población. $N = n =$ UNACEM – Planta de Condorcocha

Donde:

N: Población

n: Muestra

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

General: A través de este método general histórico conoceremos la evolución histórica que ha experimentado la planta de Condorcocha en cuanto al consumo de energía, contenido de armónicos y el incremento de carga en el sistema; también conoceremos los detalles de la evolución de los consumos históricos de energía, así como la máxima demanda, pérdidas, evaluación de motores, registros de temperatura, humedad entre otros.

Específicos: Se aplicarán los métodos de investigación que a continuación se indican:

- Experimental. Durante el proceso de investigación se utilizarán instrumentos (pinzas amperimétrica, megómetro, etc.), con ello obtendremos la información necesaria para la elaboración del estudio de armónicos y flujo de carga de la Planta Condorcocha.
- Matematización. La relación de los parámetros de tensión, frecuencia y potencia.

Para construir los instrumentos de medición se buscan métodos rigurosos, se aplican complejos análisis estadísticos y una inmejorable calidad de la información que debe ser presentada con las exigencias de cuantificación, verificación y control.

Nuestro método de investigación es cuantitativo, por la forma de investigación realizada.

El procedimiento estadístico a ser aplicado en esta investigación para explicar, demostrar y verificar lo planteado en la hipótesis, consistirá primeramente en el desarrollo y estructuración del instrumento encuesta a ser aplicado en las instalaciones de la planta Condorcocha y en sus respectivas unidades.

Asimismo, en dicho instrumento -encuesta estructurada- se formularán interrogantes relacionados a la inclusión de nuevas alternativas para la mejora del sistema eléctrico dentro de la planta Condorcocha.

4.5 Plan de análisis estadísticos de datos

Se utilizara la estadística descriptiva y cuantitativa, por consiguiente sus indicadores que analizaremos se mencionan a continuación:

- ✓ Evaluación de la energía y máxima demanda
- ✓ Costos de energía eléctrica
- ✓ Análisis energético de las instalaciones en condiciones actuales de operación
- ✓ Máxima demanda y consumo de energía eléctrica
- ✓ Nivel de contenido Armónico
- ✓ Balance de potencia y energía por sectores de consumo y proyección de la demanda
- ✓ Evaluación de las instalaciones eléctricas existentes:
 - Evaluación de las pérdidas eléctricas en subestaciones
 - Evaluación de las pérdidas eléctricas en las redes en baja tensión
 - Evaluación de motores eléctricos

- Evaluación del sistema de iluminación
- Mediciones puntuales de corriente y temperatura
- Registro de temperatura y humedad ambiental

5 RESULTADOS

Sistema Actual.

Los resultados del análisis de flujo de potencia para la condición actual fueron:

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.
- Se demandan 11.90 MW y 1.44 MVAR del suministro de Carpapata y 35.80 MW y 16.62 MVAR de los suministros de Caripa y Electrocentro.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.118 MW (0.25%) de potencia activa en toda la red.

Sistema Proyectado

Los resultados del análisis de flujo de potencia para la condición proyectada fueron:

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.

- Se demandan 18.41 MW y 2.82 MVAR del suministro de Carpapata y 41.17 MW y 19.36 MVAR de los suministros de Caripa y Electrocentro.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.156 MW (0.26%) de potencia activa en toda la red.

Sistema Proyectado en contingencia

Los resultados del análisis de flujo de potencia para la condición proyectada considerando contingencia simple (N-1) fueron:

Por Salida del Enlace entre T2 y T5

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.
- Se demandan 18.41 MW y 2.82 MVAR del suministro de Carpapata y 41.17 MW y 19.65 MVAR de los suministros de Caripa y Electrocentro, aumentando la demanda de reactivos en un 1.50% con respecto a la condición de operación normal.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.150 MW (0.251%) de potencia activa en toda la red.

Por Salida del Banco de 3.5 MVAR

- Salvo por las barras de alta tensión de 72.5kV y 138 kV las cuales operan según los requerimientos del operador del sistema, los niveles de tensión en barra del sistema

eléctrico de Condorcocha se encuentran dentro del rango del $\pm 5\%$.

- Se demandan 18.41 MW y 2.82 MVAR del suministro de Carpapata y 41.18 MW y 23.47 MVAR de los suministros de Caripa y Electrocentro, aumentando la demanda de reactivos en un 21.22% con respecto a la condición de operación normal.
- No existe sobrecarga de ningún elemento presente en la red.
- Existe una pérdida de 0.165 MW (0.277%) de potencia activa en toda la red.

6 DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contratación de Hipótesis con los resultados

En operación normal, el sistema eléctrico opera de manera confiable con la ampliación de cargas y la puesta en paralelo de los transformadores T2 y T5.

El tap del transformador T2, posición -6 (85.23%), mientras que el tap del transformador T4 , en posición -2 (85.89%) en la condición normal del sistema en máxima demanda.

Los tap's de los transformadores T2 y T5 , posición -5 (86.37%) mientras que el tap del transformador T4 , en posición -3 (84.32%) en la condición de ingreso de las nuevas cargas y la puesta en paralelo.

La salida del banco de compensación proyectado de 3.5 MVAR, aumenta la carga del transformador de 83.60% a 92.70%.

La salida del enlace entre T2 y T5 ocasiona que el transformador T2 se cargue hasta un 99.70% de su capacidad nominal, considerándose esta la peor contingencia.

Los resultados de cortocircuito y flujo de potencia nos permite verificar el comportamiento térmico y la capacidad de corriente de cortocircuito que tienen que soportar los equipos, como son: cables, interruptores de potencia, transformadores de corriente, etc.

"De acuerdo a ello podemos garantizar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico de potencia la cual se basa en una normativa establecida".

6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares

Las múltiples simulaciones de flujo de potencia nos permitieron observar el comportamiento del sistema en estado estacionario evaluando los niveles de tensión en barras, la distribución de los flujos de potencia activa y reactiva y las máximas caídas de tensión en los conductores y transformadores con la finalidad de verificar la capacidad de transmisión de los mismos.

Así también como a seleccionar el equipo eléctrico indicado en el informe, de manera de caer en una sobredimensionar el suministro eléctrico. A medida de resumen se buscó tener un sistema eléctrico sin interrupciones con el fin de no perjudicarlo.

7 CONCLUSIONES

1. El sistema eléctrico proyectado de UNACEM – Planta Condorcocha, requiere de una compensación de 3.50 MVAR distribuidos en 03 pasos.
2. Los niveles de tensión en barras de 6.6 kV y 2.3 kV del sistema eléctrico proyectado de UNACEM – Planta Condorcocha, se encuentran dentro del $\pm 5\%$ de variación en relación a la tensión nominal.
3. El sistema eléctrico en operación normal con el ingreso de las cargas del molino 8 y envasadora 5, presenta niveles de distorsión dentro de lo recomendado por la NTCSE y el Std. IEEE-519.
4. El banco de condensadores diseñado, sirve como filtro natural de las armónicas y no genera puntos de resonancia que sintonicen con armónicas convencionales.

8 RECOMENDACIONES

1. Realizar mediciones de armónicas en las barras del sistema luego de la instalación del filtro y luego de la puesta en paralelo de los transformadores.
2. Disponer de un sistema de monitoreo de la corriente armónica en los bancos de compensación en media tensión a fin de identificar posibles resonancias durante la operación normal del

sistema como consecuencia de la conexión y desconexión de cargas.

3. Realizar una actualización del estudio realizado cuando se agreguen cargas armónicas en el sistema eléctrico ya que el tener niveles bajos de armónicas (<2%) no implica que una modificación de la topología o el ingreso de nueva compensación o cargas armónicas, mantengan los niveles de distorsión bajos.
4. Verificar las variaciones de la admitancia del banco de compensación diseñado de 3.5MVar a fin de evitar que este caiga en la zona del 20% al 35% de admitancia.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Norma IEEE 519/92.
2. Arrillaga J., Smith B., Watson N. y Wood A. "Power System Harmonic Analysis". John Wiley&Sons. 1997
3. Sharon. *Flujo de potencia y calidad del suministro*. IEEE. Transaction on Power Systems. Vol. 13. No1. 1999.
4. Kasikci I. "Power Quality Problems and its solutions". Large Engineering Systems Conference Series, Halifax, Canada. 2000.

5. Gonzalez P. I. Arzola R. Marrero R. S. Legra L. A. "Optimización bajo criterios múltiples de redes de suministro industrial". Seminario Latinoamericano de Sistema de Ingeniería (SELASI). Perú. 2005.
6. Carrillo Caicedo G. y Petit Suárez J. F. "Fictitious Power Compensation of Distribution Feeders" Large Engineering Systems Conference Series, Halifax, Canada, 2000.
7. Herraiz J. S. "Aportaciones al estudio de flujo armónico de carga". Tesis doctorado. Universidad Politécnica de Cataluña. España. 2002.
8. Xu W.; Marti J. R. "Harmonic analysis of system with static compensation". IEEE. Transaction on Power system. Vol. 6. No1. 1991.
9. Sainz S. L. "Formulación del flujo de carga armónico". UPC. Tesis doctoral. 2001.
10. Rios C., Aristuaga M., Escobar A. "Modelado de sistemas eléctricos en presencia de armónicos". Scientia et Technica Año IX, N° 22, Octubre 2003. UTP.

10 ANEXOS

- ✓ **Matriz de consistencia**
- ✓ **Otros**

ANEXOS

- ✓ Matriz de Consistencia.

TITULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE ARMÓNICOS Y FLUJO DE CARGA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UNACEM - PLANTA CONDORCOCHA				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPTESIS	VARIABLES	METODOS
<p>General.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No existe una evaluación de consumos de energía eléctrica en el sistema eléctrico de UNACEM-Planta Condorcocha. ✓ No se tiene un registro de los niveles de perturbaciones en el sistema eléctrico de UNACEM-Planta Condorcocha. ✓ No se cuenta con planes de contingencia 	<p>General.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El objetivo general del estudio de Armónicos y Flujo de Carga del sistema eléctrico de UNACEM - Planta Condorcocha, es determinar los niveles de distorsión armónica en barras del sistema debido 	<p>General.</p> <p>El estudio de armónicos y Flujo de carga en UNACEM - Planta Condorcocha, permitirá la optimización del sistema Eléctrico.</p>	<p>Variable X= Estudio de Armónicos y Flujo de Carga.</p> <p>Variable: Y Mejora del sistema Eléctrico UNACEM.</p>	<p>La investigación abarcará las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la elaboración de proyectos de este tipo. Como un complemento en la etapa de diseño del sistema, se espera realizar consultas a profesionales con experiencia. Se aplican los métodos de investigación.</p> <p>Aplicada, campo y proyectiva</p>

y/o desarrollo para implementar medidas para el ahorro de energía;	a la ampliación del sistema eléctrico.			
--	--	--	--	--