

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**



**“CONSOLIDACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA,
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE
DE CEMENTO A HAVER 1, 2 Y 3”**

TESIS

PRESENTADO POR:
WENCESLAO LIZARRAGA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**CONSOLIDACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA,
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE
DE CEMENTO A HAVER 1, 2 Y 3**

TESIS PRESENTADA POR:

WENCESLAO LIZARRAGA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11-09-2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE

.....
Ing. Leonel Marino Castillo Enríquez

PRIMER MIEMBRO

.....
Mg. José Manuel Ramos Cutipa

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Mg. Leonidas Vilca Callata

DIRECTOR DE TESIS

.....
Mg. Roberto Jaime Quiroz Sosa

PUNO - PERÚ
2017

ÁREA: ELECTRICIDAD
TEMA: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

DEDICATORIA

Aquellas personas que deciden y dedican dar lo mejor de ellos y dejan una mejor oportunidad, A mis padres, que me han dado todo lo necesario en esta vida para convertirme en una persona de bien.

Al parecer son pocas las palabras, pero estoy seguro de que comprenderán que en dedicarles un logro más.

AGRADECIMIENTO

Encontrar las palabras o frases adecuadas para un agradecimiento es todo un arte y como la gratitud es la memoria del corazón, quiero darle las gracias primero que nada a la Universidad Nacional del Altiplano, mi segunda casa, a la cual agradezco enormemente toda mi formación profesional. Con admiración y respeto agradezco a mis profesores, guardianes incansables de mi educación.

Al término de esta etapa de mi vida, quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad. Sabiendo que no existirá una forma de agradecer una vida de sacrificio y esfuerzo, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	15
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	20
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	21
1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	22
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.2.1. TÉCNICA.....	23
1.2.2. ECONÓMICA.....	23
1.2.3. ACADÉMICA.....	24
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.4. LIMITACIONES Y ALCANCES.....	24
1.4.1. LIMITACIONES.....	24
1.4.2. ALCANCES.....	25
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
2.1.1. PROYECTO LÍNEA 3 CEMENTO.....	27
2.1.2. EL PROYECTO MISTI.....	28
2.2. SUSTENTO TEÓRICO.....	28
2.2.1. MARCO TEÓRICO.....	29
2.2.1.1. DISPOSITIVOS DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.....	29
2.2.1.1.1. TABLERO DE CONTROL.....	30
2.2.1.1.2. ACCESORIO DE FINAL DE CARRERA SRBF-C- FESTO.....	31
2.2.1.1.3. UNIDADES DE FILTRO Y REGULADOR LFR/LFRS, SERIE D.....	31
2.2.1.1.4. SOLENOIDE BOBINA FESTO MSFG-24.....	32
2.2.1.1.5. MEDICIÓN DE NIVEL RADAR LEVELFLEX FMP50.....	33
2.2.1.1.6. SENSOR INDUCTIVOS TELEMECANIQUE XS6.....	33
2.2.1.1.7. SENSOR INDUCTIVO PEPPERL+FUCHS NJ15.....	34

2.2.1.1.8.	POSICIONADOR ELECTRO NEUMÁTICO SIPART PS2.....	35
2.2.1.1.9.	SECUENCIADOR PARA LIMPIADORA DE POLVO BB	36
2.2.1.1.10.	INTERRUPTOR DE NIVEL DE MEMBRANA	37
2.2.1.1.11.	MONITOR DE VELOCIDAD KF**-DWB-**1.D.....	38
2.2.1.2.	DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.....	39
2.2.1.2.1.	TRANSFORMADORES	39
2.2.1.2.2.	VARIADORES DE FRECUENCIA	41
2.2.1.2.3.	CENTROS DE CONTROL DE MOTORES (CCM).....	43
2.2.1.2.4.	UPS (UNINTERRUPTED POWER SYSTEM)	43
2.2.1.2.5.	INTERRUPTORES	44
2.2.1.2.6.	MÁQUINAS DE INDUCCIÓN.....	45
2.2.1.3.	EQUIPOS INVOLUCRADOS EN LA EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE DE CEMENTO.....	48
2.2.1.3.1.	SILOS DE ALMACENAMIENTO.....	48
2.2.1.3.2.	AERODESLIZADORES DE TRANSPORTE.	48
2.2.1.3.3.	ELEVADORES DE CANGILONES.	49
2.2.1.3.4.	FILTROS DE DESEMPOLVADO.	49
2.2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	49
2.2.2.1.	TÓPICOS DE INTERÉS PARA LA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA ENSACADORA.....	49
2.2.2.2.	FLUJOS DE POTENCIA	50
2.2.2.3.	ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO.....	52
2.2.2.4.	REGULACIÓN DE TENSIÓN	55
2.2.2.5.	PARTIDAS DE MOTORES	59
2.3.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	61
2.4.	HIPÓTESIS.....	62
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	62
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	62
 CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN		
3.1	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.1.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	63
3.1.1.1	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....	64
3.1.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	64
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	66

3.3	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.....	68
3.3.1	SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	68
3.3.2	SISTEMA DE TRANSPORTE.....	69
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR NFORMACIÓN	70
3.4.1.	TÉCNICA:	70
3.4.2.	INSTRUMENTO:.....	71
3.5	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	72
3.6	PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS	72
 CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.		
4.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	76
4.1.1	CONSIDERACIONES:	77
4.2	RECOLECCIÓN DE DATOS	81
4.3	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	85
4.3.1	VALIDACIÓN DE DATOS	85
4.3.2	COMPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN	89
4.4	MODELADO DEL SISTEMA	91
4.4.1	FLUJOS DE POTENCIA	91
4.4.1.1	NIVELES DE TENSIÓN EN BARRAS.....	92
4.4.1.2	CAPACIDAD DE SALAS ELÉCTRICAS.....	93
4.4.1.3	RESULTADOS DE FLUJO DE POTENCIA:.....	94
4.4.2	ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO	95
4.4.2.1	ANÁLISIS EN LA BARRA HAYER 4.....	96
4.4.2.2	RESUMEN DE RESULTADOS DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO 103	
4.4.3	PARTIDA DE MOTORES	105
4.5	ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	106
	CONCLUSIONES.....	107
	SUGERENCIAS.....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	110
	ANEXOS.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de un transformador de dos enrollados.	39
Figura 2. Armónicos en conexión Y.	41
Figura 3. Diagrama típico de un variador de frecuencia.	42
Figura 4. Formas de onda a la salida de un variador de frecuencia PWM.	42
Figura 5. (a) Rotor embobinado, (b) Rotor jaula de ardilla y (c) Esquema jaula de ardilla.	46
Figura 6. Circuito equivalente monofásico exacto (fig. superior) y aproximado (fig. inferior).	46
Figura 7. Curva Torque-velocidad máquina de inducción.	47
Figura 8. Sistemas de Equilibrio.	53
Figura 9. Sistemas de Equilibrio de fuerza transiente.	61
Figura 10. Etapas del proceso de transporte.	67
Figura 11. Modelo general creado en DIgSILET (Parte 1).	73
Figura 12. Modelo general creado en DIgSILET (Parte2).	74
Figura 13. Modelo general creado en DIgSILET (Parte 3).	75
Figura 14. Formato de inspección de motores.	81
Figura 15. Formato de inspección de instrumentos.	84
Figura 16. Extracto del Reporte entregado por display de medición del CCM Despacho de bombonas.	87
Figura 17. Extracto del Reporte entregado por display de medición del regulador de energía conectado en la sala Haver 4.	87
Figura 18. Resultado Flujo de potencia en CCM 900-I.	88
Figura 19. Resultado Flujo de potencia para CCM despacho de bombonas.	88
Figura 20. Opciones posibles en la entrega de resultados de un flujo de potencia.	91
Figura 21. Prueba termográfica en la barra de alimentación del TD Haver 4.	92
Figura 22. Resultado flujo de potencia en la Sala Eléctrica Haver 2.	93
Figura 23. Graficar digsilent short circuit de tensión y corriente 3F.	96
Figura 24. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 3F en barra HAVER 4.	97
Figura 25. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 2 por falla 3F en barra HAVER.	97

Figura 26. Comportamiento de la tensión en la barra de tablero de distribución ensacadora por falla 3F en barra HAVER.....	98
Figura 27. Graficar digsilent short circuit de tensión y corriente 2F.....	99
Figura 28. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 2F en barra HAVER 4	100
Figura 29. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 2 por falla 2F en barra HAVER 4	100
Figura 30. Graficar digsilent short circuit de tensión y corriente 1T.....	102
Figura 31. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 2F en barra HAVER 4	103
Figura 32. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 2F en barra HAVER 4	103
Figura 33. Corriente del motor del ventilador de filtro 1003 al simular estáticamente su partida.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la Tensión de entrada según EN 50160.....	55
Tabla 2. Motores que comprende el área de extracción y transporte de cemento.....	82
Tabla 3. Valores entregados para el CCM 900-I.....	86
Tabla 4. Promedios de Datos Obtenidos durante la semana.	89
Tabla 5. Resultados Obtenidos con el Programa DIGSILET al Simular un Flujo de Potencia.	90
Tabla 6. Resultados de flujo de potencia Feeder Panel.	94
Tabla 7. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3.	94
Tabla 8. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3.....	95
Tabla 9. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3.....	95
Tabla 10. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3.....	95
Tabla 11. Falla trifásica en la barra del TD Haver 4.....	96
Tabla 12. Falla bifásica en la barra del TD Haver 4.....	98
Tabla 13. Comportamiento de la falla en las líneas.....	99
Tabla 14. Falla de una fase a tierra en la barra del TD Haver 4.....	101
Tabla 15. Comportamiento de la falla en las líneas.....	101
Tabla 16. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA “TD SILO 7”.....	104
Tabla 17. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA “TD HAVER 3”.....	104
Tabla 18. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA “TD HAVER 2”.....	104
Tabla 19. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA “TD HAVER 4”.....	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tablero de control (TC 900).....	30
Gráfico 2. Final de carrera SRBF-C- FESTO	31
Gráfico 3. Regulador de filtro LFR/LFRS	32
Gráfico 4. Solenoide Bobina Festo MSFG-24	32
Gráfico 5. Nivel radar Levelflex FMP50	33
Gráfico 6. Sensor inductivo Telemecanique	34
Gráfico 7. Sensor inductivo Pepperl+Fuchs.....	35
Gráfico 8. Posicionador Electro neumático.....	36
Gráfico 9. Secuenciador de filtro.....	37
Gráfico 10. Interruptor de nivel de membrana.....	38
Gráfico 11. Monitor de velocidad.....	38
Gráfico 12. Centro de control de motores Allen Bradley	43
Gráfico 13. Fotografías que resumen los trabajos realizados en Sala eléctrica	78
Gráfico 14. Fotografías que resumen los trabajos realizados en el área de extracción de silos 1-2-3-4-5	79
Gráfico 15. Fotografías que resumen los trabajos realizados en el área del edificio Haver 1	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Listado de cables para equipos eléctricos	113
Anexo 2	Listado de señales de instrumentación y control	120
Anexo 3	Planos red line - as built	133
Anexo 4	Diagrama elaborado en DIgSILET	134

NOMENCLATURA

I	Corriente
V	voltaje
P	Potencia Activa
Q	Potencia Reactiva
S	Potencia aparente
R	Resistencia
AC/DC	Corriente Alterna/ Corriente Continua
C (t)	Variable controlada
CPU	Unidad Central de proceso
Hz	Hertz
I/O	Entrada/Salida
kW	Kilowatts
mA	Miliamperios
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
Ph	Fase
PLC	Controlador Lógico Programable
RPM	Revoluciones por minuto
UPS	Unidad de respaldo de energía
VAC	Voltaje Corriente Alterna
VDC	Voltaje Corriente Directa

ABREVIATURAS

TD	Tablero de distribución
CCM	Centro de control de motores
SE	Sala Eléctrica
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos – Estados Unidos
ANSI	Instituto Nacional de Estándares Americanos
SEP	Sistema eléctrico de potencia

RESUMEN

El presente trabajo se investigación en una planta de cemento en el área de la línea de despacho, teniendo como objetivo consolidar las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a Haver 1, 2 y 3, se emplea la investigación del tipo descriptiva, para la cual la información se obtiene a través de inspección, observación directa, entrevistas y orientación planteadas a los encargados de la línea de despacho, y así mismo los instrumentos de medición, utilizando el multítester digital, pinzas amperimétricas y otros, los instrumentos requeridos para documentar, utilizando archivos digitales, planos de referencias y manuales, con la toma de datos se procede a la creación de un modelo del sistema eléctrico de potencia confiable con la ayuda de un software que permita evidencia problemas, a causa del incremento de la producción, como derrames de cemento y fallas de equipos. Para poder solucionar estos problemas se cumplió a cabalidad la consolidación de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a Haver 1, 2 y 3. Es decir, al reforzar la línea de despacho se logró la fluidez que se requería para ser una planta automatizada, reduciendo de manera significativa el contacto del personal con el polvo de cemento y cantidad de paradas por fallas en los equipos. Para hacer confiable y seguro el análisis de caída de tensión, en las líneas, se realiza empleando el software DigSilent PowerFactory obteniendo resultados satisfactorios.

Palabras claves: Consolidación, planta de cemento, Modelamiento con DigSilent PowerFactory, Ensacadora Haver.

ABSTRACT

The present work is research in a cement plant in the area of the cutting line, aiming to consolidate the electrical installations of force, control and instrumentation for the extraction and transport of cement to Haver 1, 2 and 3, the research of the descriptive type, for which the information is obtained through inspection, direct observation, interviews and guidance to the people in charge of the cutting line, as well as the instruments of measurement, using the digital multi-tester, amperometric clamps and others, files for documents, files for digital documents, plans for references and manuals, for data collection, for the creation of a power system model, reliable for the support of software allowing evidence of problems, because of increased production, such as cement spills and equipment failures. In order to solve these problems, the consolidation of the electrical installations of the force, the control and the instrumentation for the extraction and transport of cement to Haver 1, 2 and 3 was fulfilled. In other words, when reinforcing the drainage line, achieved the fluidity required for an automated plant, significantly reducing staff contact with cement dust and the number of shutdowns due to equipment failures. To make reliable and reliable analysis of voltage drop, in the lines, is done using the software DigSilent PowerFactory obtaining satisfactory results.

Keywords: Modernization, cement plant, DigSilent PowerFactory Modeling, Haver Bagging.

INTRODUCCIÓN

La finalidad de consolidar las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a los sistemas de despacho (Haver), es optimizar la calidad de la energía eléctrica y tener un mayor control de los instrumentos, para que posibilite competir adecuadamente en el mercado, al aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto, disminuir los riesgos, mejorar el ambiente de trabajo y reducir los niveles de contaminación durante sus procesos de producción, todo esto encaminado a lograr beneficios económicos y laborales.

Tomando en cuenta que las modificaciones pueden incluir adiciones, cambios o reemplazo de equipos existentes, y de esta manera poder controlar y monitorear casi en su totalidad la operación desde una estación central, facilitando la supervisión de los parámetros involucrados y además reduciendo la exposición directa del personal de planta a agentes que pueden resultar nocivos para la salud de los trabajadores.

Este trabajo permitió evidenciar, explicar y en algunos casos, resolver una serie de problemas existentes en la planta, como por ejemplo el derrame constante de cemento por medio de las compuertas de transporte y las válvulas de extracción, que por la antigüedad de los instrumentos no accionaban correctamente, las fallas en los motores y botoneras o la mala calidad de tensión en algunos puntos del sistema. Además de crear un modelo en sí mismo constituye una base de datos actualizada que permite conocer información de gran utilidad como lo es el nivel de cortocircuito en diversos puntos del sistema eléctrico.

En el presente trabajo me propuse a la creación de un modelo del sistema eléctrico de potencia de todas las instalaciones de la ensacadora que comprende la planta cementera

YURA S.A., mediante el uso del software de ingeniería eléctrica DigSilent PowerFactory, enfocándose principalmente en las instalaciones de extracción y transporte de cemento a haver 1, 2, 3 y 4. Adicionalmente, se busca tener una base de datos actualizada del sistema eléctrico y realizar diversas simulaciones y trabajos, que permitan evidenciar problemas y buscar posibles soluciones.

Una vez que se consiguió que el modelo creado en DigSilent, arrojará resultados muy similares a los observados en el sistema eléctrico real, se comenzó a realizar diversas simulaciones de flujos de potencia, análisis de cortocircuito y arranque de motores.

Esta tesis se divide en los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Este capítulo entrega una breve descripción del problema y justificando lo que conlleva esta investigación. Además se plantean los objetivos y por último, se describe la estructura de ésta.

Capítulo 2: En este capítulo se describen brevemente los dispositivos eléctricos, control e instrumentos más relevantes presentes en la planta. Además se presenta una breve introducción a los diferentes tópicos de interés para la modelación y simulación de la Planta.

Capítulo 3: En este capítulo se incluye una descripción del proceso de extracción y transporte de cemento y del sistema eléctrico asociado, que será modelado. Además se explica la metodología utilizada en la creación del modelo y cómo se fue validando hasta llegar al sistema final.

Capítulo 4: Este capítulo presenta los resultados obtenidos al realizar distintas simulaciones de flujos de potencia, análisis de cortocircuito y arranque de motores.

Conclusiones: En este capítulo se presentan las principales conclusiones obtenidas de este trabajo y se propone algunas líneas futuras de desarrollo para el modelo creado

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La investigación de este trabajo se realiza por el interés de consolidar las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a HAVER 1, 2 y 3. Dado que la misión de la empresa es ofrecer y fabricar cemento en sus diferentes presentaciones mediante un sistema que garantice la más alta calidad, en condiciones de competitividad en forma rentable para la empresa, se hace necesario el estudio y actualización de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para las áreas de extracción y transporte de cemento, el cual no se encuentra adecuado a las necesidades de ésta. Sus equipos se encuentran desactualizados tecnológicamente, poniendo en peligro y riesgo inminente la seguridad de sus trabajadores y de la planta en

general. Igualmente, existe una alta frecuencia en las labores de mantenimiento correctivo la cual se traduce en paradas del proceso de producción.

Como es normal el paso del tiempo afecta a las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación del área de despacho a través del proceso de deterioro natural de sus componentes, como ocurre con casi todo en la vida; los cambiantes mercados, una población más exigente y las nuevas tecnologías originan que las instalaciones antiguas y nuevas se enfrenten con nuevos tiempos y nuevos desafíos, y el área de despacho no escapa de esta situación. por tal razón el Departamento de Optiprosesos, solicita la propuesta para modernizar las instalaciones de la ensacadora, con la finalidad de satisfacer los estrictos requisitos de disponibilidad, ocupación, espacio y medio ambiente, para ello se tomarán en cuenta estándares, regidos por bases comunes, tales como: monitorear, controlar, seguridad, confiabilidad, simplicidad, calidad del energía, mantenimiento, flexibilidad y costo. En tal sentido, este proyecto está orientado a evaluar las instalaciones eléctricas de la línea de despacho y mejorar las instalaciones eléctricas, control e instrumentación, con el fin de recomendar una tecnología que vislumbre excelentes beneficios para el correcto manejo y control de la extracción y transporte de cemento y por consiguiente de toda el área de despacho.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ante esta problemática se tiene las siguientes interrogantes.

1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo consolidar las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a HAVER 1, 2 y 3?

1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- a) ¿Porqué diagnosticar la situación actual de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación?
- b) ¿Cómo realizar una comparación entre lo simulado y lo medido en planta, para evidenciar problemas de tensión y corriente?
- c) ¿Qué criterios se tomarán para la entrega de base de datos actualizada de los equipos e instrumentos a planta?

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

La plata cementera contaba en un inicio con dos líneas de producción y debido al crecimiento de la demanda en los últimos años se tuvo la necesidad de incrementar una tercera línea de producción con una capacidad mucho mayor, y esto implica que la ensacadora debería sufrir una ampliación o en su defecto reforzar las instalaciones existentes.

Esta condición requerirá un aumento en el suministro de energía eléctrica, lo que demandará una reconfiguración de la distribución eléctrica existente, reubicación de cargas e instalación de equipo nuevo para la ampliación del sistema, así como la repotenciación del sistema eléctrico, control e instrumentación a una mayor capacidad para solventar la nueva demanda de cargas, lo cual implicaría un cambio de capacidad eléctrica de 2,560 a 3,500 kW.

Al implementar un sistema eléctrico, control e instrumentación actualizado en las instalaciones de la ensacadora, es optimizar la calidad de la energía eléctrica, dadas las condiciones eléctrica existente, se plantea crear un modelo en DigSILENT, que resulta

necesario y recomendable realizar los análisis de cortocircuito del sistema eléctrico de la ensacadora, con el fin de garantizar la seguridad y confiabilidad operativa de las instalaciones, a fin de optimizar el desempeño del sistema eléctrico.

El cálculo de corrientes de cortocircuito es necesario para el dimensionamiento de los equipos eléctricos, conductores, así como para llevar a cabo el cálculo de los ajustes de los dispositivos de protección.

Para realizar los estudios descritos anteriormente se utilizó el software de Análisis de Sistemas de Potencia, DigSilent Power Factory 15.1.

Este trabajo se justifica por los siguientes aspectos:

1.2.1. TÉCNICA

Aportar beneficios para la empresa cementera, ya que la mejora del sistema eléctrico, control e instrumentación, garantizará un mayor rendimiento y optimización del proceso, proporcionando mejoras en la producción, productividad, rentabilidad y bienestar de la empresa, con esto se logra mejor calidad de la energía eléctrica, mejor nivel de voltaje, mejorar el monitoreo y seguimiento del proceso, se garantiza la seguridad de los trabajadores.

1.2.2. ECONÓMICA

Se reduce el número de paradas innecesarias, número de fallas y su frecuencia en el sistema eléctrico, monitoreo y seguimiento del proceso, bajando los costos de mantenimiento y producción significativamente, facilita la detección de fallas, igualmente se disminuye el tiempo que demoraba el despacho de cemento.

1.2.3. ACADÉMICA

El presente trabajo sirve de apoyo para investigaciones futuras relacionadas con modernizaciones y/o actualizaciones de la línea de despacho de cemento, al crear bases que permitan especificar las características técnicas, físicas y funcionales de una ensacadora de cemento.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Consolidar las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a Haver 1, 2 y 3.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a) Diagnosticar la situación actual de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación.
- b) Realizar una comparación entre lo simulado y lo medido en planta, para evidenciar problemas de tensión y corriente.
- c) Entregar una base de datos actualizada de los equipos e instrumentos a planta

1.4. LIMITACIONES Y ALCANCES.

1.4.1. LIMITACIONES

El presente proyecto se realizará dentro del marco de referencia de la empresa YURA S.A., el cual limita o define los alcances del mismo. Entre las características de dicho marco se resaltan las siguientes:

- El estudio está dirigido al sector de la ensacadora de la planta cementera, siendo éste el más representativo en cuanto a la consolidación.

- La empresa desea mantener algunos detalles de la información en reserva por cuestiones de seguridad.
- La empresa contratista está limitada a realizar trabajos de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación.
- El espacio físico destinado para la consolidación de la planta, ya está definido por la empresa.

1.4.2. ALCANCES

a) ALCANCES DE LA TESIS

- El presente trabajo comprende la creación de un modelo computacional, creado en el software de ingeniería eléctrica DigSILENT que permite realizar diferentes simulaciones como flujos de potencia, análisis de cortocircuito, entre otros.
- Se busca que el modelo creado sea lo más similar al sistema eléctrico de potencia real de la plantas, enfocando mayoritariamente los esfuerzos a la modelación del sistema eléctrico de las instalaciones de la ensacadora ente ellas la extracción y transporte de cemento.

b) ALCANCES DEL PROYECTO

- Ejecución de todas las actividades para la instalación del sistema de aterramiento para instalaciones eléctricas y de instrumentación a sistema existente.
- Elaboración, revisión y replanteo de planos de ingeniería de detalle,
- Fabricación y montaje de soportes para bandejas porta cables, tuberías conduit, tablero de control, CCM's, equipos de mando, control e instrumentación.
- Montaje de bandejas porta cables tipo escalerilla, tipo malla, tuberías conduit, tablero de control, CCM's, equipos de mando, control e instrumentación.

- Tendido y peinado de cables de: fuerza, control, instrumentación y redes de comunicación.
- Rotulado de todos los cables y Conexionado en: tableros de control, CCM's, motores, instrumentos de mando, control e instrumentación según planos eléctricos
- Pruebas y comisionamiento de los equipos eléctricos, control e instrumentación con sus respectivos protocolos de pruebas.
- Elaboración de dossier de calidad con todos los protocolos de las pruebas realizadas a todos los equipos eléctricos, instrumentos de mando, control e instrumentación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Yura S.A. ha demostrado, a través de importantes inversiones realizadas durante los últimos años, su compromiso con el proceso de desarrollo del sur del país, suministrando productos y servicios de alta calidad con miras al logro de la satisfacción de los requerimientos de sus clientes. Como antecedente a la modernización de la ensacadora Cementos Yura –Holding Cementero del Sur, del Grupo Gloria, realizó proyectos de inversión en activos fijos (nueva línea de producción N° 3) que aumentó la producción.

2.1.1. PROYECTO LÍNEA 3 CEMENTO

Yura S.A., empresa cementera del grupo Gloria, ha puesto en marcha una nueva y moderna línea de producción, con lo que garantiza el abastecimiento de cemento a todos los proyectos mineros y constructivos de la región. Sus 3.2 millones de toneladas de

cemento y 2.3 millones de toneladas de clinker anuales le permiten ser mucho más competitiva y contar con una mayor capacidad para cubrir la demanda interna e incursionar en nuevos mercados, equipando sus procesos con tecnología de última generación y constituyéndose en un importante eje de desarrollo. (Minería, 2013)

La población será beneficiada con productos innovadores y un abastecimiento oportuno a todos los proyectos que se desarrollen, tales como centros comerciales, edificios y viviendas, y el desarrollo de vías de pavimento rígido, que tienen menor costo y mayor vida útil que otras alternativas, mientras que los proyectos mineros tendrán la seguridad de contar con este valioso insumo en sus labores.

2.1.2. EL PROYECTO MISTI

Es la ampliación de una línea más, en la fabricación de Cemento Yura S.A.. El proyecto consta de la construcción de un silo de cemento y las estructuras para la instalación de un molino vertical Loesch y la línea 4. Cementos Yura S.A. ampliará la molienda, almacenamiento y despacho de su cementera, con una inversión de 90 millones de dólares. Su ejecución permitirá tener una producción de 180 toneladas de cemento por hora. Por su parte la nueva línea de producción de Clinker (principal componente del cemento) utilizará un nuevo sistema de chancado primario y transporte de caliza desde las canteras. La inversión para esta nueva planta es de 38 millones dólares y estará produciendo en julio del 2016. (Sika, 2014, pág. 2)

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

En el presente sustento presenta un resumen de los conceptos, criterios y aspectos más importantes dentro del estudio del trabajo, herramienta que permite a cualquier empresa,

industria o lugar de trabajo donde se lleve a cabo algún proceso productivo el cumplimiento de sus metas fundamentales.

El conocimiento y dominio de tales conceptos constituyeron la base de partida para la realización de este proyecto, y representan el primer paso en el Estudio del Trabajo, expresión que también es definida posteriormente.

2.2.1. MARCO TEÓRICO

La línea de despacho de cemento consta de diferentes áreas y equipos, los cuales facilitan y optimizan la labor de extracción y transporte del producto, entre ellos encontramos a los equipos involucrados que agilizan el transporte es el caso de los canalones, elevadores, transportadores tipo gusano, cribas vibratorias, etc.; también encontramos dispositivos eléctricos de la línea de despacho; transformadores eléctricos, variadores de frecuencia, centro de control de motores, UPS, etc., Antes de involucrarnos directamente con el proceso hemos creído conveniente hacer una descripción previa del funcionamiento general de cada uno de los equipos antes mencionados con el fin de familiarizarnos con cada uno de ellos, agrupándolos de la siguiente manera.

- Dispositivos de control e instrumentación más relevantes de la línea de despacho.
- Dispositivos eléctricos más relevantes de la línea de despacho
- Equipos involucrados en la extracción y transporte de cemento

2.2.1.1. DISPOSITIVOS DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

Los dispositivos de control e instrumentación más relevantes de la línea de despacho fueron:

2.2.1.1.1. TABLERO DE CONTROL.

El tablero de control utilizado en el proyecto fue de Rockwell Automation el cual ofrece a sus clientes una solución de revestimiento de conformación (el revestimiento de conformación es un proceso que consiste en atomizar un material no conductor, aislante, sobre un dispositivo o un componente para protegerlo contra humedad, moho, polvo, corrosión, abrasión y otros agresores ambientales, se trata de una película delgada que se conforma a los distintos perfiles de un ensamblaje) en determinados productos para mejorar la protección en lugares ambientales hostiles como son las instalaciones de línea de despacho.

Nuestros módulos basados en chasis de E/S ControlLogix® Boletín 1756 brindan una amplia gama de control de movimiento digital, digital de diagnóstico, analógico y E/S especiales para satisfacer las necesidades de sus aplicaciones. Puede usar cualquiera de los módulos de E/S en el chasis local de un controlador ControlLogix o en un chasis vinculado a un controlador ControlLogix en redes ControlNet™ o EtherNet/IP™. (Allen-Bradley, 2015)

Gráfico 1. Tablero de control (TC 900)



Fuente: Empresa SELMEC S.R.L.

2.2.1.1.2. ACCESORIO DE FINAL DE CARRERA SRBF-C- FESTO

El accesorio de final de carrera SRBF-C es apropiado para el uso en la industria de procesos y en el sector industrial. Conforme a lo previsto, el accesorio de final de carrera SRBF-C sirve para la detección, transmisión e indicación de las posiciones finales de actuadores giratorios en instalaciones de control de proceso. Para ello, mediante el accesorio de final de carrera se detecta la posición de válvula (abierta o cerrada) de la válvula de proceso que está en funcionamiento.

Para el funcionamiento son adecuados los actuadores giratorios para accionar, con movimientos lentos y ciclos pequeños, válvulas de cierre y válvulas de bola en válvulas para procesos continuos (válvulas orientables) en las que fluye el medio. (Festo, SRBF-C., 2015)

Gráfico 2. Final de carrera SRBF-C- FESTO



Fuente: www.festo.com/catalogue/.

2.2.1.1.3. UNIDADES DE FILTRO Y REGULADOR LFR/LFRS, SERIE D

De acuerdo al uso previsto, la unidad de filtro y regulador LFR(S) y el regulador de presión LR(S) regulan el aire comprimido en el ramal subsiguiente a la presión de salida establecida p2. Con ello el LFR(S)/LR(S) filtra las oscilaciones de la presión. La presión de salida p2 puede ajustarse dentro del margen de regulación de presión.

La unidad de filtro y regulador LFR(S) y el filtro LF con separador de agua quitan las partículas de suciedad y el condensado; el filtro micrónico/submicrónico LFM... partículas de suciedad y gotas de aceite y el filtro de carbón activo LFX componentes gaseosos de aceite del aire comprimido conducido. (Festo, LFR/LFRS, 2015)

Gráfico 3. Regulador de filtro LFR/LFRS



Fuente: http://eplandata.de/portal/es_ES/part/FES.159584.

2.2.1.1.4. SOLENOIDE BOBINA FESTO MSFG-24

Un solenoide es cualquier dispositivo físico capaz de crear un campo magnético sumamente uniforme e intenso en su interior, y muy débil en el exterior. Un ejemplo teórico es el de una bobina de hilo conductor aislado y enrollado helicoidalmente, de longitud indeterminada. En ese caso ideal el campo magnético sería uniforme en su interior y, como consecuencia, afuera sería nulo.

Gráfico 4. Solenoide Bobina Festo MSFG-24



Fuente: <http://Festo-MSFG-24-42-50-60-Solenoid-Coil-and-Connector-Quantity-4-/201006324362>.

2.2.1.1.5. MEDICIÓN DE NIVEL RADAR LEVELFLEX FMP50

El amplio abanico de principios de medición disponibles permite hallar la solución ideal con facilidad. No hay ningún principio que se adapte a todas las áreas de aplicación. Por ello, es necesario elegir sistemas de medición que resulten fiables bajo las condiciones de trabajo de cada aplicación en particular y, a su vez, que cumplan las expectativas económicas futuras.

La serie Levelflex FMP50 es un transmisor inteligente alimentado por el lazo para medición de nivel e interfases basado en la tecnología de radar de onda guiada. El instrumento proporciona mediciones fiables de líquidos y lodos, incluso para condiciones rigurosas, gracias al avanzado procesamiento de señales con muestreo digital y una alta relación de señal con respecto al ruido. (EndresHauser, 2012)

Gráfico 5. Nivel radar Levelflex FMP50



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/endress-hauser-ag/product-4726-1095447.html>.

2.2.1.1.6. SENSOR INDUCTIVOS TELEMECANIQUE XS6

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Los sensores de proximidad inductivos se utilizan en millones de aplicaciones en prácticamente todos los ramos industriales. Detectan sin contacto objetos de metal, y destacan por su prolongada vida útil y por su extrema resistencia. Los sensores incluyen la más avanzada tecnología ASIC y proporcionan, así, fiabilidad y precisión máximas. Sensores cilíndricos o cuadrados, con distancias de conmutación sencillas, dobles o triples y sensores especiales para zonas potencialmente explosivas o para entornos muy exigentes. (Telemecanique, 2015)

Gráfico 6. Sensor inductivo Telemecanique



Fuente: http://www.Telemecanique-PNP-3-Wire-Inductive-Proximity-Sensor-Switch-Sn15mm-XS6-M30-Thread-/351938331896?_ul=BO

2.2.1.1.7. SENSOR INDUCTIVO PEPPERL+FUCHS NJ15

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida.

Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación.

El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF". El funcionamiento es similar al capacitivo; la bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado. (Pepperl+Fuchs, 2011)

Gráfico 7. Sensor inductivo Pepperl+Fuchs



Fuente: http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_1830.htm?view=productdetails&prodid=48347

2.2.1.1.8. POSICIONADOR ELECTRO NEUMÁTICO SIPART PS2

Los posicionadores electroneumáticos SIPART PS2 se utilizan para regular la posición de las válvulas actuadas mediante actuador lineal o de giro. El posicionador electroneumático provoca en el actuador forzadamente una posición de válvula conforme al valor de consigna. Con entradas de función adicionales es posible activar el bloqueo o una posición de seguridad de la válvula.

Función

- El posicionador electroneumático, junto con un accionamiento, forma un sistema de regulación. La posición actual del accionamiento se captura mediante un potenciómetro y se notifica como valor real x . En el display se muestran simultáneamente la consigna y el valor real.

- Para poder utilizar el posicionador en una gran variedad de actuadores de giro y lineales con características mecánicas diferentes, este incorpora un acoplamiento de fricción y un reductor conmutable (Siemens, 2014)

Gráfico 8. Posicionador Electro neumático



Fuente: <http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/posicionadores/pages/posicionador-con-sistema-electronico-de-regulacion-remoto.aspx>

2.2.1.1.9. SECUENCIADOR PARA LIMPIADORA DE POLVO BB

Este controlador electrónico es autónomo, programable, realiza el control de la limpieza en filtros de mangas con mecanismo Pulse Jet de acuerdo a la configuración de intervalos y tiempo de apertura de las electroválvulas. Estos parámetros son configurables y su valor está regido o bien por los parámetros de construcción del filtro, o por la experiencia que se tenga sobre su funcionamiento.

Es un equipo muy versátil, ya que puede ser usado con manómetros de presión diferencial que posean salida a relé o contactos secos para que se esté realizando ciclo de limpieza únicamente cuando la presión diferencial en el filtro entre la cámara de aire sucio y la cámara de aire limpio supere cierto valor y existen dos modelos, uno de hasta 6 salidas, y otro de hasta 22 salidas para solenoides independientes (ESA, 2016)

Gráfico 9. Secuenciador de filtro

Fuente: catalogo ESA, Empresa SELMEC S.R.L.

2.2.1.1.10. INTERRUPTOR DE NIVEL DE MEMBRANA

El indicador de nivel de la AM se utiliza en muchos productos a granel para la plena viril, vacía o la detección de la demanda en las pequeñas y medianas silos y tolvas. El diseño simple de este sensor permite un precio solución digna fiable y muy para la indicación de nivel automático.

El MFE es un indicador de nivel para la detección lleno, vacío o la demanda de granulados y productos a granel en forma de granos con un tamaño de grano máximo de 30 mm. Se utiliza principalmente en silos, tolvas, o bins. El sensor se puede configurar de manera óptima para cualquier aplicación con una gran cantidad de opciones. El MFEF configuración del sensor con una pestaña rebajada, por ejemplo, evita depósitos de sólidos a granel delante de la membrana. (Mollet, 2010)

Gráfico 10. Interruptor de nivel de membrana

Fuente: <http://www.mollet-level.com/products/mf-membrane-level-indicator/overview/mfe.html>

2.2.1.1.11. MONITOR DE VELOCIDAD KF**-DWB-**-1.D

Las unidades de evaluación de impulsos, de elevada funcionalidad, procesan una señal de entrada de frecuencia. Según la versión, se pueden conectar sensores NAMUR o de 3 hilos. Un sistema de supervisión de errores señala una rotura o un cortocircuito en los cables.

La unidad se puede programar fácilmente mediante un teclado situado en la parte delantera de la unidad. (Pepperl-Fuchs, 2016)

Gráfico 11. Monitor de velocidad

Fuente: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_24.htm?view=productdetails&prodid=48345

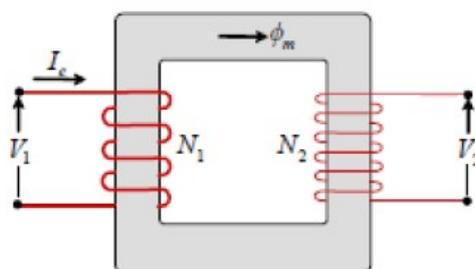
2.2.1.2. DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

Los dispositivos eléctricos más relevantes de la línea de despacho fueron:

2.2.1.2.1. TRANSFORMADORES

La gran mayoría de los transformadores presentes en la planta, son trifásicos. Como el transformador trifásico puede formarse a partir de 3 transformadores monofásicos, es importante entender cómo funcionan estos. Consiste en 2 bobinas independientes, una de N_1 vueltas y otra de N_2 vueltas, colocadas en torno a un núcleo de material ferromagnético (Figura 2.1)

Figura 1. Modelo de un transformador de dos enrollados.



Fuente: W. Brokering Christie, 2006

Si a uno de estos enrollados, al primario por ejemplo, se conecta a una fuente de tensión alterna, circulará por el enrollado una corriente la cual generará un flujo magnético cuya intensidad dependerá de la tensión aplicada y el número de vueltas del enrollado primario. Este flujo a su vez al pasar por el otro enrollado, secundario en este caso, inducirá una tensión cuya magnitud depende de la magnitud del flujo y el número de vueltas del enrollado secundario, es decir:

$$E_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad \dots(\text{Ec. 01})$$

$$E_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad \dots(\text{Ec. 02})$$

Tales que:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \dots(\text{Ec. 03})$$

Donde:

N_1 = Espiras de los devanados primarios

N_2 = Espiras de los devanados secundarios

E_1 = Fuerza electromotriz inductora

E_2 = Fuerza electromotriz inducida

Componentes Armónicas

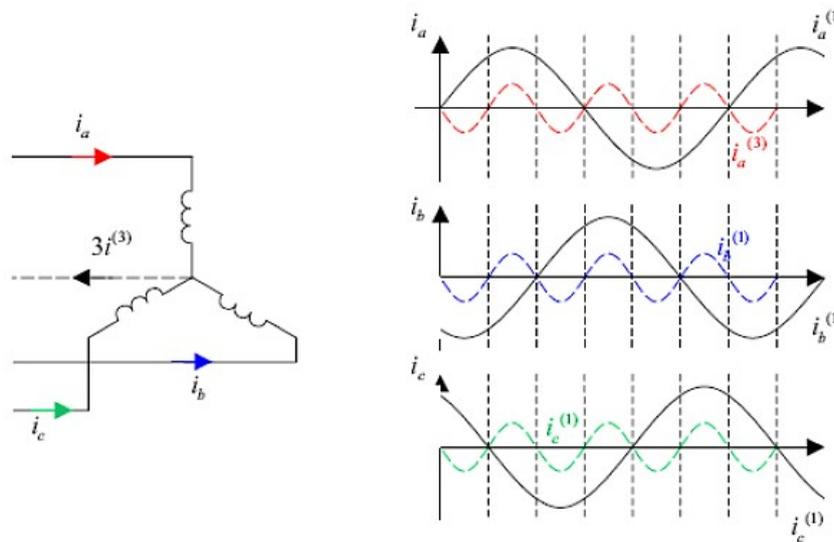
Uno de los puntos importantes para el desarrollo de este trabajo es la presencia de componentes armónicas, que pueden ser una variable importante a considerar al momento de realizar un estudio de distorsión armónica.

Es sabido que si el punto de operación del transformador está en la zona del codo de saturación del núcleo, esto provocará la aparición de corrientes de magnetización con alto contenido de 3° armónica. A continuación, se analizará que ocurre en cada tipo de conexión (Chile, 1996).

- Primario en Y:

Si la tensión aplicada es sinusoidal, la corriente por enrollado tendrá una componente fundamental y una de 3° armónica. Como se ve en la Figura 2.2, la componente fundamental, al estar desfasadas en 120°, suman 0 en todo momento, en cambio la componente de 3° armónica está en fase en los tres enrollados y poseen la misma amplitud, i.e. por el neutro se devolverá la suma de estas corrientes de 3° armónica.

Figura 2. Armónicos en conexión Y.



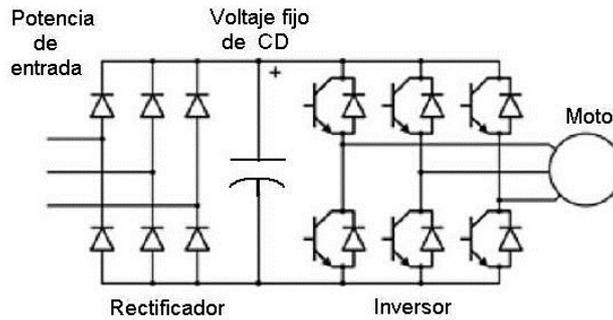
Fuente: W. Brokering Christie, 2006

2.2.1.2.2. VARIADORES DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia es un dispositivo que permite controlar la velocidad rotacional de un motor a través de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Dentro de las principales ventajas de usar estos dispositivos se encuentran:

Los variadores de frecuencia más empleados en la planta son los que emplean PWM PowerFlex (Allen Bradley, Modulación por Ancho de Pulsos) y usan en el circuito de entrada puente de diodos rectificadores. En el circuito intermedio poseen condensadores y algunas bobinas para linealizar la tensión rectificada y además disminuir el contenido armónico de la corriente generada por el variador de frecuencia y por ende mejorar el factor de potencia. A continuación se muestra un esquema típico de un Variador de Frecuencia tipo fuente de voltaje:

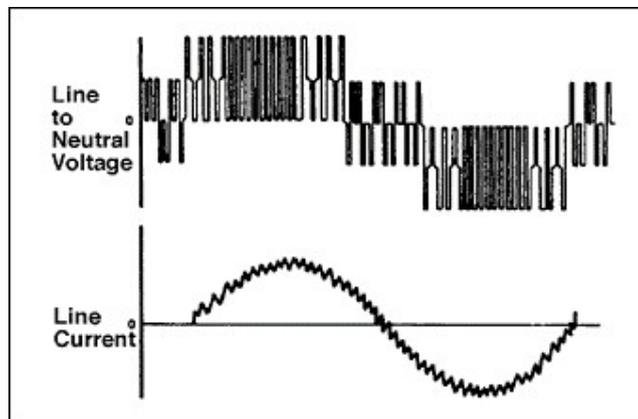
Figura 3. Diagrama típico de un variador de frecuencia.



Fuente: Maloney, 2006

Es importante saber cómo son las formas de onda que se obtienen a la salida de un variador y de qué formas estas pueden afectar al sistema. En el caso de los Variadores de frecuencia tipo fuente de voltaje tienen formas como las de la Figura 2.4, donde se aprecia como la corriente es bastante sinusoidal, pero el voltaje no, debido a la utilización de PWM.

Figura 4. Formas de onda a la salida de un variador de frecuencia PWM.



Fuente: Electronics, 2010

Otro tema de interés para el estudio que se realizará, es la distorsión armónica que aportan al sistema. Cada Variador de Frecuencia aporta distintos niveles de distorsión armónica. Los variadores más utilizados en la planta son los FRN PowerFlex (Allen Bradley); los cuales producen una distorsión armónica conocida.

2.2.1.2.3. CENTROS DE CONTROL DE MOTORES (CCM)

Un centro de control de motores es un tablero en el que se alojan, en compartimientos individuales, los equipos necesarios para el óptimo arranque y protección de motores eléctricos.

Los CCM son utilizados como eslabón de unión entre los equipos de generación y los consumidores finales tales como motores, equipos de climatización, etc. Los CCM ofrecen la ventaja de integrar dentro de un mismo gabinete los sistemas arrancadores de motores de distintas áreas de una planta así como el sistema de distribución de la misma, al utilizar este equipamiento se reducen los costos ya que la líneas de alimentación llegan a un solo lugar (el MCC) y desde allí salen los cables de poder y de control hacia las cargas finales. (Allen Bradley, 2016)

Gráfico 12. Centro de control de motores Allen Bradley



Fuente: Empresa SELMEC S.R.L.

2.2.1.2.4. UPS (UNINTERRUPTED POWER SYSTEM)

Un sistema de alimentación ininterrumpida o Uninterrupted Power System (UPS), es un dispositivo que gracias a sus baterías, puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados. Otra de las funciones de los UPS es

la de mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red en el caso de usar corriente alterna.

Los UPS dan energía eléctrica a equipos llamados cargas críticas, como pueden ser aparatos médicos, industriales o informáticos que, como se ha mencionado anteriormente, requieren tener siempre alimentación y que ésta sea de calidad, debido a la necesidad de estar en todo momento operativos y sin fallos (picos o caídas de tensión).

2.2.1.2.5. INTERRUPTORES

El interruptor es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal, como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

La selección de un interruptor para una determinada aplicación consiste en definir un conjunto de valores que limitan las condiciones de operación máximas del interruptor. Los parámetros a indicar son algunos de los cuales deben tenerse presente:

Tensión nominal: Es el máximo valor efectivo de tensión al cual el interruptor puede operar en forma permanente. En general esta tensión es mayor al voltaje nominal del sistema.

Corriente nominal: Es el máximo valor efectivo de corriente que puede circular a través del interruptor en forma permanente, a frecuencia nominal, sin exceder los límites máximos de temperatura de operación indicados para los contactos.

Es importante destacar que los interruptores instalados a alturas superiores a los 1000 m sobre el nivel del mar, como es el caso de la cementera YURA S.A. , modifican sus valores nominales de voltaje y corriente para considerar el efecto de enrarecimiento del aire que afecta las condiciones de ventilación, así como de aislación del interruptor. La relación de los valores nominales en función de la altura de instalación, está dada por cada fabricante.

2.2.1.2.6. MÁQUINAS DE INDUCCIÓN

1) Estructura

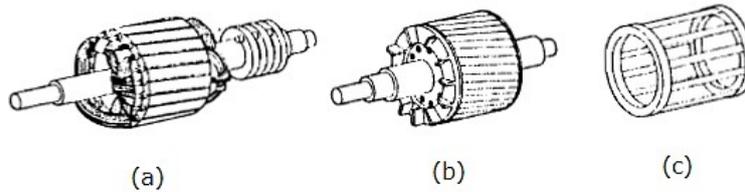
Las máquinas de inducción están constituidas básicamente por una parte móvil llamada rotor y una parte fija llamada estator. Las corrientes alternas circulan tanto en el estator como en el rotor. El enrollado de este último, no posee alimentación propia y puede ser de tipo embobinado o de tipo jaula de ardilla.

El estator está compuesto por un paquete de láminas de acero aisladas entre sí, con el objeto de reducir pérdidas en el núcleo. Sus enrollados van alojados en ranuras axiales practicadas en el núcleo, debidamente aisladas. El enrollado del estator se puede disponer de varias maneras, siendo la más utilizada el denominado imbricado.

El embobinado, posee un enrollado similar al del estator que lleva el mismo número de polos. Los terminales del enrollado del rotor van conectados a anillos rasantes aislados, montados sobre el eje. Mediante escobillas de carbón o cobre se llevan las conexiones del rotor fuera de la máquina.

El segundo tipo, jaula de ardilla, consiste en barras conductoras que están alojadas en la ranura del motor y cortocircuitadas entre sí en ambos extremos por anillos conductores, tal como se aprecia en la Figura 6

Figura 5. (a) Rotor embobinado, (b) Rotor jaula de ardilla y (c) Esquema jaula de ardilla

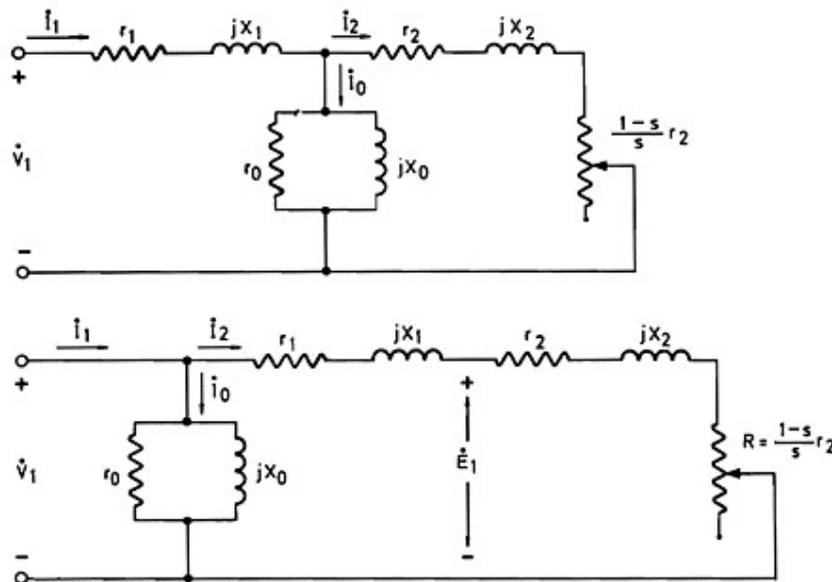


Fuente: Gutierrez A., 2000

Circuito equivalente

Se puede demostrar que un circuito equivalente por fase que permite modelar el comportamiento de la máquina de inducción trifásica es el que se presenta a continuación, en su versión exacta y aproximada.

Figura 6. Circuito equivalente monofásico exacto (fig. superior) y aproximado (fig. inferior).



Fuente: Gutierrez A., 2000

Donde cada parámetro de la figura anterior representa lo siguiente:

r_1 : Pérdidas en el enrollado del estator

X_1 : Pérdidas por flujos de fuga en el estator.

r_0 y X_0 : Pérdidas en vacío tales como pérdidas en el fierro del rotor y del estator, pérdidas por roce (en aire y descansos) y pérdidas adicionales.

r_2 : Pérdidas en el enrollado del rotor

X_2 : Pérdidas por flujos de fuga en el rotor.

$r_2(\frac{1-s}{s})$: Resistencia en el eje, representa a la carga mecánica.

Del circuito equivalente aproximado se deduce que:

$$I_2 = \frac{V_1}{(r_1 + \frac{r_2}{s}) + j(X_1 + X_2)} \quad \dots(\text{Ec. 04})$$

Luego, la potencia mecánica total, equivalente a tres veces la potencia disipada en la resistencia R, será la que sigue:

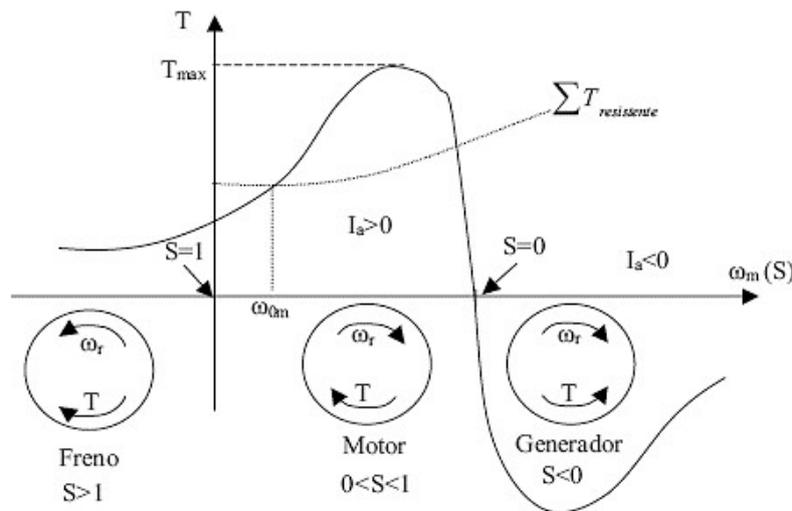
$$P_{mec,3\phi} = 3 \cdot r_2 \cdot \frac{1-s}{s} \cdot |I_2|^2 = 3 \cdot r_2 \cdot \frac{1-s}{s} \cdot \frac{V_1^2}{(r_1 + \frac{r_2}{s})^2 + (X_1 + X_2)^2} \quad \dots(\text{Ec. 05})$$

Y, por consiguiente, el torque se expresa como:

$$T_{3\phi} = \frac{P_{mec,3\phi}}{\omega_{mec}} = \frac{3 \cdot r_2}{\omega_s \cdot s} \cdot |I_2|^2 = \frac{3 \cdot r_2}{\omega_s \cdot s} \cdot \frac{V_1^2}{(r_1 + \frac{r_2}{s})^2 + (X_1 + X_2)^2} \quad \dots(\text{Ec. 06})$$

Considerando que el torque sólo depende de la velocidad (o del deslizamiento) se obtiene la siguiente curva Torque-velocidad:

Figura 7. Curva Torque-velocidad máquina de inducción



Fuente: Walter Brokering Christie, Rodrigo Palma Behnke, Luis Vargas Diaz, 2008

En la curva anterior se aprecian los 3 modos en que puede operar la máquina de inducción; freno, motor y generador.

Maximizando con respecto a s la expresión del torque se llega a la siguiente expresión para el torque máximo:

$$T_{max} = \frac{3}{2 \cdot \omega_s} \cdot \frac{V_1^2}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad \dots(\text{Ec. 07})$$

Es importante destacar que la expresión del torque máximo no depende de la resistencia del rotor r_2

2.2.1.3. EQUIPOS INVOLUCRADOS EN LA EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE DE CEMENTO

2.2.1.3.1. SILOS DE ALMACENAMIENTO.

El silo es una pieza integral para cualquier operación de producción de cemento. El silo permite almacenar el producto en grandes volúmenes, manteniendo sus costos al mínimo.

2.2.1.3.2. AERODESLIZADORES DE TRANSPORTE.

Los aerodeslizadores o canaletas son dispositivos que se utilizan para transportar cemento sin pérdidas debido a su estructura cerrada, consta de un tejido rígido permeable al aire.

Las canaletas son hechas en base a hierro negro, son transversalmente divididas en dos partes: la parte superior donde se transporta el cemento sobre el tejido rígido, y la parte inferior donde se ingresa el aire con una presión aproximada de 100 PSI, la cual es dada por el compresor ventilador o compresor de tipo paleta, el aire se introduce apuntando en la misma dirección a la que debe ir el cemento, además el canalón debe tener una inclinación para facilitar el transporte.

2.2.1.3.3. ELEVADORES DE CANGILONES.

Como medio de transporte mecánico vertical, los elevadores de cangilones han llegado a ser indispensables dentro de las secuencias de producción en muchos campos de la industria. Su diseño vertical ahorra valioso espacio en el terreno, y la construcción antiadherente de sus diferentes partes provee una larga vida de servicio. Hay dos tipos diferentes de elevadores de cangilones: En nuestro sistema se tenía inicialmente el elevador de cadena que fue reemplazado por el de correa.

2.2.1.3.4. FILTROS DE DESEMPOLVADO.

En la fabricación, transporte y almacenaje de cemento se generan grandes cantidades de material sólido, a menudo en estado seco y pulverizado.

Por razones de protección del medio ambiente, seguridad, higiene del trabajo, índice del desgaste del equipo y ahorro de dinero, es urgente recolectar el polvo y recircularlo de nuevo a la línea principal del transporte por lo que es necesario contar con sistemas de desempolvado.

2.2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.2.1. TÓPICOS DE INTERÉS PARA LA MODELACIÓN Y

SIMULACIÓN DE LA ENSACADORA.

Para demostrar las características de operación, confiabilidad y seguridad de un sistema eléctrico industrial, es necesario efectuar una serie de estudios analíticos, los cuales entregan índices de funcionamiento, cuya exactitud dependerá del modelo empleado en la representación del sistema. Los estudios que se efectuaron con el modelo creado en DIGSILENT Son los siguientes:

- Flujos de potencia
- Análisis de Cortocircuito
- Regulación de Tensión
- Partidas de motores

2.2.2.2. FLUJOS DE POTENCIA

El estudio de flujo de potencia, es de gran importancia al momento de planear y diseñar expansiones futuras en los sistemas de potencia, así como también en la determinación de las mejores condiciones de operación de los sistemas. Usualmente, la información principal que se obtiene de un estudio de flujos de potencia es la magnitud y el ángulo de fase del voltaje en cada barra, y las potencias reales y reactivas que fluyen en cada línea.

Existen varios métodos para calcular un flujo de potencia. Los más utilizados son el método de Newton-Raphson y el método de Gauss-Seidel.

a) Método de Gauss-Seidel (John J. Grainger, William D. Stevenson, 1996)

Se definen las corrientes del sistema de la siguiente forma:

$$I_i = \sum_{j=1}^n \overline{y_{ij}} \cdot V_j = \sum_{j=1}^n |y_{ij}| \cdot |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad \dots(\text{Ec. 08})$$

Dónde: el elemento y_{ij} representa la admitancia entre la barra en estudio i y la barra j ; $V_j = |V_j| \angle \delta_j$ el voltaje en la barra j del sistema. y_{ij} Representa el elemento ij de la matriz de admitancias.

A partir de las corrientes de línea y tensiones en las barras la potencia aparente se puede calcular fácilmente como:

$$P_i - jQ_i = V_i^* I_i \quad \dots(\text{Ec. 09})$$

O separando inmediatamente la potencia activa y reactiva:

$$P_i = \sum^n |V_i| |V_j| |\bar{y}_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots(\text{Ec. 10})$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |\bar{y}_{ij}| \text{sen}(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots(\text{Ec. 11})$$

Es importante clasificar las barras en los siguientes tipos:

- Barra PV: Se considera una barra del sistema como PV a aquellas que cuentan con uno o más generadores conectados directamente a ellas y que pueden regular el módulo del voltaje y la potencia activa inyectada a la barra.
- Barra PQ: Se considera una barra del sistema como PQ a aquellas que cuentan con una o más cargas con consumos de potencia activa y reactiva conocidos para el estudio de flujos de potencia.
- Barra Libre (Barra Slack): Se elige una barra PV del sistema en estudio para ser barra libre, considerando como conocidos el módulo y ángulo del voltaje, el cual constituye el fasor de referencia para los voltajes en barras del sistema determinados en la resolución del flujo de potencia. La barra libre inyecta al sistema (o absorbe) la potencia activa y reactiva necesaria para igualar la generación total del sistema con la demanda total de los consumos y las pérdidas de potencia.

b) Método de Newton-Raphson (John J. Grainger, William D. Stevenson, 1996):

El método de Newton Raphson constituye el método numérico iterativo base de las aplicaciones computacionales que calculan flujos de potencia. Consiste en una expansión en serie de Taylor de las ecuaciones del Flujo de Potencia, en torno al punto que corresponda a la iteración, despreciando de los términos de 2do orden en adelante.

La idea es calcular las inyecciones de potencia activa y reactiva a partir de valores propuestos para los voltajes. Estas se comparan con los valores reales y se obtiene un error que permite corregir los fasores. Las variables se expresan de la siguiente forma.

$$V_i = |V_k|[\delta_k] \quad \dots(\text{Ec. 12})$$

$$V_n = |V_n|[\delta_n] \quad \dots(\text{Ec. 13})$$

$$Y_{kn} = |Y_{kn}|[\theta_{kn}] \quad \dots(\text{Ec. 14})$$

Por lo que:

$$P_k - jQ_k = \sum_{n=1}^N |V_k V_n Y_{kn}| [\theta_{kn} - \delta_n + \delta_k] \quad \dots(\text{Ec. 15})$$

$$P_k = \sum_{n=1}^N |V_k V_n Y_{kn}| \cos[\theta_{kn} + \delta_n - \delta_k] \quad \dots(\text{Ec. 16})$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N |V_k V_n Y_{kn}| \text{sen}[\theta_{kn} + \delta_n - \delta_k] \quad \dots(\text{Ec. 17})$$

Teniendo especificadas P y Q por cada bus (excepto un bus del balance), primero se estiman V y δ por cada bus excepto el bus de balance, porque son conocidos. Luego:

$$\Delta P^{(0)}_k = P_{ks} - P^{(0)}_{kc} \quad \dots(\text{Ec. 18})$$

$$\Delta Q^{(0)}_k = Q_{ks} - Q^{(0)}_{kc} \quad \dots(\text{Ec. 19})$$

Donde los subíndices s y c significa, respectivamente, valores especificados y calculados.

Posteriormente se calcula y se itera:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \quad \dots(\text{Ec. 20})$$

Entonces:

$$\delta_k^{i+1} = \delta_k^i + \Delta \delta_k \quad \dots(\text{Ec. 21})$$

$$V_k^{i+1} = V_k^i + \Delta V_k \quad \dots(\text{Ec. 22})$$

2.2.2.3. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO

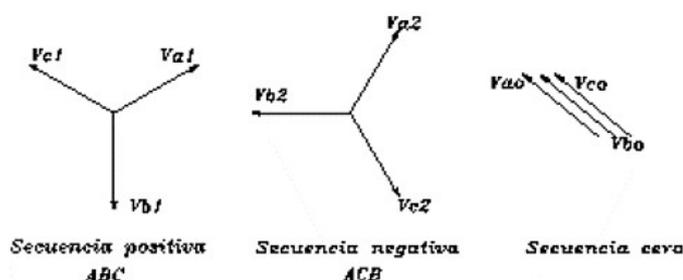
De acuerdo con el teorema de Fortescue, tres fasores desbalanceados de un sistema trifásico se pueden descomponer en tres sistemas balanceados. Los conjuntos balanceados

de componentes son: (Walter Brokering Christie, Rodrigo Palma Behnke, Luis Vargas Diaz, 2008)

- Componentes de secuencia positiva: están formados por tres fasores de igual módulo, desfasados en 120° que giran con secuencia positiva (ABC), igual al sistema principal.
- Componentes de secuencia negativa: están formados por tres fasores de igual módulo, desfasados en 120° que giran con secuencia negativa (ACB), contrario al sistema principal.
- Componentes de secuencia cero: están formados por tres vectores de igual módulo, pero en fase.

En la figura se muestran los tres sistemas equilibrados.

Figura 8. Sistemas de Equilibrio



Fuente: Walter Brokering Christie, Rodrigo Palma Behnke, Luis Vargas Diaz. (2008). Sistemas Eléctricos de Potencia. Pearson

Debido a que los componentes de un sistema de potencia operando en condiciones normales, generan solamente componentes de secuencia positiva. Debe considerarse que para que existan corrientes de secuencia cero el neutro debe estar conectado a tierra.

Se deben establecer circuitos equivalentes monofásicos de secuencia cero, positiva y negativa, para impedancias de carga, transformadores, líneas de transmisión y máquinas que constituyen las partes principales de la red trifásica de transmisión de potencia. Se

supone que cada parte individual es lineal, cuando se conecta en las configuraciones Y o Δ .

Con base en estas suposiciones, se encuentra que:

- En cualquier parte de la red, la caída de voltaje originada por la corriente de una cierta secuencia solo depende de la impedancia de esa parte de la red al flujo de corriente de esa secuencia.
- La impedancia a las corrientes de secuencia positiva y negativa, Z_1 y Z_2 , son iguales en cualquier circuito pasivo y se pueden considerar aproximadamente iguales en máquinas sincrónicas bajo condiciones subtransitorias.
- Solamente los circuitos de secuencia positiva de las máquinas rotatorias contienen fuentes que son de voltajes de secuencia positiva.
- El neutro es la referencia para los voltajes de los circuitos de secuencia positiva y negativa, y estos voltajes al neutro son iguales a tierra, si hay una conexión física de impedancia cero u otra de valor finito entre el neutro y tierra del circuito real.
- No se incluyen las impedancias Z_n en las conexiones físicas entre el neutro y la tierra en los circuitos de secuencia positiva y negativa, pero se representan por las impedancias $3Z_n$, entre el neutro y la tierra en los circuitos de secuencia cero.

Finalmente, la corriente de cortocircuito para cada una de las fallas asimétricas se obtiene resolviendo el circuito equivalente, en el cual se han interconectado las diferentes mallas de secuencia, referidas al punto de falla.

El programa DigSILENT, permite realizar un estudio de todos los tipos de fallas en una barra particular, y también el caso en que ocurran fallas simultáneas, en diferentes puntos del sistema.

2.2.2.4. REGULACIÓN DE TENSIÓN

La regulación de tensión consiste en evitar las variaciones de tensión que se detectan en puntos receptores de un sistema de transmisión o distribución de energía. El problema de la regulación difiere según se trate de una red de transmisión o una red de distribución. En el caso de la planta cementos, tiene ambos tipos de redes.

a) Nivel de calidad del suministro eléctrico

Según la norma IEC 61000 y la norma EN 50160, de la cual difiere en muy pocos aspectos, a partir de los niveles de inmunidad del equipamiento se pueden esperar niveles apropiados de comportamiento del sistema a perturbaciones en diferentes clases de entornos electromagnéticos, en este caso, para un ambiente industrial se especifica lo siguiente:

Tabla 1. Características de la Tensión de entrada según EN 50160.

No	Parámetro	Características de la tensión de entrada según la Norma EN 50160
1	Frecuencia	BT, MT: valor medio de la fundamental medida a lo largo de 10 seg. $\pm 1\%$ (49,5 – 50,5 Hz) durante el 99,5% de la semana - 6%/+4% (47 – 52 Hz) durante el 100% de la semana
2	Variaciones de la tensión suministrada	BT, MT: $\pm 10\%$ durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos
3	Cambios bruscos de tensión	BT: 5% normal 10% infrecuente $P_{lt} \leq 1$ para el 95% de la semana MT: 4% normal 6% infrecuente $P_{lt} \leq 1$ para el 95% de la semana
4	Huecos en la tensión suministrada.	La mayoría: duración <1 seg., caída <60% Caídas locales limitadas causadas por una carga al conectarse: BT: 10 – 50%, MT: 10 – 50%
5	Interrupción breve de la tensión de suministro	BT, MT: (hasta 3 minutos) Pocas decenas – pocas centenas / año Duración del 70% de las interrupciones < 1 seg.
6	Interrupción prolongada de la tensión de suministro	BT, MT: (mayor de 3 minutos) <10 – 50/año

Fuente: Norma EN 50160

b) Métodos para Regulación de la Tensión

En la actualidad la solución al problema de regulación se hace más complicada, debido a la complejidad y gran desarrollo de las redes de distribución de energía.

Es ventajoso por lo tanto regular localmente, en los diversos centros de consumo, el nivel de voltaje. Se dispone para ello de los siguientes métodos:

- Conexión de potencia reactiva.
- Modificación de la Reactancia.
- Regulación de voltaje adicional (variación de taps).

1. Regulación por Conexión de Potencia Reactiva

Para reducir la caída de tensión, es necesario minimizar el transporte de potencia reactiva, la que debería ser suministrada, en la medida que fuese posible, en el mismo punto de consumo. Este procedimiento se conoce con el nombre de Conexión de Potencia Reactiva, se fundamenta en la posibilidad de conectar potencia reactiva capacitiva en ciertos puntos de una red. Para ello se dispone de condensadores sincrónicos y condensadores estáticos.

El condensador sincrónico, es en esencia un motor síncrono diseñado para trabajar en vacío y con un amplio rango de regulación. Las máquinas síncronas son susceptibles de trabajar con potencia reactiva inductiva o capacitiva según el grado de excitación del campo. Si están sobre excitadas se comportan como condensadores. Por el contrario si están sub-excitadas se comportan como inductancias.

Por otro lado, la función de un condensador estático conectado en paralelo, sea una unidad o grupo de unidades, es la de suministrar la potencia reactiva demandada en el punto en que está instalado. Por sus características, de tomar una corriente adelantada prácticamente en 90° con respecto al voltaje, un condensador estático tiene el mismo efecto que un condensador sincrónico. Por lo tanto permite compensar, en forma total o parcial, la componente reactiva de la corriente demandada por un consumo inductivo.

Algunos de los efectos que justifican la aplicación de los condensadores estáticos en paralelo con consumos inductivos son los siguientes:

- Permite reducir al valor deseado la componente reactiva de la corriente de línea.
- Mejora la regulación de la línea.
- Reduce las pérdidas en la línea.
- Mejora el factor de potencia en los generadores.
- Permite obtener mayor potencia activa de los generadores, transformadores y líneas.

2. Regulación por modificación de la reactancia

El condensador estático también juega un papel importante como elemento regulador cuando se le instala en serie en una línea de transmisión o de distribución. El comportamiento de un condensador estático conectado en paralelo ha sido bien analizado y puede predecirse con exactitud. No puede decirse lo mismo cuando el condensador está conectado en serie, la diferencia de comportamiento estriba en la conexión. El condensador en paralelo está conectado a la línea y sometido al pleno voltaje de esta. El condensador en serie está sometido a la plena corriente de la línea y a la corriente de falla, en caso de cortocircuito aguas abajo del condensador. Mientras el condensador en paralelo permanece

aproximadamente constante, la caída de voltaje a través del condensador conectado en serie, varía instantáneamente con la carga.

Es esta característica del condensador en serie, junto con el hecho de que esta caída es de sentido opuesto a la caída inductiva de la línea, hace al condensador conectado en serie, un dispositivo muy útil para reducir el parpadeo de luces producido por fluctuaciones rápidas y repetitivas de la carga ocasionadas por partidas frecuentes de motores, operación de soldadoras, hornos eléctricos, etc. Evidentemente, para mejorar las condiciones del voltaje o para reducir el parpadeo de luces en un punto dado, el condensador en serie debe estar ubicado aguas arriba del punto considerado.

Tratándose de líneas de transmisión, la aplicación de condensadores en serie se orienta no a mejorar la regulación de voltaje, sino a aumentar la capacidad de transmisión y mejorar la estabilidad eléctrica del sistema.

3. Regulación por voltaje adicional (variación de taps).

La regulación se realiza variando la relación de vueltas entre primario y secundario de un transformador o auto-transformador, se regula el nivel de tensión en los diversos centros de consumo. Con este objeto los transformadores van provistos de derivaciones en sus bobinados y de un dispositivo cambiador de derivaciones.

Se han desarrollado mecanismos y dispositivos que permiten hacer el cambio de derivaciones manual o automáticamente en un transformador sin necesidad de desenergizar el transformador y desconectar la carga, permitiendo así la regulación de voltaje en grandes bloques de potencias (desde algunos KVA hasta cientos de MVA y altas tensiones desde

volts a cientos de KV), sin interrupción de la energía a la carga. El cambio de derivaciones bajo carga permite mantener un voltaje secundario constante con voltaje primario variable, controlar el voltaje secundario para carga variable, controlar el flujo de potencia reactiva entre dos ramas de una red en anillo cerrado, etc. La regulación se hace por pasos, estando la magnitud de los pasos determinada por la calidad de la regulación necesaria. El mecanismo con que se hace el cambio de taps recibe el nombre de Cambiador de Derivaciones Bajo Carga (Load Tap Changer)

2.2.2.5. PARTIDAS DE MOTORES

Es muy importante conocer cómo se comporta el sistema frente a la partida de motores, sobre todo teniendo en cuenta que en la cementera, y en la línea de despacho en particular, donde hay gran cantidad de motores.

Por lo general cuando un motor parte, consume una corriente que va desde 5 a 10 veces su corriente a plena carga, y teniendo en cuenta lo abrupto de este consumo, por lo general puede tener como consecuencia una baja considerable en el voltaje (John J. Grainger, William D. Stevenson, 1996).

Entre los efectos que puede causar esta caída de tensión, destacan:

- Torques transientes en motores que están operativos, lo que puede causar un estrés excesivo en el sistema mecánico.
- Disminuciones excesivas de tensión, lo que puede impedir la aceleración de la unidad a la velocidad normal.
- Mal funcionamiento de otros equipos de la planta, tales como relés y contactores, además de parpadeos molestos en la luz.

Para asegurar la continuidad de la operación, las plantas restringen la caída de tensión a la partida del motor a lo más a un 10% (John J. Grainger, William D. Stevenson, 1996)

Una forma sencilla de calcular la tensión a la partida de un motor es:

$$\%V_m = \frac{\%Z_m}{\%Z_m + \%X_s} \cdot 100 \quad \dots(\text{Ec. 23})$$

Con:

$$\%Z_m = \frac{100}{\frac{I_{LR}}{I_{FL}}} \quad \dots(\text{Ec. 24})$$

Donde:

$\%Z_m$: Impedancia del motor

I_{LR} : Corriente de rotor bloqueado

I_{FR} : Corriente a plena carga

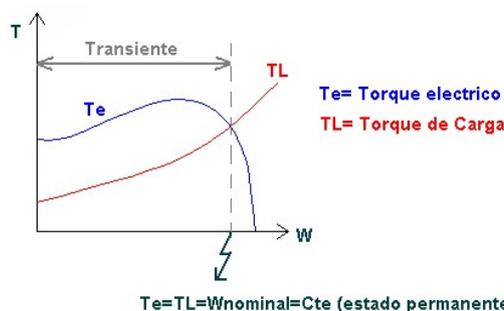
$\%X_s$: Reactancia total del circuito entre el motor y el punto donde se asume que el voltaje es constante en el sistema.

El programa DigSILENT, permite simular la partida de motor, donde se puede indicar cuando parte un motor, en qué condiciones lo hace, elegir un modelo para el motor y su comportamiento en distintos escenarios (freno, normal, invierno, emergencia, etc.). Esta simulación puede ser dinámica o estática y como resultado arroja cuanto disminuyen las tensiones en las distintas barras del sistema, alarmando donde el voltaje se ha reducido en más de un 10%. También permite visualizar las formas de onda de distintos parámetros del motor que se está estudiando, como por ejemplo, torque, corriente, voltaje, frecuencia, etc...

2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- a. **Consolidación:** Consolidación, del latín consolidatō, es la acción y efecto de consolidar o consolidarse (dar firmeza, seguridad y solidez a algo)
- b. **Ensacadora haver:** HAVER & BOECKER es una empresa Alemana con más de 125 años de experiencia aportando soluciones de ensacado y llenado a medida por todo el mundo. Diseñamos y fabricamos equipos de ensacado y envasado para procesar todo tipo de materiales en polvo o a granel, tanto sólidos como líquidos.
- c. **Revestimiento de conformación:** el revestimiento de conformación es un proceso que consiste en atomizar un material no conductor, aislante, sobre un dispositivo o un componente para protegerlo contra humedad, moho, polvo, corrosión, abrasión y otros agresores ambientales, se trata de una película delgada que se conforma a los distintos perfiles de un ensamblaje
- d. **Transiente:** Mientras más pequeño es el entrehierro mayor es el torque instantáneo disponible de la máquina. Como el momento de inercia de la maquina es proporcional al diámetro e inversamente proporcional a su largo, o para condiciones de aceleración y frenado rápido es necesario que la maquina posea un diámetro pequeño y gran largo.

Figura 9. Sistemas de Equilibrio de fuerza transiente



Fuente: <http://patricioconcha.ubb.cl/410113/accionamientos/torquecont.htm>

- e. **Layout:** Es un término de la lengua inglesa que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE). El concepto puede traducirse como “disposición” o “plan” y tiene un uso extendido en el ámbito de la tecnología. ... Dicho esquema es genérico y puede usarse para desarrollar múltiples sitios web.

2.4. HIPÓTESIS.

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

Con la consolidación de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación, se tendrá una mayor continuidad en la extracción y transporte de cemento hacia la ensacadora.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- a) El diagnóstico de la situación actual, nos permitirá conocer en su totalidad las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación de la ensacadora de cemento.
- b) Con la comparación entre lo simulado y lo medido en planta, se evidenciarán problemas de tensión y corriente.
- c) Al entregar una base de datos actualizada de los equipos e instrumentos de la línea de despacho se tendrá un mayor control del proceso.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación puede ser de varios tipos, y en tal sentido nos regimos en función al nivel de investigación. Sin embargo, por la naturaleza de nuestros objetivos y la intervención de procedimientos, se tomará como punto de partida lo siguiente:

- a) **De campo.-** Se tomaron datos relacionados con las actividades que se realizan en la ensacadora de la empresa YURA, a través del contacto visual e inspecciones con los equipos e infraestructuras que lo conforman.

- b) **Documental.-** En este trabajo se utilizaron manuales, folletos e informes realizados por el personal que labora en la planta, igualmente se consultó con empresas que

distribuyen y fabrican equipos eléctricos e instrumentos, para llevar a buen fin el trabajo de modernizar las instalaciones eléctricas, control e instrumentación de la línea de extracción y transporte de cemento de la ensacadora.

Por lo tanto llevo a cabo una Investigación Descriptiva.

3.1.1.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.

Los estudios explicativos van mas allá de la descripción de conceptos o fenómenos del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o por qué dos o más variables están relacionadas. (Roberto Hernández, 2010)

Lo que se quiere explicar.- Es identificar y representar los actuales procesos de extracción y transporte de cemento hacia Haver 1,2 y 3, su funcionamiento y el problema que genera el incremento de la producción.

Lo que se explica.- Es la consolidación de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación, en un conjunto de cálculos que no alteren la infraestructura existente y que incremente el transporte de cemento. Para que al final sea automatizada.

3.1.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para una mejor percepción de las estrategias o métodos a utilizar durante el desarrollo de los objetivos planteados se presentan las siguientes etapas.

Primera etapa: Revisión bibliográfica y recopilación de información técnica.

Un proyecto debe estar bien documentado en una base teórica, que provea todo tipo de información para agilizar su desarrollo y minimizar el tiempo de realización del mismo. La revisión se basa en todo aquel material bibliográfico que esté relacionado con dicho tema, como lo son: libros, trabajos de grado, manuales, revistas, páginas Web (Internet), entre otros. La información de los libros de registro diario de mantenimiento, así como también, otra serie de materiales como informes del departamento relacionados con el mantenimiento de los equipos y datos de los mismos.

Segunda etapa: Diagnóstico de la situación actual en la línea de despacho (ensacadora).

Para diagnosticar es indispensable tener a mano toda la data de los equipos con que se cuenta en la línea de despacho, por medio de visitas al área se realiza dicha recolección y teniendo contacto directo con los mismos para así visualizar a la vez el estado en el que se encuentran, estos datos incluyen las características técnicas y operativas, de igual modo se obtiene con precisión la cantidad de equipos que se estudian en este proyecto.

Tercera etapa: Descripción de los principios técnicos operacionales y arquitectura de la línea de despacho (ensacadora).

En esta etapa se describe la arquitectura y principios operaciones y funcionales de la ensacadora existente en la empresa, para así tener una idea de las condiciones de los componentes que la conforman.

Cuarta etapa: Creación del modelo en DIGSILET , en cuanto a las instalaciones eléctricas.

En esta etapa se creará el modelo en DIGSILET del sistema eléctrico para la línea de despacho, además, se revisa el factor de potencia del sistema eléctrico con la finalidad de utilizar eficazmente la energía suministrada.

Quinta etapa: Actualizar los diagramas unifilares de las salas eléctricas.

Una vez inspeccionados los componentes con los que cuenta la ensacadora se procede a la actualización de los planos en caso que sea necesario.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

Una vez concluido el proceso de elaboración, el cemento es transportado a silos de almacenamiento; la extracción del producto y su posterior enrutamiento de transporte hasta llegar a las máquinas ensacadoras implican la interacción de muchos elementos de campo, por lo que se hace necesario el estudio previo del funcionamiento de cada uno de los elementos antes mencionados. Se presenta un primer esquema introductorio (Figura 3.1) en el cual se pueden apreciar las etapas involucradas en el proceso de transporte; en lo posterior se realizará una descripción más detallada de cada una de ellas.

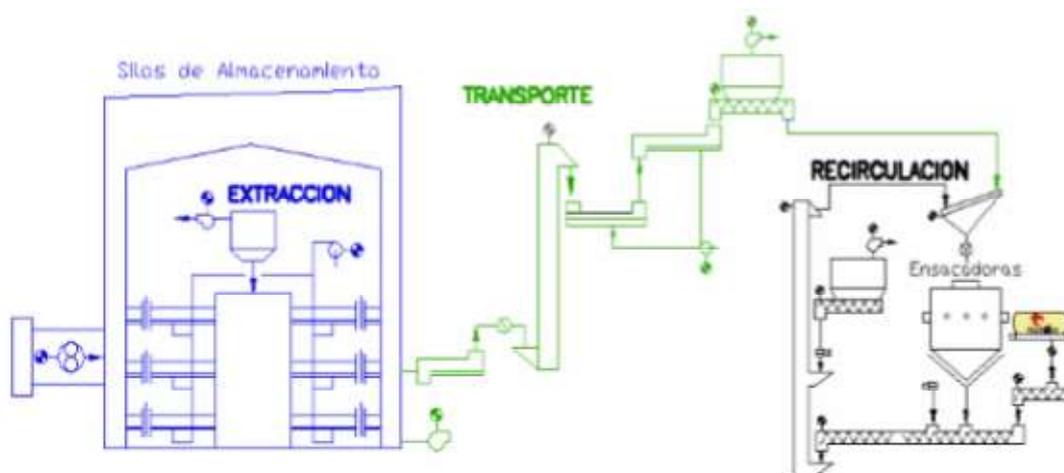
Mediante un sistema conocido como IBAU se extrae el cemento en los cinco silos de almacenamiento, a esta primera etapa del proceso se la conoce como EXTRACCION, la misma cuenta con el uso de un gran número de elementos como compresores de aire, ventiladores, válvulas, etc. Destinadas a facilitar la circulación del cemento.

Luego el cemento es transportado por diferentes rutas, siendo empleados para este objeto elementos tales como canalones de transportación con el fin de agilizar el transporte y enrutamiento del producto. A esta etapa del proceso se la llama TRANSPORTE. El

cemento al ser transportado se esparce en el ambiente en forma de polvo por lo que se hace necesario el uso de filtros de desempolvados para contrarrestar este problema, existe la posibilidad también de que se produzcan derrames de producto, la etapa en donde se manejan los equipos destinados a la solución de este tipo de inconvenientes es conocida como etapa de RECIRCULACION. Luego de ser extraído, transportado y recirculado, llega una última etapa en la cual se procede a embolsar, las cuales serían las máquinas Haver compuestas de distintos equipos destinados a cumplir esta función, a esta etapa se le conoce como ENVASADO.

Lo anterior es un breve detalle de las cuatro etapas del proceso, y lo exponemos como una introducción para que el lector se vaya familiarizando con el proceso total, la intención es estudiarlos cada uno por separado y luego describir cómo interactúan los tres procesos de una manera encadenada. En las tres etapas se operan equipos eléctricos, electrónicos y neumáticos los cuales serán descritos más adelante.

Figura 10. Etapas del proceso de transporte



Fuente: Diagrama SELMEC-IM S.R.L..

3.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Habida cuenta de las importantes cantidades de cemento con que opera la planta, los lugares de almacenamiento a granel deben estar equipados no sólo con silos de capacidad adecuada sino también con instalaciones que faciliten una ejecución rápida y sin tropiezos de las operaciones de extracción, transporte, recirculación y envasado del producto.

Las áreas están marcadas según la función específica que se realiza en cada una de ellas.

Extracción, esta cubre el área de funcionamiento de cada uno de los silos de almacenamiento, habiendo cinco silos destinados a esta función.

Transporte, esta área cubre desde la salida de los silos de almacenamiento hasta la recirculación de cada una de las envasadoras y consta en su mayoría de aerodeslizadores o canalones, para facilitar la transportación del material. El diseño y ubicación de los equipos involucrados está dado en una forma que permita la selección múltiple de vías para facilitar y agilizar el transporte del producto.

3.3.1 SISTEMA DE EXTRACCIÓN.

El cemento almacenado en el silo es ingresado por medio de canalones los mismos que están conectados alrededor de la tolva. Como se puede apreciar en la figura existen entradas de aire en el silo, estas permiten que el aire empuje al cemento hacia arriba, enviando el producto hacia los canalones y evitando la acumulación de cemento en la parte inferior del silo. Existen válvulas de apertura que permiten el paso del cemento de los aerocanalones hacia la tolva de recepción, este flujo de cemento se realiza también con la ayuda de otra línea de aire comprimido.

Las válvulas de apertura actúan por pares, de forma temporizada y secuencial, evitando así taponamiento de los canalones por exceso de producto.

En la parte superior de la tolva están ubicados tres sensores de nivel tipo capacitivo y un sensor tipo radar; cuando el cemento esté en el nivel más alto se apagarán los compresores automáticamente y a la vez se cerrarán todas las válvulas de ingreso de producto. Una vez que el cemento de la tolva se ha consumido y llega al nivel bajo se encenderán nuevamente los compresores y se repetirá otra vez el proceso secuencial de llenado.

Existe también otro compresor que facilita la salida del producto de la tolva hacia el proceso de transporte. Este compresor ingresa aire comprimido a la tolva facilitando así el libre flujo de cemento. Cabe señalar que el compresor de tolva se enciende siempre y cuando estén abiertas la válvula de corte y la válvula modulante.

Además existe un filtro de desempolvado que recoge todo el polvo de cemento generado en áreas específicas, ingresándolo nuevamente al proceso y un ventilador que permite expulsar el polvo fuera del silo.

3.3.2 SISTEMA DE TRANSPORTE.

Una vez que el producto sale de las válvulas moduladoras y de corte, el cemento puede ser llevado por diferentes rutas dependiendo de los requerimientos de operación, facilitando así el transporte del mismo. Uno de los puntos a considerar es la máquina Haver (ensacadora) que se encuentra despachando y el silo desde el cual se la quiere abastecer, puede darse el caso de que se emplee dos máquinas envasadoras. Las posibles rutas van de

la mano con la máquina o máquinas a despachar, el elevador a ser utilizado y el silo de extracción.

Los canalones de transporte, elevadores de cangilones, compuertas distribuidoras, filtros de recolección y ventiladores; funcionan de una manera secuencial y están destinados a el máximo aprovechamiento del cemento y a su ágil circulación.

El producto que se desperdicia por derrames o se levanta en forma de polvo es succionado con ayuda de filtros de desempolvado, estos ayudan de manera eficaz a mantener el lugar libre de polvo y también evitando el deterioro y taponamiento de las máquinas. Una vez que el filtro succiona el polvo, este lo reingresa a los canalones de transporte, evitando así el desperdicio de producto.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

3.4.1. TÉCNICA:

Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (Arias, 2006)

a) Inspección y observación directa

Consiste en la recolección de datos mediante visitas a la línea de despacho con la finalidad de conocer el área de trabajo y obtener toda la información necesaria para lograr los objetivos propuestos en esta investigación. A través del apoyo brindado por los ingenieros, supervisores y personal técnico presentes en la planta, se espera obtener información en archivos digitales, planos de referencias, manuales, especificaciones técnicas, revisión de libros, diarios de los técnicos electricistas y tiempo promedio de falla.

b) Entrevistas y orientación

Se refiere a entrevistas realizadas al personal que labora en la Gerencia de Mantenimiento, para recibir información acerca del funcionamiento de los equipos que conforman la línea de despacho, el proceso y los parámetros que se llevan a cabo en la fabricación de cemento e instrucciones o sugerencias que ayuden en la evolución del proyecto.

3.4.2. INSTRUMENTO:

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información (Arias, 2006)

a) Instrumento de medición

Los instrumentos requeridos para la recolección de datos son:

- Multitester digital.
- Pinzas amperimétricas.
- Megómetro digital.
- Pirómetro de temperatura láser.
- Secuencímetro de fases.
- Telurómetro digital.
- Torquímetro con certificado de calibración

b) Instrumento de documentación

Los instrumentos requeridos para documentar datos son:

- Archivos digitales

- Planos de referencias
- Manuales
- Especificaciones técnicas
- Revisión de libros.

3.5 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Una vez realizada la recogida de datos a través de la observación directa y entrevistas, comienza la fase de procesar y analizar los datos obtenidos, la presente investigación sigue un procedimiento de 3 pasos para el análisis de datos:

- Recolección de datos.
- Procesamiento de la información
- Presentación y publicación de la información

3.6 PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS

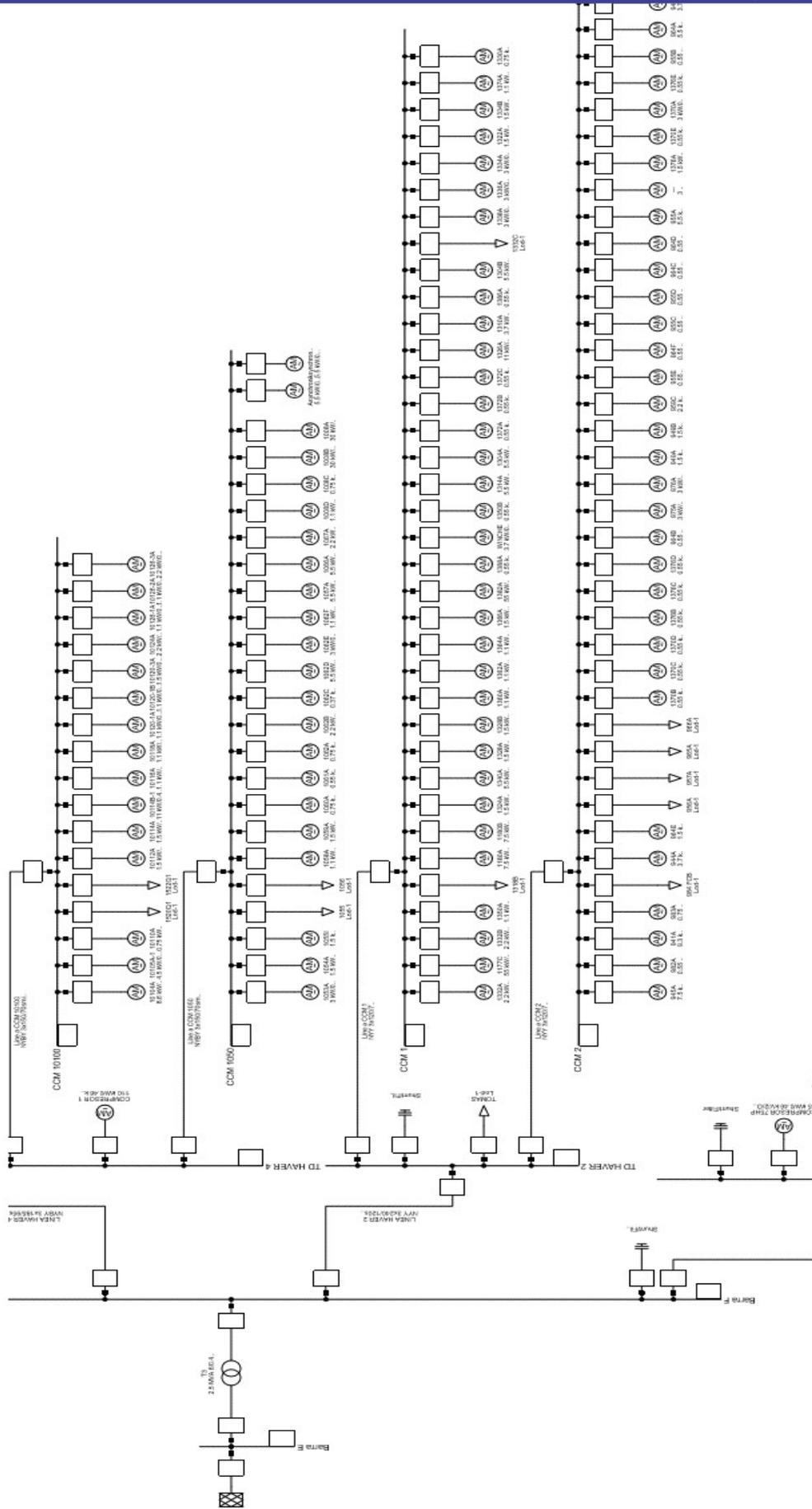
3.6.1 AFINAMIENTO DEL MODELO

Para tener un modelo computacional que sea lo más real posible se comenzó a detallar más algunas partes del modelo, en particular se solicitó modelar con mayor detalle las instalaciones de los tablero de distribución, por lo que se agregó prácticamente todas las cargas asociadas de manera individual, sin buscar equivalentes.

3.6.2 MODELO FINAL CREADO

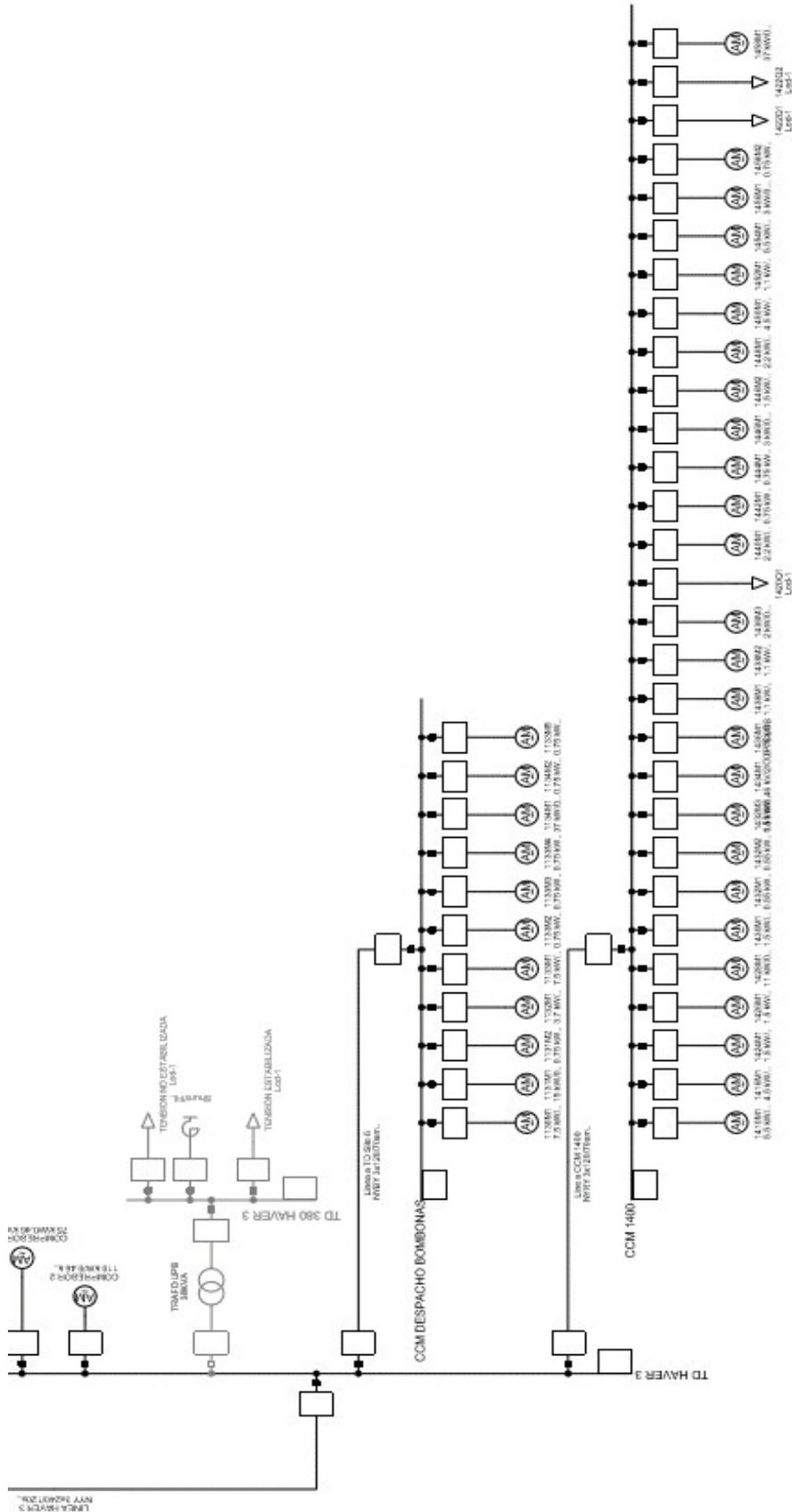
Finalmente, luego de revisar que el modelo creado en DIgSILET estaba acorde a los planos y toda la información recopilada, se obtuvo como resultado final lo mostrado en las figuras 3.6, 3.7 y 3.8 el modelo final en su forma general.

Figura 12. Modelo general creado en DigSILET (Parte2)



Elaboración: Propia.

Figura 13. Modelo general creado en DlgSILET (Parte 3)



Elaboración: Propia.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL

4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El sistema de transporte de cemento está diseñado para operar de forma continua, evitando paradas innecesarias de proceso por alguna posible falla de cualquier equipo involucrado, ya que el mismo fue modernizado con alarmas que anuncian la alerta directa proveniente de alguna variable de campo permitiendo reconocer rápidamente la alarma generada y así continuar con el proceso si la misma no reviste mayor atención.

4.1.1 CONSIDERACIONES:

La consolidación tiene como características el cambio de conductores, equipos de control e instrumentos, que por tiempo de uso o condiciones adversas del lugar, se encuentra en mal estado y estas a su vez no permiten la operación continua que la plante requiere.

Para lo cual se realizaron las coordinaciones necesarias para la elaboración de la planificación de las actividades a desarrollarse, llegando a dividir el proyecto en las siguientes áreas principales.

- Ensacadora haver 1
- Transporte ruta 920
- Transporte ruta 1001
- Extracción de silos 1-2-3-4-5
- Recuperación y especiales
- Llenado de silos 1-2-3-4-5
- Misceláneos

PANEL FOTOGRÁFICO

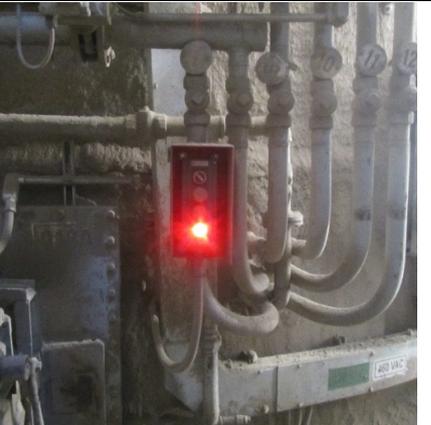
Las siguientes fotografías muestran de manera general los antes y después de ejecutarse el proyecto.

Grafico 13. Fotografías que resumen los trabajos realizados en Sala eléctrica

ANTES:	DESPUÉS:
	
<p>Retiro de tableros antiguos de sala eléctrica Haver 1, implementación de nuevos CCM en la sala eléctrica Haver 4.</p>	
	
<p>Montaje de un nuevo CCM 1050 en sala eléctrica de la línea 4</p>	
	
<p>Migración de todas señales que comprenden el proyecto a un nuevo tablero de control instalado en la sala eléctrica Haver 4.</p>	

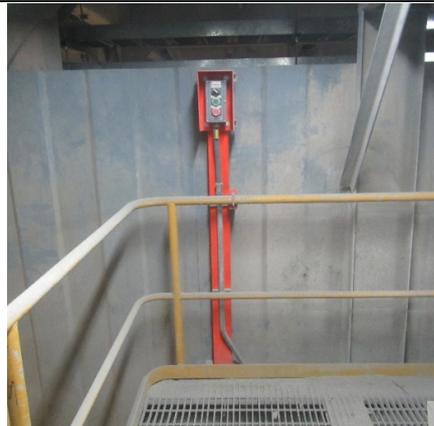
Fuente: Empresa SELMEC S.R.L.

Grafico 14. Fotografías que resumen los trabajos realizados en el área de extracción de silos 1-2-3-4-5

ANTES:	DESPUÉS:
	
<p>El derrame de cemento era un problema constante, los cuales con la ejecución del proyecto de modernización se disminuyeron significativamente.</p>	
	
<p>Los tableros que controlaban el sistema de fluidificación en todos los silos fueron remplazados por unos modernos y más equipados. Se unificaron las válvulas neumáticas y esto reducirá el deterioro de los equipos, reducir fallos, fácil maniobrabilidad y una rápida detección de fallas.</p>	
	
<p>Cambio de botoneras antiguas por botoneras que cuentan con dos pulsadores iluminados, parada de emergencia y un selector de tres posiciones (manual, of, Automático).</p>	

Fuente: Empresa SELMEC S.R.L.

Grafico 15. Fotografías que resumen los trabajos realizados en el área del edificio Haver 1

ANTES:	DESPUÉS:
	
<p>Nivel 3 de Haver 1: Desmontaje de sistema neumático, instalación de tablero electro neumático que reemplaza al sistema neumático que se encontraba a la intemperie</p>	
	
<p>Nivel 5 de Haver 1: Cambio de los cables, bandeja, tubería y tablero JB deteriorado, que estaban conectados a los sensores de nivel de la tolva 1008. Con el proyecto se realizó el cambio de todas las instalaciones de acceso a los instrumentos y equipos.</p>	
	
<p>Se realizó el cambio de todos los cables y botoneras antiguas por otras nuevas que prestan una mayor maniobrabilidad al momento de su uso.</p>	

Fuente: Empresa SELMEC S.R.L.

Tabla 2. Motores que comprende el área de extracción y transporte de cemento

Ítem	Descripción	TAG	Tipo Arranque	NODO	DATOS DE CARGA					
					Power (kW)	Power (HP)	Voltaje (V)	cos θ	CORRIENTE PLACA	Amp. [A]
1	Compresor aire compuert. silo 5	EN-902A	FVNR	5	15.0	20.0	440	0.91	23.5	23.50
2	Ventilador de olla/canaleta 903	EN-915B	FVNR	7	3.70	5.00	440	0.85	8.0	8.00
3	Gusano transportador a 904	EN-904A	FVNR	8	45.0	60.0	440	0.86	74.0	74.00
4	Ventilador de canaleta 905	EN-905A	FVNR	20	8.60	11.54	440	0.87		14.90
5	Ventilador de canaleta 915	EN-915A	FVNR	19	5.50	7.33	440	0.9	9.6	9.60
6	Compuerta/de/descarga/silo/1	EN-908A	FVR	11	0.37	0.49	440	0.77	1.21	1.21
7	Compuerta/de/descarga/silo/2	EN-910A	FVR	13	0.37	0.49	440	0.70	1.13	1.13
8	Compuerta/de/descarga/silo/3	EN-911A	FVR	15	0.37	0.49	440	0.77	1.21	1.21
9	Compuerta/de/descarga/silo/4	EN-913A	FVR	17	0.37	0.49	440	0.77	1.21	1.21
10	Compresor aire silos 1 y 3	EN-906A	FVNR	9	11.00	14.67	380	0.91	21.0	21.00
11	Compresor aire silos 2 y 4	EN-907A	FVNR	10	11.00	14.67	380	0.91	21.0	21.00
12	Elevador de Cangilones 1, Motor Principal	EN-920A	FVNR	22	45.0	60.0	460	0.87	70.0	70.00
13	Elevador de Cangilones 1, Motor Auxiliar	EN-920B	FVNR	23	1.80	2.4	440	0.82	3.39	3.39
14	Motor de Ventilador Centrifugo Canaleta 1	EN-935A	FVNR	24	11.00	15.0	440	0.88	18.50	18.50

Continúa...

15	Motor de Ventilador Centrifugo Canaleta 2	EN-931A	FVNR	25	11.00	15.0	440	0.88	18.50	18.50
16	Motor Ventilador de Filtro 1	EN-938A	SS	26	12.60	16.8	460	0.89	17.20	17.20
17	Motor Valvula Rotativa de Filtro 1	EN-938B	FVNR	27	0.43	0.6	440	0.72	1.0	1.00
18	Motor Ventilador de Filtro 2	EN-918A	SS		15.00	20.0	460	0.85		22.15
19	Elevador de Cangilones 2, Motor Principal	1001-A	FVNR	28	55.00	73.3	460	0.85	87.00	87.00
20	Elevador de Cangilones 2, Motor Auxiliar	1001-B	FVNR	29	2.60	3.5	440	0.84	4.75	4.75
21	Soplador de Canaleta	1002A	FVNR	30	11.00	15.0	440	0.88	18.50	18.50
22	Motor Ventilador de Filtro 1003	1003-A	SS	31	55.95	74.6	460	0.89	82.40	82.40
23	Motor Valvula Rotativa de Filtro 1003	1003-B	FVNR	32	0.75	1.0	460	0.85	1.85	1.85
24	Motor de Ventilador Centrifugo Canaleta 1003	1006A	FVNR	33	5.50	7.5	460	0.91	9.20	9.20
25	Filtro Compacto- Silo 5	903C	FVNR	6	10.0	13.3	460	0.82	12.50	12.50

Elaboración: Propia

4.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El diagnóstico de las instalaciones eléctricas de fuerza para la extracción y transporte, de la línea de despacho agrupado como centro de control de motores (CCM) y el listado detallado se encuentra en el Anexo 1.

- CCM 1050
- CCM 900-I
- CCM 900-II

El diagnóstico de las instalaciones de control e instrumentación para extracción y transporte, de la línea de despacho están agrupados en tablero de control (TC) y el listado detallado se encuentra en el Anexo 1.

- TC 900-I
- TC 900-II

Para la creación del modelo en DIGSILET, se emplearon los planos generales más actualizados existentes (algunos del 2011 y otros del 2014), además de la información recopilada en terreno como datos de placa y la proporcionada por el personal del área eléctrica. Los planos mencionados se pueden encontrar en el Anexo 2.

4.3.1 VALIDACIÓN DE DATOS

Con toda la información recopilada, se procedió a crear el modelo en DIGSILET, ingresando todos los parámetros relevantes para que el prototipo fuese lo más fidedigno posible, tal como se puede apreciar más adelante.

a) Comparación Con Datos Medidos

Las instalaciones de la línea de despacho cuentan con sistemas que van midiendo distintas magnitudes constantemente, en particular algunas variables eléctricas, como voltajes, corrientes, factores de potencia y potencias.

Dentro de estos sistemas se destaca los PLC que están en comunicación con el sistema escada, que permite no solo ver variables eléctricas sino que también otras que son importantísimas para cuidar que todo el proceso ande en orden; como presión y temperatura. Además tiene la ventaja de poder ser interrogado por medio de Excel, indicando la fecha y la hora a la que se quiere conocer el dato. Con esto se pueden crear tablas, por ejemplo, de las corrientes presentes en distintas máquinas con intervalos de 15 minutos durante toda una semana. Para clarificar, a continuación se muestra la forma en que se obtienen los datos para el CCM 900-I, en intervalos de 15 minutos de separación de cada dato.

Tabla 3. Valores entregados para el CCM 900-I

Timestamp	Real Energy Into the Load	Reactive Energy Into the Load	Voltage A-B	Voltage B-C	Voltage C-A	Current A	Current B	Current C
23/04/2016@12:45:00.000 AM	1671464	1238005	461	461	461	192	190	191
23/04/2016@01:00:00.000 AM	1671473	1238018	459	459	460	192	190	191
23/04/2016@01:15:00.000 AM	1671483	1238031	459	460	461	192	190	191
23/04/2016@01:30:00.000 AM	1671493	1238044	459	460	461	192	191	190
23/04/2016@01:45:00.000 AM	1671503	1238058	461	461	462	192	191	191
23/04/2016@02:00:00.000 AM	1671510	1238067	462	462	462	193	191	191
23/04/2016@02:15:00.000 AM	1671520	1238081	461	461	462	192	190	191
23/04/2016@02:30:00.000 AM	1671530	1238095	459	460	460	192	190	190
23/04/2016@02:45:00.000 AM	1671540	1238108	459	459	460	192	190	190

Fuente: Reporte YURA S.A.

Otra herramienta que facilitó la recopilación de datos fueron los display de mediciones colocadas en los CCMs, los cuales muestran los valores actuales de distintas variables eléctricas y los más altos registrados. Como se muestra a continuación.

Figura 16. Extracto del Reporte entregado por display de medición del CCM Despacho de bombonas.



Elaboración: Propia.

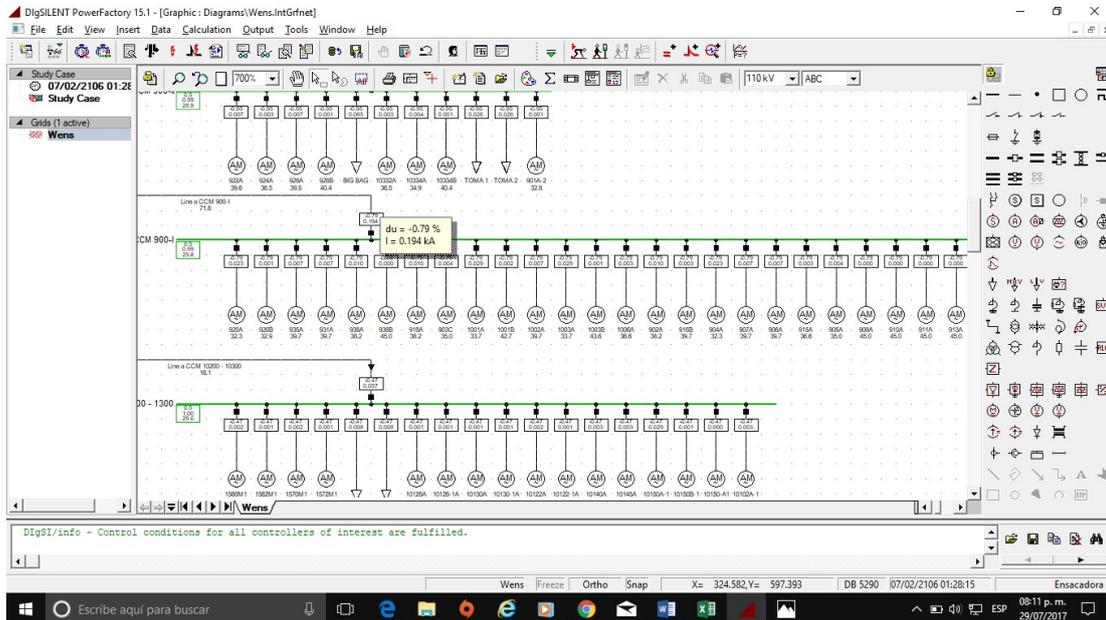
Figura 17. Extracto del Reporte entregado por display de medición del regulador de energía conectado en la sala Haver 4.



Elaboración: Propia.

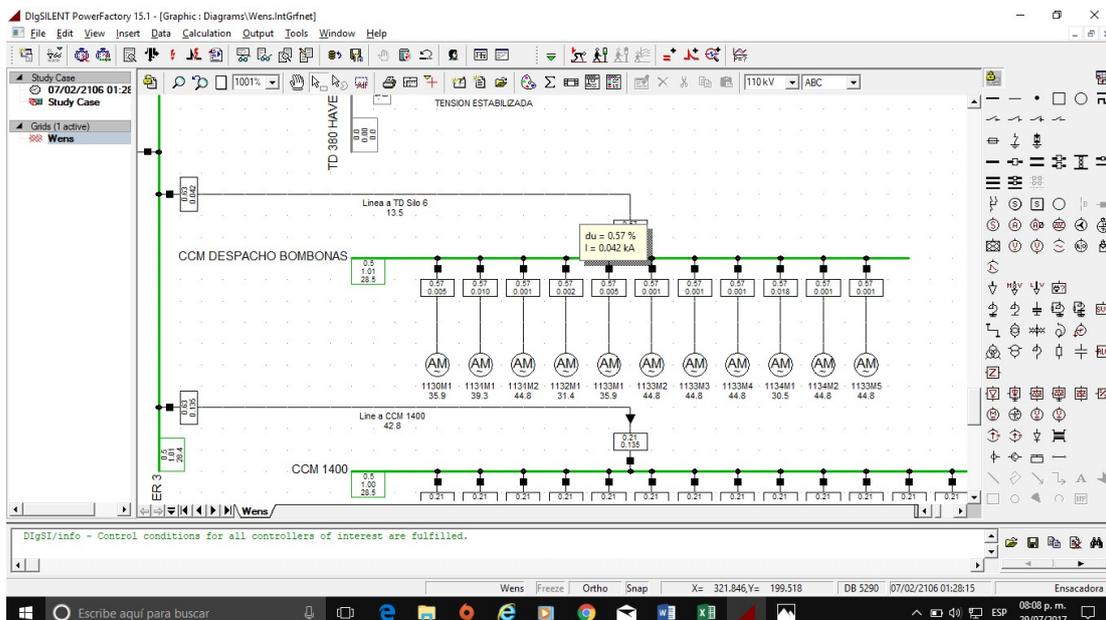
En el modelo creado, se puede evidenciar que tanto para el caso del CCM 900-I, como para el CCM Despacho de bombonas, al correr un flujo de potencia, se obtienen valores muy similares, tal como se aprecia en las figuras 3.4 y 3.5

Figura 18. Resultado Flujo de potencia en CCM 900-I.



Elaboración: Propia.

Figura 19. Resultado Flujo de potencia para CCM despacho de bombonas



Elaboración: Propia.

Al comparar el valor de corriente obtenido en la figura 3.4 con lo entregado por los display de medición del CCM, mostrado en la figura 3.3 se puede ver que son muy similares, distando uno del otro entre 0.2 a 0.4[A] y con un factor de potencia parecido. En este último punto es importante destacar que la razón de emplear otro factor de potencia en el modelo, y no el que aparece en las figuras 3.4 y 3.5, es debido a que se optó por utilizar un valor promedio, luego de registrar durante una semana datos con los display de medición del CCM. Lo mismo se hizo con los datos obtenidos de los PLCs que están en comunicación con el sistema escada.

4.3.2 COMPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para resumir y no mostrar todos los resultados de la forma anterior, a continuación se exponen tablas con una recopilación de los datos y resultados obtenidos con el modelo. En las tablas 2 y 3 se muestran los valores promedio de los datos recogidos de los multilines 469 durante una semana.

Tabla 4. Promedios de Datos Obtenidos durante la semana.

Num	Area	Motor	Corriente [A]	Voltaje linea [V]	F.P.
1	S.E. HAVER 1	CCM 1050	90.15	459.13	1.00
2	S.E. HAVER 4	CCM 9500	123.07	458.92	0.99
3	EXTRACCION	CCM 900-I	192.75	458.26	0.99
4	TRANSPORTE	CCM 900-II	127.87	458.79	0.99
5	S.E. HAVER 2	CCM 1	137.98	459.12	1.00
		CCM 2	64.20	458.84	1.00
6	S.E. HAVER 3	CCM 1400	137.95	459.02	1.00
		CCM BOMBONA	43.77	459.08	1.00

Elaboración: Propia.

Ahora para contrastar, se muestra la tabla 4 con los resultados obtenidos con el modelo creado para los mismos motores al simular un flujo de potencia. Si se compara esta última con las tablas 3 se puede evidenciar que las diferencias entre los valores obtenidos en las simulaciones y lo entregado promedios obtenidos tienen una pequeña diferencia, por ejemplo, los factores de potencia difieren en promedio en 2 centésimas, lo cual es aceptable considerando que este valor depende de las condiciones en que se encontraba operando la planta durante esa semana, entre otros factores. Los valores de tensión obtenidos al simular, también son muy similares, con diferencias que no superan un 2.5% del valor observado.

Tabla 5. Resultados Obtenidos con el Programa DIGSILET al Simular un Flujo de Potencia.

		DIGSILENT PowerFactory 15.1.2		Project: Date: 7/29/2017	
Load Flow Calculation				Complete System Report: Voltage Profiles	
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No	
Automatic Tap Adjust of Transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1.00 kVA	
Consider Reactive Power Limits		Nodes		0.10 %	
		Model Equations			
Grid: Wens		System Stage: Wens		Study Case: Study Case	
				Annex: / 1	
	rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.] [kV] [deg]		Voltage - Deviation [%]	
				-10	-5 0 +5 +10
Barra E	6.00	1.000	6.00 0.00		
Barra F	0.46	1.006	0.46 29.00		■
TD HAVER 3	0.46	1.006	0.46 28.63		■
CCM 1400	0.46	1.002	0.46 28.69		
CCM DESPACHO BOMBONAS	0.46	1.005	0.46 28.70		■
TD 380 HAVER 3	0.38	0.000	0.00 0.00	////	
TD HAVER 2	0.46	1.003	0.46 28.39		■
CCM 2	0.46	0.999	0.46 28.50		
CCM 1	0.46	0.996	0.46 28.74		■
CCM 1050	0.46	0.996	0.46 29.00		■
CCM 10100	0.46	0.994	0.46 28.86		■
TD HAVER 4	0.46	1.000	0.46 28.87		
CCM 1200 - 1300	0.46	0.998	0.46 29.00		
CCM 900-I	0.46	0.995	0.46 29.74		■
CCM 900-II	0.46	0.993	0.46 28.85		■
TD SILO7	0.46	1.011	0.47 28.36		■
CCM 9500	0.46	1.010	0.46 28.51		■

Elaboración: Propia.

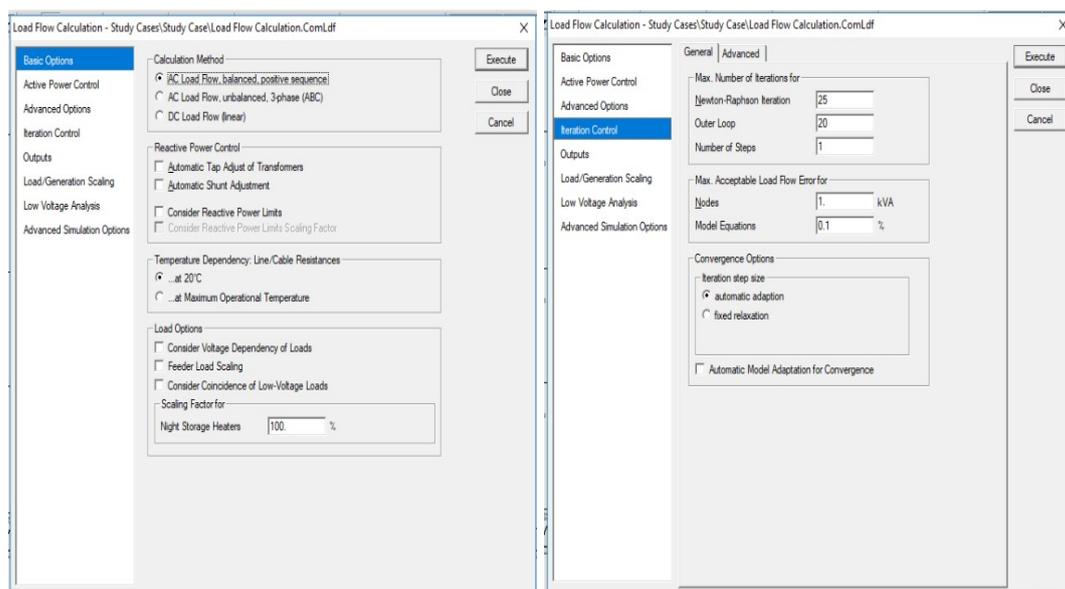
4.4 MODELADO DEL SISTEMA

Después de organizar la información recopilada en sitio referente a la topología del sistema, parámetros de los equipos de potencia y las simulaciones de flujo de potencia principalmente, se efectuaron diferentes simulaciones y trabajos.

4.4.1 FLUJOS DE POTENCIA

Las simulaciones con el programa DIGSILET, permiten visualizar una gran cantidad de resultados distintos, en particular para el caso de los flujos de potencia, se puede ver por ejemplo la tensión y corriente en los distintos elementos del sistema, tal como se puede apreciar en la figura 4.1

Figura 20. Opciones posibles en la entrega de resultados de un flujo de potencia.



Elaboración: Propia

También permite seleccionar el método de cálculo que se empleará (Newton-Raphson, Desacoplado Rápido o Gauss-Seidel) además de seleccionar en qué condición estarán las cargas (normal, freno, emergencia, carga en invierno, etc...), para lo cual se debe indicar previamente el modelo de cada carga. Son variadas las opciones que tiene el programa; en

este caso, se utilizó el método de Newton-Raphson y todas las cargas están trabajando en una situación normal, con el factor de potencia y la carga a la que trabajan la mayoría del tiempo.

4.4.1.1 NIVELES DE TENSION EN BARRAS

De los resultados obtenidos al simular el flujo de potencia, uno de los más relevantes se muestra en el Anexo 5, correspondiente a un reporte entregado por DIGSILET, con todas las alertas críticas con respecto a las barras del sistema, es decir, las barras donde la tensión es superior a un 105% o inferior a un 95% del voltaje nominal.

Uno de los problemas principales se presentó para sala eléctrica Haver 4, ya que las cargas que se encontraban en sala eléctrica Haver 1 pasaron a la SE Haver 4, debido a este traslado el conductor que alimentaba a la SE Haver 4 se presentaba en rojo y esto era un indicador de que se requería un dimensionamiento apropiado y su posterior cambio.

Figura 21. Prueba termográfica en la barra de alimentación del TD Haver 4



Fuente: Empresa SELMEC S.R.L.

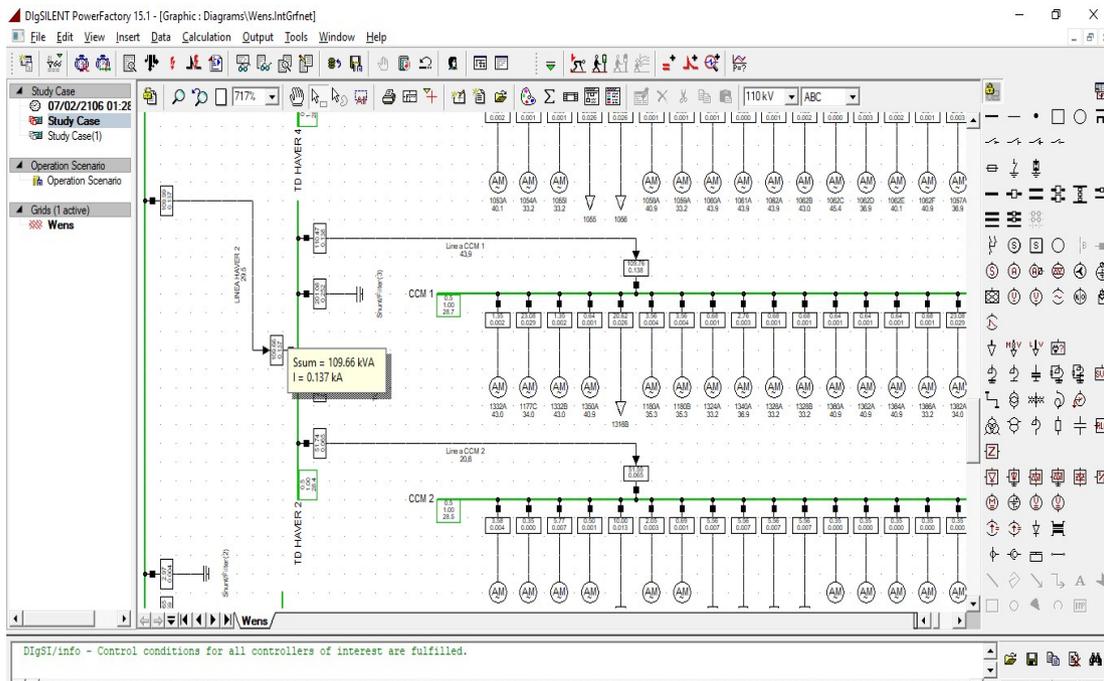
4.4.1.2 CAPACIDAD DE SALAS ELÉCTRICAS

Otra gran ayuda que brinda simular flujos de potencia, es conocer la capacidad que hay disponible en cada sala eléctrica. Por ejemplo en SE Haver 2 se encontraban las siguientes cargas:

- CCM 1
- CCM 2
- CCM 9500

Una vez conocidos estos valores al correr un flujo de carga utilizando el modelo creado en el software de simulación DIGSILET, se toma la decisión de crear una nueva línea para el CCM 9500 y de esta manera otro tablero de distribución denominado TD Silo 7.

Figura 22. Resultado flujo de potencia en la Sala Eléctrica Haver 2.



Elaboración: Propia.

4.4.1.3 RESULTADOS DE FLUJO DE POTENCIA:

Una vez que se tiene la comparación de valores y de esta forma se valida el modelo en software de simulación DIGSILET, se establecen los siguientes resultados, comenzando de la barra principal que se encuentra en la sala del transformador el cual se denomina como Feeder Panel de ahí parten las líneas que alimenta a las salas eléctricas distribuidas en línea de despacho y los resultados se muestra a continuación:

Tabla 6. Resultados de flujo de potencia Feeder Panel.

BARRA (FEE, DER PANEL, SALA DE TRASFORMADOR)

Núm.	Línea	Tensión Nominal [Kv]	Potencia Activa [Kw]	Potencia Reactiva [Kvar]	Corriente [Ka]	Loading [%]
1	Línea a Haver 3	0.46	86.27	94.21	0.16	34.28
2	Línea a Silo 7	0.46	33.15	13.65	0.27	33.73
3	Línea a Haver 4	0.46	81.40	90.51	0.49	61.15
4	Línea a Haver 2	0.46	93.77	57.23	0.14	29.48

Elaboración: Propia.

También el flujo de potencia se realizó para todas las salas como se aprecia en los siguientes cuadros, distribuidos por salas

Tabla 7. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3.

BARRA (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, SALA HAVER 3)

Núm.	Línea	Tensión Nominal [Kv]	Potencia Activa [Kw]	Potencia Reactiva [Kvar]	Corriente [Ka]	Loading [%]
1	Línea a CCM 1400	0.46	85.63	66.11	0.14	42.86
2	Línea a TD Silo 6	0.46	0.04	33.96	0.04	13.46

Elaboración: Propia.

Tabla 8. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3

BARRA (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, SALA SILO 7)

Núm.	Línea	Tensión Nominal [Kv]	Potencia Activa [Kw]	Potencia Reactiva [Kvar]	Corriente [Ka]	Loading [%]
1	Line a CCM 9500	0.46	0.25	91.71	0.11	32.06

Elaboración: Propia.

Tabla 9. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3

BARRA (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, SALA HAVER 4)

Núm.	Línea	Tensión Nominal [Kv]	Potencia Activa [Kw]	Potencia Reactiva [Kvar]	Corriente [Ka]	Loading [%]
1	Line a CCM 1050	0.46	40.05	58.84	0.09	25.15
2	Line a CCM 10100	0.46	75.28	40.65	0.11	30.24
3	Line a CCM 10200 -	0.46	12.09	44.10	0.06	16.16
4	Line a CCM 900-I	0.46	2.35	54.90	0.19	71.99
5	Line a CCM 900-II	0.46	89.67	45.28	0.13	35.50

Elaboración: Propia.

Tabla 10. Resultados de flujo de potencia S.E. HAVER 3

BARRA (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, SALA HAVER 2)

Núm.	Línea	Tensión Nominal [Kv]	Potencia Activa [Kw]	Potencia Reactiva [Kvar]	Corriente [Ka]	Loading [%]
1	Línea a CCM 2	0.46	32.14	40.50	0.06	20.55
2	Línea a CCM 1	0.46	40.65	02.57	0.14	43.84

Elaboración: Propia.

4.4.2 ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO

Al momento de diseñar un proyecto y dimensionar conductores, protecciones, etc., de una red eléctrica, uno de los parámetros más importantes a determinar es el nivel de la corriente de cortocircuito que hay presente en distintos puntos del sistema.

4.4.2.1 ANÁLISIS EN LA BARRA HAVER 4

Se considera como referencia el modelo creado en el software de simulación DIGSILET, para detallar con más amplitud la barra Haver 4, debido a los cabios que sufrió la sala.

a. **Falla trifásica**, contempla las siguientes características.

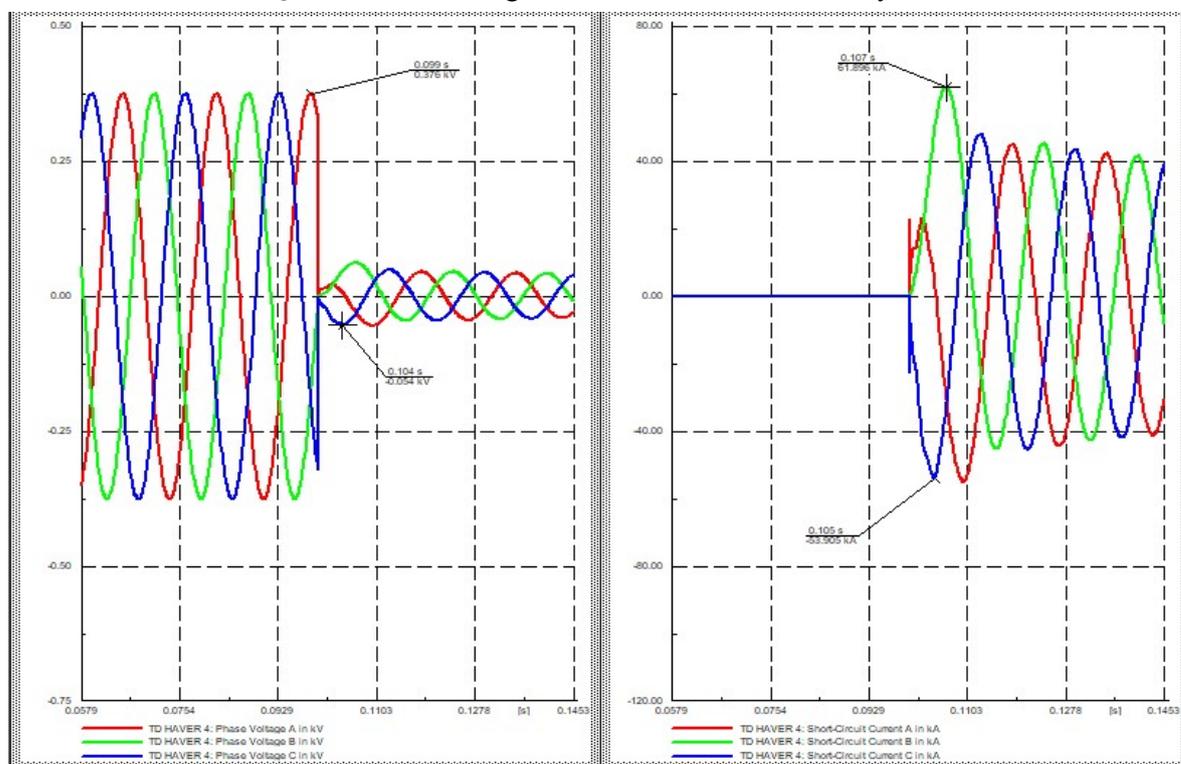
- Short-Circuit Calculation / Method : IEC 60909
- 3-Phase Short-Circuit / Max. Short-Circuit Currents |

Tabla 11. Falla trifásica en la barra del TD Haver 4

Núm.	Línea	Barra	Potencia De Cortocircuito $S_{k''}$ [Kva]	Corriente De Cortocircuito $I_{k''}$ [Ka]	Corriente Pico I_p [Ka]
1	LINEA HAVER 4	Barra F	29921.02	37.55	29921
2	Line a CCM 1050	CCM 1050	931.84	1.17	931
3	Line a CCM 1010	CCM 10100	424.71	0.53	424
4	Line a CCM 1020	CCM 1200 -	771.48	0.97	771
5	Line a CCM 900-	CCM 900-I	2446.47	3.07	2446
6	Line a CCM 900-	CCM 900-II	401.29	0.50	401

Elaboración: Propia.

Figura 23. Graficar digsilent short circuit de tensión y corriente 3F

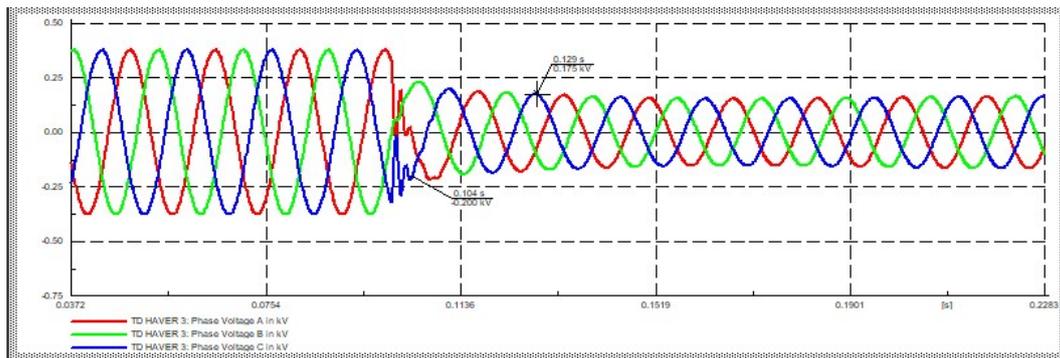


Elaboración: Propia.

En la figura 23. Debido a que es una falla trifásica programada a 100 milisegundos, podemos apreciar que al momento de ocurrir la falla quedan tensión remanentes de 0.054kV en un tiempo de 0.104 s y esta se reduce a lo mínimo hasta un tiempo en la cual se extingue. Por otro lado la corriente tiene un comportamiento normal hasta que llega un momento en la que la corriente se dispara justo en el momento de falla alcanzando 61.896 kA en un tiempo de 0.107s, por lo tanto la tensión tiende a ser cero y la corriente se dispara.

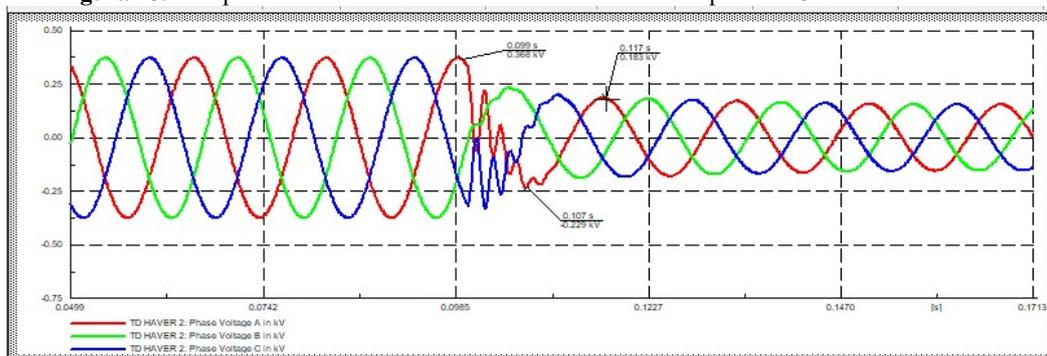
Ahora veremos cómo se comportan las demás barras debido a la falla trifásica que se presentó en la barra de la Haver 4.

Figura 24. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 3F en barra HAVER 4



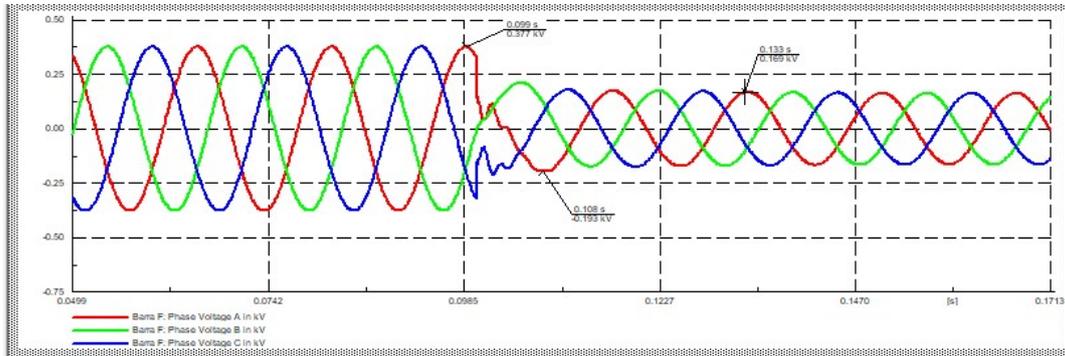
Elaboración: Propia.

Figura 25. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 2 por falla 3F en barra HAVER



Elaboración: Propia.

Figura 26. Comportamiento de la tensión en la barra de tablero de distribución ensacadora por falla 3F en barra HAVER



Elaboración: Propia.

En la figura 25 y figura 26, se puede apreciar que la tensión es normal hasta el momento en que ocurre la falla y luego de que ocurre la falla, la tensión en la barra Haver 3 sufre una distorsión y una disminución de la misma, la cual ocurre también para las otras barras.

b. Falla bifásica, , contempla las siguientes características

- Fault Locations with Feeders
- Short-Circuit Calculation / Method : IEC 60909
- 2-Phase (B y C)Short-Circuit / Max. Short-Circuit Currents |

Tabla 12. Falla bifásica en la barra del TD Haver 4

fase	voltaje de red [kV]	voltaje de cortocircuito [kV]	angulo de desfase [deg]	potencia de corticircuito $S_{k''}$ [kVA]	corriente de cortocircuito $I_{k''}$ [kA]	corriente pico I_p [kA]	corriente [kA]
A	0.46	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.46	0.14	0.14	10290.04	38.75	71.29	38.75
C	0.46	0.14	0.14	10290.04	38.75	71.29	38.75

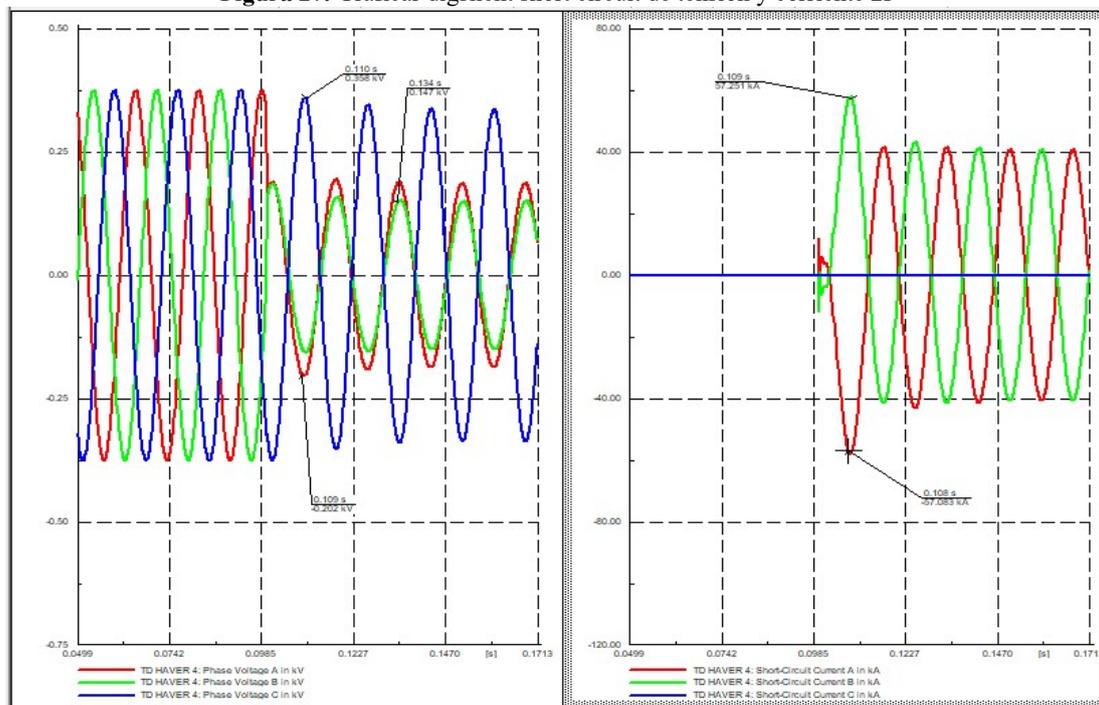
Elaboración: Propia.

Tabla 13. Comportamiento de la falla en las líneas

línea	barra	fase	potencia de cortocircuito $S_{k''}$ [kVA]	corriente de cortocircuito $I_{k''}$ [kA]	corriente pico I_p [kA]
LINEA HAVER 4	Barra F	A	0.00	0.00	0.00
		B	8637.45	32.52	59.84
		C	8637.45	32.52	59.84
Line a CCM 105	CCM 1050	A	0.00	0.00	0.00
		B	269.00	1.01	1.86
		C	269.00	1.01	1.86
Line a CCM 101	CCM 10100	A	0.00	0.00	0.00
		B	122.60	0.46	0.85
		C	122.60	0.46	0.85
Line a CCM 102	CCM 1200 -	A	0.00	0.00	0.00
		B	222.71	0.84	1.54
		C	222.71	0.84	1.54
Line a CCM 900	CCM 900-I	A	0.00	0.00	0.00
		B	706.24	2.66	4.89
		C	706.24	2.66	4.89
Line a CCM 900	CCM 900-II	A	0.00	0.00	0.00
		B	115.84	0.44	0.80
		C	115.84	0.44	0.80

Elaboración: Propia.

Figura 27. Gráfico digisilent short circuit de tensión y corriente 2F

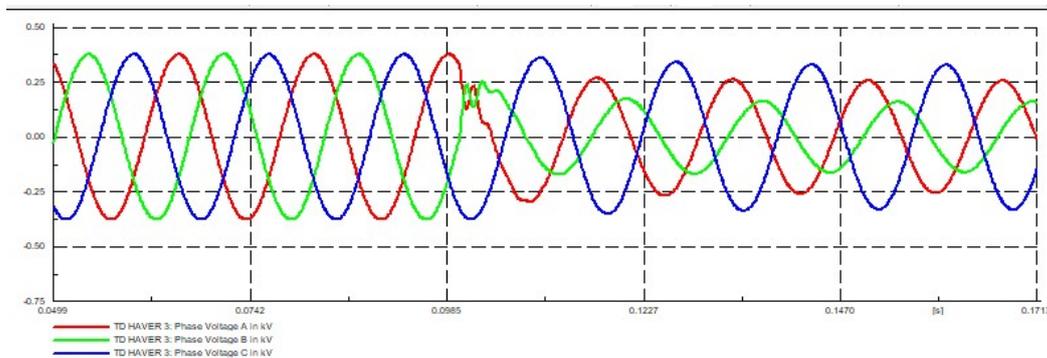


Elaboración: Propia.

En la figura 27. Las fases correspondientes a las fases B y C producen una falla bifásica y queda tensión remanentes de 0.147kV en un tiempo de 0.110s y esta se reduce hasta cero. La corriente tiene un comportamiento normal asta el momento de la falla en la que se dispara y alcanza una corriente 57.251 kA en un tiempo de 0.107s.

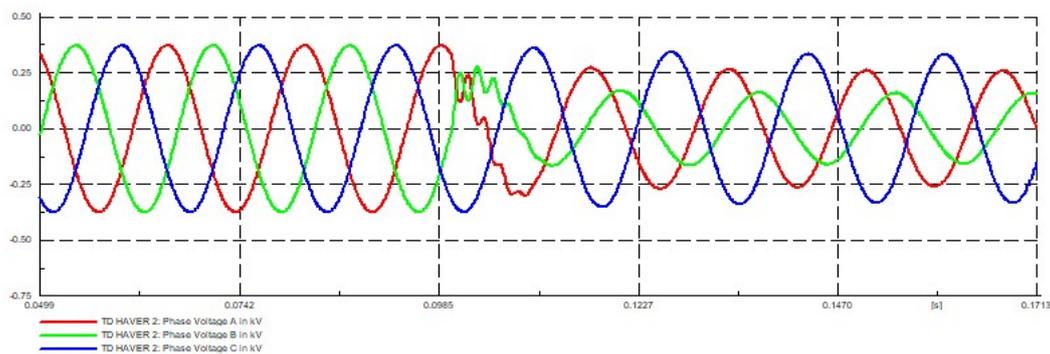
Ahora veremos cómo se comportan las demás barras debido a la falla bifasica (fase B y C) que se presentó en la barra de la Haver 4.

Figura 28. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 2F en barra HAVER 4



Elaboración: Propia.

Figura 29. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 2 por falla 2F en barra HAVER 4



Elaboración: Propia.

Como era de esperar en la figura 28 y figura 29, se puede apreciar que la tensión es normal hasta el momento en que ocurre la falla y luego de que ocurre la falla, las dos fases

involucradas en la fallas sufre una distorsión y una disminución de la misma, la cual ocurre también para las otras barras.

c. Falla de una fase a tierra, contempla las siguientes características

- Fault Locations with Feeders
- Short-Circuit Calculation / Method : IEC 60909
- Single Phase to Ground / Max. Short-Circuit Currents |

Tabla 14. Falla de una fase a tierra en la barra del TD Haver 4

fase	voltaje de red [kV]	voltaje de cortocircuito [kV]	angulo de desfase [deg]	potencia de corticircuito $S_{k''}$ [kVA]	corriente de cortocircuito $I_{k''}$ [kA]	corriente pico I_p [kA]	corriente [kA]
A	0.46	0.00	0.00	7651.46	28.81	53.01	28.81
B	0.46	0.32	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.46	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00

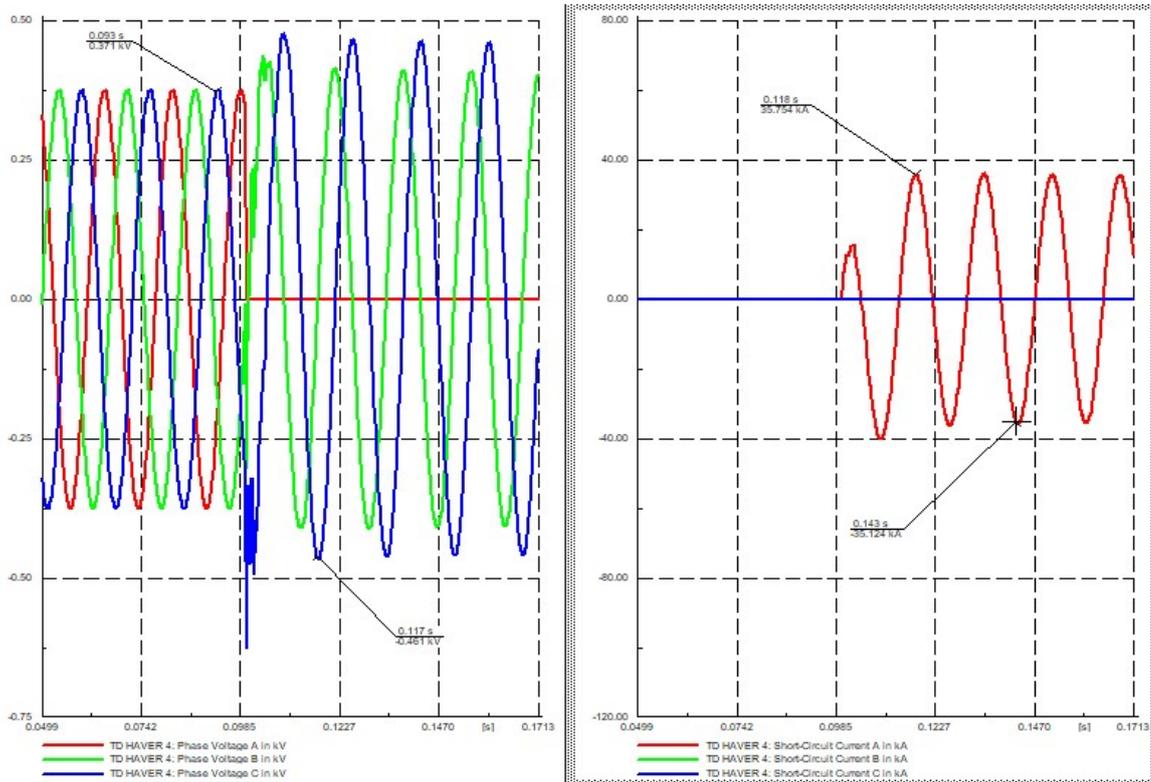
Elaboración: Propia.

Tabla 15. Comportamiento de la falla en las líneas

línea	barra	fase	potencia de corticircuito $S_{k''}$ [kVA]	corriente de cortocircuito $I_{k''}$ [kA]	corriente pico I_p [kA]
LINEA HAVER 4	Barra F	A	6831.63	25.72	47.33
		B	414.69	1.56	2.87
		C	414.69	1.56	2.87
Line a CCM 105	CCM 1050	A	133.35	0.50	0.92
		B	66.67	0.25	0.46
		C	66.67	0.25	0.46
Line a CCM 101	CCM 10100	A	60.78	0.23	0.42
		B	30.39	0.11	0.21
		C	30.39	0.11	0.21
Line a CCM 102	CCM 1200 -	A	110.40	0.42	0.76
		B	55.20	0.21	0.38
		C	55.20	0.21	0.38
Line a CCM 900	CCM 900-I	A	350.09	1.32	2.43
		B	175.05	0.66	1.21
		C	175.05	0.66	1.21
Line a CCM 900	CCM 900-II	A	57.43	0.22	0.40
		B	28.71	0.11	0.20
		C	28.71	0.11	0.20

Elaboración: Propia.

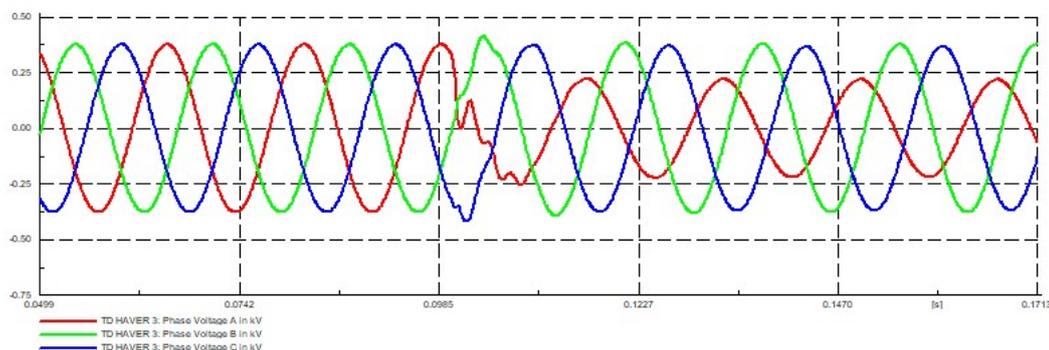
Figura 30. Graficar digilent short circuit de tensión y corriente 1T



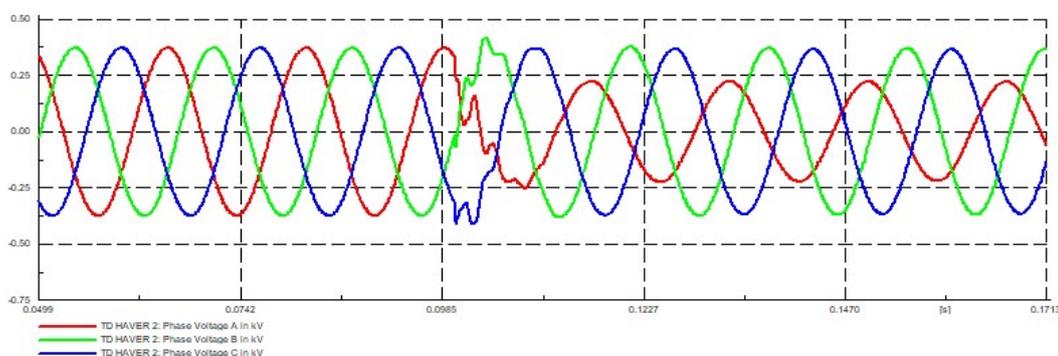
Elaboración: Propia.

En la figura 30. La fase A es quien produce la falla a tierra en la barra del TD Haver 4, que luego de ocurrir la falla en la fase A esta tiende a cero y las otras dos fases incrementan la tensión hasta alcanzar un valor de 0.461kV en un tiempo de 0.177s. La corriente de la misma forma al momento de ocurrir la falla se incrementa a 35.756 kA en un tiempo de 0.118s.

Ahora veremos cómo se comportan las demás barras debido a la falla bifásica (fase B y C) que se presentó en la barra de la Haver 4.

Figura 31. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 2F en barra HAVER 4

Elaboración: Propia.

Figura 32. Comportamiento de la tensión en la barra HAVER 3 por falla 2F en barra HAVER 4

Elaboración: Propia.

Como era de esperar en la figura 31 y figura 32, se puede apreciar que la tensión es normal hasta el momento en que ocurre la falla y luego de que ocurre la falla, la fases involucradas sufre una distorsión y una disminución de la misma, la cual ocurre también para las otras barras.

4.4.2.2 RESUMEN DE RESULTADOS DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Esto ya que la corriente de cortocircuito calculada define el mínimo valor de capacidad de ruptura que deben tener los elementos involucrados en la falla de cortocircuito, para que sean capaces de soportarlos y en el caso de las protecciones y fusibles, de despejarlos.

En las páginas siguientes, las tablas 5 a 8 contienen un resumen de los valores de corriente de cortocircuito para cada tipo de falla, en las barras más importantes del sistema.

Tabla 16. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA "TD SILO 7"

BUS	3-Phase Short-Circuit			2-Phase Short-Circuit			Single Phase to Ground			
	kV	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip
TD HAVER 3	0.46	20.41	16.92	34.49	17.68	16.03	29.87	10.72	10.36	18.11
CCM 1400	0.46	12.99	11.38	20.69	11.25	10.51	17.92	6.59	6.44	10.51
CCM DESPACHO	0.46	12.93	11.36	20.29	11.19	10.47	17.57	6.50	6.36	10.21

Tabla 17. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA "TD HAVER 3"

BUS	3-Phase Short-Circuit			2-Phase Short-Circuit			Single Phase to Ground			
	kV	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip
TD HAVER 2	0.46	11.50	10.17	19.82	9.96	9.35	17.17	5.99	5.86	10.33
CCM 2	0.46	6.92	6.31	11.31	5.99	5.72	9.80	3.49	3.44	5.71
CCM 1	0.46	7.31	6.32	13.14	6.33	5.87	11.38	3.57	3.47	6.42

Tabla 18. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA "TD HAVER 2"

BUS	3-Phase Short-Circuit			2-Phase Short-Circuit			Single Phase to Ground			
	kV	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip
TD HAVER 4	0.46	37.43	31.72	69.18	32.41	29.78	59.91	25.91	24.94	47.90
CCM 900-I	0.46	10.97	9.42	19.35	9.50	8.77	16.76	5.29	5.14	9.32
CCM 900-II	0.46	12.94	12.20	19.68	11.21	10.88	17.05	7.03	6.96	10.69
CCM 1050	0.46	13.16	12.19	20.68	11.39	10.96	17.91	7.01	6.92	11.02
CCM 10100	0.46	12.93	12.19	19.70	11.20	10.88	17.06	7.01	6.94	10.68
CCM 1200 - 1300	0.46	13.12	12.18	20.41	11.36	10.94	17.67	6.97	6.88	10.85

Tabla 19. Resumen de las Corrientes de Cortocircuito Para los 3 Tipos de Falla de las Barras Asociadas a la BARRA "TD HAVER 4"

BUS	3-Phase Short-Circuit			2-Phase Short-Circuit			Single Phase to Ground			
	kV	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip	Ik''	Ik'	Ip
TD SILO 7	0.46	16.97	15.55	27.84	14.70	14.06	24.11	9.44	9.28	15.47
CCM 9500	0.46	12.19	11.09	20.37	10.56	10.06	17.64	6.36	6.25	10.63

Elaboración: Propia.

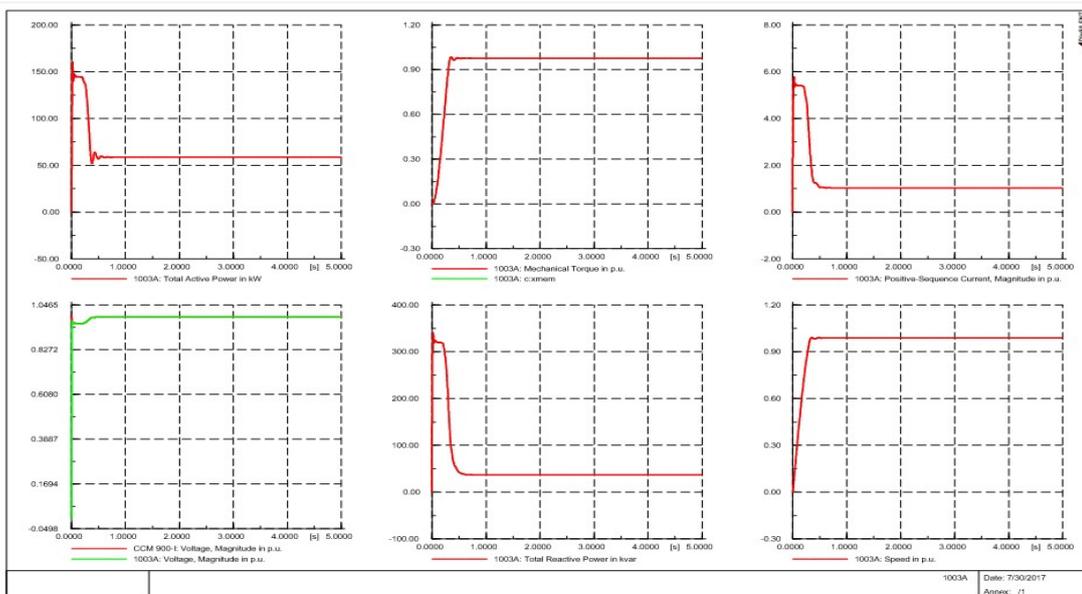
Finalmente, los datos entregados en las tablas 16 a 19 son muy importantes cuando se quiere coordinar protecciones, ya que como se dijo, definen el mínimo valor al cual deben actuar éstas.

4.4.3 PARTIDA DE MOTORES

Con respecto a la partida de motores, no se propuso nada en particular como objetivo, sin embargo es una herramienta bastante útil y se utilizó en varias ocasiones, por ejemplo, para determinar la corriente máxima a la partida de un motor y poder dimensionar un cable.

Realizando una simulación estática de la partida para el motor del ventilador de filtro 1003 en el programa, el cual vendría a ser uno de los motores más grandes que se presentan en la línea de despacho, con DIGSILET, se obtiene la siguiente curva de corriente mostrada en la figura 4.5.

Figura 33. Corriente del motor del ventilador de filtro 1003 al simular estáticamente su partida.



Elaboración: Propia.

Del gráfico se desprende que la corriente máxima es de 493.3 A y la corriente de trabajo es 87.5 A, considerando una potencia total activa de 58.5 Kw y una potencia reactiva total de 36.7 Kvar. Este valor es levemente superior a los registrados, pero sirve para tener en cuenta el rango de valores que se puede llegar a obtener.

4.5 ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Como parte de los objetivos del proyecto se tenía la actualización de la información para su posterior entrega a planta. Se realizó un recuento de toda información pendiente para lo cual se ha distribuido de la siguiente manera.

Listado de cables para equipos eléctricos (Anexo 1)

- Listado de cables de fuerza CCM 900-I (Extracción de cemento silos 1-5 y transporte de cemento a Haver 1,2 y 3)
- Listado de cables de fuerza CCM 900-II (Embolsadora de big bag)
- Listado de cables de fuerza CCM 1050 ensacadora Haver 1

Listado de señales de instrumentación y control (Anexo 2)

- Listado de entradas y salidas - área 900
- Listado de entradas y salidas - área 1050

Planos red line - as built (Anexo 3)

- Flow sheet
- Diagrama unifilar
- Tableros de distribución
- Tablero de control
- Centro de control de motores

Diagrama elaborado en DIgSILET (Anexo 4)

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se cumplió a cabalidad la consolidación de las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación para la extracción y transporte de cemento a Haver 1, 2 y 3, el cual estaba establecido como el objetivo general. Es decir, al reforzar la línea de despacho se logró la fluidez que se requería para ser una planta automatizada que permite operar el sistema desde un cuarto de control aislado de los equipos de proceso, reduciendo de manera significativa el contacto del personal con el polvo de cemento.

SEGUNDO: Debido al crecimiento de la planta de cemento y la fluidez con la que se utilizan los equipos de la línea de despacho, esto se incrementan por lo cual se realizó el diagnóstico de la situación actual, el cual nos permitió conocer en su totalidad las instalaciones eléctricas de fuerza, control e instrumentación de la línea de despacho, debido a este diagnóstico se realizaron los cambios de conductores, equipos e instrumentos deteriorados.

TERCERO: Una vez terminado con el recojo de los datos en campo se consiguió crear un modelo computacional, implementado en el software de ingeniería eléctrica DIGSILET, que permite realizar diferentes simulaciones como flujos de potencia, análisis de cortocircuito, arranque de motores, entre otros. Por otro lado, esta creación constituye en sí misma una importante base de datos actualizada del sistema eléctrico de potencia de la gerencia de plantas.

CUARTO: Para la entrega de una base de datos actualizada de los equipos e instrumentos de la línea de despacho y de esta forma tener un mayor control del proceso, una de las

dificultades que se presentan a menudo, es obtener la información de los parámetros eléctricos de los equipos, ya que debido a la antigüedad de algunos equipos estos ya no cuentan con las placas de datos correspondientes o estas se encuentran en muy mal estado, y considerando también que en las subestaciones eléctricas no se tiene por lo regular una base de datos o algún registro de los parámetros de los equipos que integran la red, lo cual sería muy conveniente.

SUGERENCIAS

PRIMERO: Se recomienda realizar mantenimiento y revisiones periódicas a los equipos que conforman el sistema eléctrico de la línea de despacho, así como a las conexiones de tierra, para evitar incidentes que pongan en riesgo la integridad física del personal operativo y de las instalaciones, porque ante todo, lo primordial es la protección de la vida humana.

SEGUNDO: Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo tanto de los sensores de nivel de tolvas de recirculación como de las tolvas de silos de extracción ya que estos realizan una labor de control de gran importancia en el desarrollo del proceso de transporte.

TERCERO: Entre las posibles líneas de desarrollo y mejoras que se le pueden hacer al modelo creado, están en primer lugar, modelar con mayor detalle otras partes del sistema eléctrico, además de la línea de despacho, lo que permitiría analizar con mayor precisión los problemas de tensión existentes en la ensacadora.

CUARTO: Otra mejora que se puede hacer al modelo es la coordinación completa de todas de las protecciones del SEP, ya que en este caso no se realizó la coordinación de la red. De esta forma, si se mantiene actualizado el modelo, frente a cualquier cambio en las configuraciones de las protecciones, se podrá tener claro cómo se comportará el sistema y tomar decisiones anticipadas para enfrentarlas.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Allen Bradley. (2016). Motor Control Centers. *Centerline 2100* , 1-16.
2. Allen-Bradley. (Octubre de 2015). Módulos de E/S HART ControlLogix 1756-IF8IH y -OF8IH. *Rockwell Automation*, 1.
3. Arias, G. (2006). *El proyecto de Investigación*. Caracas - Venezuela: Episteteme.
4. Chile, U. d. (1996). *Conexión trifásica de Transformadores*. dto. Ing. Eléctrica: Publicación C/4 (nº29).
5. Electronics, O. E. (16 de Febrero de 2010). *Motion Control*. Obtenido de El Convertidor de Frecuencia (I): <http://www.infopl.net/blog4/2010/02/16/el-convertidor-de-frecuencia/>
6. EndressHauser. (2012). *Medición y detección de nivel*. Barcelona: Endress+Hauser,S.A.
7. ESA. (2016). Secuenciador Para Planta Limpiadora De Polvo BB. *Electronic Control System fro dust collectors*, 1-11.
8. Festo. (2015). LFR/LFRS. *Unidades de filtro y regulador*, www.festo.com/catalogue/.
9. Festo. (2015). SRBF-C. *Instrucciones de utilización*, www.festo.com/spareparts.
10. Gutierrez, A. (2000). *Teoria y análisis de máquinas eléctricas*. Lima - Peru: UNI FIEE.
11. John J. Grainger, William D. Stevenson. (1996). *Análisis de sistemas de potencia*. Mexico: Mc Graw-Hill.
12. Maloney, T. J. (2006). *Electrónica Industrial Moderna*. México: Pearson, 5ta Edición.
13. Minería, o. l. (21 de Junio de 2013). *Instituto de ingenieros de minas del Perú*. Obtenido de <http://www.mineriaonline.com.pe/pagedeta.asp?idtipo=4&idpage=416>

14. Mollet. (7 de January de 2010). *MOLOSmembran MFE*. Obtenido de <http://www.mollet-level.com/products/mf-membrane-level-indicator/overview/mfe.html>
15. Pepperl+Fuchs. (21 de 07 de 2011). Sensor inductivo NJ15+U1+E2. Germany.
16. Pepperl-Fuchs. (18 de 04 de 2016). *Control velocidad de rotación KFU8-DWB-1.D*. Obtenido de http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_1830.htm?view=productdetails&prodid=48347
17. Roberto Hernández, C. F. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
18. Siemens. (2014). *Posicionadores electroneumáticos SIPART PS2*. ALEMANIA: Siemens AG,.
19. Sika, P. (2014). Proyecto Misti de Cementos Yura. *Sika, at work*, 2.
20. Telemecanique. (2015). *Lista de precios*. Barcelona: Schneider Electric España, S.A.
21. W. Brokering Christie, R. P. (2006). *Ñom Lűfke (el Rayo Domado) o Sistemas Eléctricos de Potencia*. Pearson.
22. Walter Brokering Christie, Rodrigo Palma Behnke, Luis Vargas Diaz. (2008). *Sistemas Eléctricos de Potencia*. Pearson.

ANEXOS.

Anexo 1: Listado de cables para equipos eléctricos

LISTADO DE CABLES DE FUERZA CCM 900-I EXTRACCION DE CEMENTO SILOS 1-5 Y TRANSPORTE DE CEMENTO A HAVER 1,2 Y 3

Ítem	DATOS CONSUMIDOR						DATOS DE CARGA				DATOS CABLE FUERZA										Obs	
	Descripción	TAG Yura	TAG Vendor	Tipo Arraque	NODO	Potencia (kW)	Potencia (HP)	Voltaje (V)	cos θ	CORRIENTE PLACA (A)	TIPO DE CABLE	TAG CABLE	Longitud (m)	Sección Mínima (mm²)	Sección Conductores (mm²)	# Termas	Tipo Cable (mm 2)	Capacidad Cable (Amp)	Factor Corrección Intermisis	% Trabajo del cable <85%		% Caída de Tensión <3%
CCM EXTRACCION DE CEMENTO SILOS 1 - 5 Y TRANSPORTE DE CEMENTO A HAVERS 1,2 Y 3																						
1	COMPRESOR AIRE COMPUERT. SILO 5	EN-902A	-	FVNR	5	15.0	20.0	440	0.91	23.5	RV-K 4x10mm2	W26	130	8.03	10	1	4x10	61	0.8	48.16%	2.52%	
2	VENTILADOR DE OLLA/CANALETA 903	EN-915B	-	FVNR	7	3.70	5.00	440	0.85	8.0	RV-K 4x4mm2	W27	121	2.38	4	1	4x4	34	0.8	29.41%	1.86%	
3	GUSANO TRANSPORTADOR A 904	EN-904A	-	FVNR	8	45.0	60.0	440	0.86	74.0	RV-K 4x25mm2	W29	125	22.96	25	1	4x25	110	0.8	84.09%	2.88%	
4	VENTILADOR DE CANALETA 905	EN-905A	-	FVNR	20	8.60	11.54	440	0.87	14.90	RV-K 4x6mm3	W33	104	3.89	6	1	4x6	44	0.8	42.33%	2.03%	
5	VENTILADOR DE CANALETA 915	EN-915A	-	FVNR	19	5.50	7.33	440	0.9	9.6	RV-K 4x4mm2	W32	94	2.34	4	1	4x4	34	0.8	35.29%	1.84%	
6	COMPUERTA/DE/DESCARGA/ SILO/1	EN-908A	-	FVR	11	0.37	0.49	440	0.77	1.21	RV-K 4x2.5mm2	W34	103	0.28	2.5	1	4x2.5	25	0.8	6.05%	0.35%	
7	COMPUERTA/DE/DESCARGA/ SILO/2	EN-910A	-	FVR	13	0.37	0.49	440	0.70	1.13	RV-K 4x2.5mm2	W36	94	0.21	2.5	1	4x2.5	25	0.8	5.65%	0.27%	
8	COMPUERTA/DE/DESCARGA/ SILO/3	EN-911A	-	FVR	15	0.37	0.49	440	0.77	1.21	RV-K 4x2.5mm2	W38	98	0.26	2.5	1	4x2.5	25	0.8	6.05%	0.33%	
9	COMPUERTA/DE/DESCARGA/ SILO/4	EN-913A	-	FVR	17	0.37	0.49	440	0.77	1.21	RV-K 4x2.5mm2	W40	91	0.24	2.5	1	4x2.5	25	0.8	6.05%	0.31%	
10	COMPRESOR AIRE SILOS 1 Y 3	EN-906A	-	FVNR	9	11.00	14.67	380	0.91	21.0	RV-K 4x10mm2	W31	118	6.51	10	1	4x10	61	0.8	43.03%	2.36%	
11	COMPRESOR AIRE SILOS 2 Y 4	EN-907A	-	FVNR	10	11.00	14.67	380	0.91	21.0	RV-K 4x10mm3	W30	116	6.40	10	1	4x10	61	0.8	43.03%	2.32%	

Continua...

12	Elevador de Cangliones 1, Motor Principal	EN-920A	-	FVNR	22	45.0	60.0	460	0.87	70.0	70.00	N2XOH FLEX 3x25mm2+1x16mm2	W09 - 01:H	90	15.82	25	1	4 x 25	110	0.8	79.55 %	1.90%
13	Elevador de Cangliones 1, Motor Auxiliar	EN-920B	-	FVNR	23	1.80	2.4	440	0.82	3.39	3.39	N2XOH FLEX 3x4mm2+1x4mm2	W10 - 01:H	90	0.72	4	1	4 x 4	34	0.8	12.46 %	0.57%
14	Motor de Ventilador Centrifugo Canaleta 1	EN-935A	-	FVNR	24	11.00	15.0	440	0.88	18.50	18.50	N2XOH FLEX 3x10mm2+110mm2	W11 - 01:H	90	4.23	10	1	4 x 10	61	0.8	37.91 %	1.33%
15	Motor de Ventilador Centrifugo Canaleta 2	EN-931A	-	FVNR	25	11.00	15.0	440	0.88	18.50	18.50	N2XOH FLEX 310mm2+1x10mm2	W12 - 01:H	71	3.34	10	1	4 x 10	61	0.8	37.91 %	1.05%
16	Motor Ventilador de Filtro 1	EN-938A	-	SS	26	12.60	16.8	460	0.89	17.20	17.20	N2XOH FLEX 3x10+1x10mm2	W13 - 01:H	120	5.30	10	1	4 x 10	61	0.8	35.25 %	1.59%
17	Motor Valvula Rotativa de Filtro 1	EN-938B	-	FVNR	27	0.43	0.6	440	0.72	1.0	1.00	N2XOH 4x4mm2	W15 - 01:H	120	0.25	4	1	4 x 4	34	0.8	3.68%	0.20%
18	Motor Ventilador de Filtro 2	EN-918A	-	SS		15.00	20.0	460	0.85		22.15	N2XOH FLEX 3x10mm2+110mm2	W16 - 01:H	92	5.00	10	1	4 x 10	61	0.8	45.39 %	1.50%
19	Elevador de Cangliones 2, Motor Principal	1001-A	-	FVNR	28	55.00	73.3	460	0.85	87.00	87.00	N2XOH 3x35mm2+1x25mm2	W19 - 01:H	71	15.16	35	1	4 x 35	135	0.8	80.56 %	1.30%
20	Elevador de Cangliones 2, Motor Auxiliar	1001-B	-	FVNR	29	2.60	3.5	440	0.84	4.75	4.75	N2XOH 3x4mm2+1x4mm2	W20 - 01:H	70	0.81	4	1	4 x 4	34	0.8	17.46 %	0.63%
21	Soplador de Canaleta	1002A		FVNR	30	11.00	15.0	440	0.88	18.50	18.50	RV-K 4G10mm2	W21 - 01:H	60	2.82	10	1	4 x 10	61	0.8	37.91 %	0.88%
22	Motor Ventilador de Filtro 1003	1003-A	-	SS	31	55.95	74.6	460	0.89	82.40	82.40	RV-K 4x16mm2	W22 - 01:H	116	24.56	16	2	4 x 16	164	0.8	62.80 %	2.30%
23	Motor Valvula Rotativa de Filtro 1003	1003-B	-	FVNR	32	0.75	1.0	460	0.85	1.85	1.85	RV-K 4x2.5mm2	W24 - 01:H	52	0.24	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	9.25%	0.28%
24	Motor de Ventilador Centrifugo Canaleta 1003	1006A	-	FVNR	33	5.50	7.5	460	0.91	9.20	9.20	RV-K 4x2.5mm2	W25 - 01:H	52	1.26	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	46.00 %	1.51%
25	Filtro Compacto- Silo 5	903C	-	FVNR	6	10.0	13.3	460	0.82	12.50	12.50	TC-ER XHHW-2 4X10AWG	W18 - 01:H	125	3.70	6	1	4 x 6	44	0.8	35.51 %	1.85%

Continua...

Ítem	Descripción	Desde (Tablero)	Hasta (Carga)	Ruta	Powe r (kW)	Powe r (HP)	Volta je (V)	cos θ	Amp. [A]	Longit ud (m)	Longit ud Parcial (m)	Sección Conduct or (mm ²)	# Term as	Tipo Cabl e (mm 2)	Capacid ad Cabl e (Amp)	Facto r Corre c. Inten Admi s	% Traba jo del cable <85%	% Caida de Tensi ón <3%	Obs
DISTRIBUCION BT - 0.46 KV																			
1	EXTRACCION DE CEMENTO SILOS 1-5 Y TRANSPORTE DE CEMENTO A HAVER 1,2 Y 3	TD 460V SE Haver 4	CCM 900-I	Int. Sala	508.3 7	677. 8	460	0.8 5	489.3 3	45	15.0	240	1	1 x 240	535.00	1	91.46 %	0.23%	
										15	15.0	70	1	1 x 70 PE					

Elaboración: Propia.

LISTADO DE CABLES DE FUERZA CCM 900-II EMBOLSADORA DE BIG BAG

Ítem	DATOS CONSUMIDOR				DATOS DE CARGA				DATOS CABLE FUERZA								Obs						
	Descripción	TAG Yura	TAG Vendor	Tipo Arranque	MODULO	Powerr (kW)	Powerr (HP)	Voltaje (V)	cos θ	CORRIENTE PLACA	Amp. [A]	TIPO DE CABLE	TAG CABLE	Longitud (m)	Sección Mínima (mm²)	Sección Conducto (mm²)		# Ternas	Tipo Cable (mm²)	Capacidad Cable (Amp)	Factor Correc Inten Admis	% Trabajo cable <85%	% Caída de Tensión <3%
CCM EMBOLSADOR A DE BIG BAG'S																							
1	ROMPE GRUPOS COMPUERTA 1, SILO 5	EN-901A_2	-	FVNR	1	1.50	2.00	440	0.76	2.85	2.85	RV-K 4x2.5mm2	W39-01:H	126	0.79	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	14.25 %	0.99%	
2	ROMPE GRUPOS COMPUERTA 2, SILO 5	EN-901B_2	-	FVNR	2	2.20	2.95	440	0.85	3.40	3.40	RV-K 4x2.5mm2	W40-01:H	126	1.05	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	17.00 %	1.32%	NO INSTALADO
3	ROMPE GRUPOS COMPUERTA 3, SILO 5	EN-901C_2	-	FVNR	3	2.20	2.95	440	0.85	3.40	3.40	RV-K 4x2.5mm2	W41-01:H	126	1.05	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	17.00 %	1.32%	NO INSTALADO
4	ROMPE GRUPOS COMPUERTA 4, SILO 5	EN-901D_2	-	FVNR	4	2.20	2.95	440	0.85	3.40	3.40	RV-K 4x2.5mm2	W42-01:H	126	1.05	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	17.00 %	1.32%	NO INSTALADO
5	VENTILADOR DE CANALETA 922	EN-922A	-	FVNR	46	11.18	15.00	440	0.88	20.50	20.50	N2XY 4x4mm2	W19-01:H	55	2.86	4.0	1	4 x 4	34	0.8	75.37 %	2.25%	
6	ZARANDA VIBRATORIA	EN-924A	-	FVNR	47	3.70	5.00	440	0.91	5.34	5.34	RV-K 4x2.5mm2	W20-01:H	120	1.68	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	26.68 %	2.11%	NO TIENE PLACA
7	VALVULA ROTATIVA TOLVA	EN-992A	-	FVNR		1.10	1.47	380	0.82	2.70	2.70	RV-K 4x2.5mm2		15	0.10	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	13.50 %	0.14%	
8	VALVULA ROTATIVA TOLVA	EN-992B	-	FVNR		2.50	3.33	460	0.75	2.50	2.50	RV-K 4x2.5mm2		15	0.08	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	12.50 %	0.10%	
9	VENTILADOR DE FILTRO MANGAS	EN-928A	-	FVNR	48	9.20	12.50	440	0.84	15.70	15.70	RV-K 4x6mm2	W21-01:H	125	4.76	6.0	1	4 x 6	44	0.8	44.60 %	2.49%	

Continua...

10	VALVULA ROTATIVA FILTRO	EN-9288	-	FVNR	49	0.55	0.73	440	0.71	1.30	1.30	RV-K 4x2.5mm2	W22-01:H	125	0.33	2.5	1	4x 2.5	25	0.8	6.50%	0.42%
11	ZARANDA VIBRATORIA BIG BAG 5	EN-10332A	-	FVNR	50	5.50	7.50	440	0.80	10.30	10.30	RV-K 4x4mm2	W26-01:H	117	2.78	4.0	1	4x 4	34	0.8	37.87%	2.18%
12	VENTILADOR DE FILTRO MANGAS BIG BAG 5	EN-10334A	-	FVNR	51	7.50	10.0	440	0.88	12.50	12.50	RV-K 4x6mm2	W27-01:H	125	3.97	6.0	1	4x 6	44	0.8	35.51%	2.07%
13	VALVULA ROTATIVA FILTRO BIG BAG 5	EN-10334B	-	FVNR	52	1.10	1.50	440	0.75	2.49	2.49	RV-K 4x2.5mm2	W28-01:H	125	0.67	2.5	1	4x 2.5	25	0.8	12.45%	0.85%
14	VALVULA ROTATIVA TOLVA BIG BAG 5	EN-10335	-	FVNR		1.50	2.00	440	0.80	3.40	3.40	RV-K 4x2.5mm2		15	0.12	2.5	1	4x 2.5	25	0.8	17.00%	0.15%

Item	Descripción	Desde (Tablero)	Hasta (Carga)	Ruta	Poder (kW)	Poder (HP)	Voltaje (V)	cos θ	Amp. [A]	Longitud (m)	Longitud Parcial (m)	Sección Conductor (mm²)	# Ternas	Tipo Cable (mm²)	Capacidad Cable (Amp)	Factor Corrección Admis	% Trabajo del cable <85%	% Caída de Tensión <3%	Obs
DISTRIBUCION BT - 0.46 KV																			
1	Alimentación CCM 900-II	TD 460V SE Haver 4	CCM 900-II	Int. Sala	77.89	103.9	460	0.85	80.80	60	15.0	90	1	1 x 90	210.00	1	38.48%	0.10%	
										15	15.0	70	1	1 x 70 PE					

Elaboración: Propia.

LISTADO DE CABLES DE FUERZA CCM 1050 ENSACADORA HAVER 1

Item	DATOS CONSUMIDOR					DATOS DE CARGA					DATOS CABLE FUERZA								Obs				
	Descripción	TAG Yura	TAG Vendor	Tipo Arranque	NODO	Power (kW)	Power (HP)	Voltaje (V)	cos θ	CORRIENTE PLACA	Amp. [A]	TIPO DE CABLE	TAG CABLE	Longitud (m)	Sección Mínima (mm ²)	Sección Conductor (mm ²)	# Termas	Tipo Cable (mm ²)		Capacidad Cable (Amp)	Factor Correc. Inten Admis	% Trabajo del cable <85%	% Caída de Tensión <3%
CCM ENSACADORA HAVER 1																							
1	ALIMENTADOR/ VIBRATORIO/ NIAGARA	EN-1053A	-	FVNR	1	3.0	4.0	440	0.8	5.85	5.85	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W10-01-H	118	1.67	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	29.25%	2.00%	
2	SOPLADOR/ AERIACION/ TOLVA/ ALMACENAMIENTO	EN-1054A	-	FVNR	2	17.0	22.7	440	0.89	16.20	16.20	SUPERFLEX 4x10AWG	W11-01-H	84	3.66	6	1	4 x 6	44	0.8	46.02%	1.83%	
3	ACCIONAMIENTO / DE /ROTACION 30	EN-1055I	-	VFD	21	1.50	2.0	440	0.81	3.22	3.22	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W12-01-H	85	0.67	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	16.10%	0.80%	
4	ENSACADORA/H&B/	EN-1055	-	FCB		44.00	58.7	440	0.82	70.49		BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W13-01-H	82	14.30	25	1	4 x 2.5	110	0.8	80.10%	1.72%	
5	ENSACADORA/ H&B/ APLICADOR AUTOMATICO	EN-1056	-	FCB		7.50	10.0	440	0.82	11.59		BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W14-01-H	71	2.04	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	57.96%	2.44%	
6	TRANSPORTADOR /EXTRACTOR	EN-1058A	-	FVNR	5	1.10	1.5	440	0.77	2.55	2.55	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W15-01-H	66	0.39	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	12.75%	0.47%	
7	TRANSPORTADOR /ALINEADOR	EN-1059A	-	FVNR	6	1.50	2.0	440	0.79	3.20	3.20	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W16-01-H	66	0.50	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	16.00%	0.60%	
8	CINTA/CHECK /WEIGHTER	EN-1060A	-	FVNR	7	0.75	1.0	440	0.73	1.91	1.91	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W17-01-H	66	0.28	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	9.55%	0.33%	
9	TRANSPORTE/DE /RODILLOS	EN-1061A	-	FVNR	3	0.55	0.7	440	0.77	1.59	1.59	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W18-01-H	66	0.24	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	7.95%	0.29%	
10	MESA/BASCULANTE /RECHAZO/DE/ BOLSAS	EN-1062A	-	FVNR	8	0.75	1.0	440	0.71	1.90	1.90	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W20-01-H	66	0.27	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	9.50%	0.32%	
11	SISTEMA /BASCULANTE / RECHAZO/DE/ BOLSAS	EN-1062B	-	FVR	9	3.20	4.3	440	0.81	4.60	4.60	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm ²	W21-01-H	66	0.74	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	23.00%	0.89%	

Continua...

12	RODILLOS/DE/SALIDA/ RECHAZO/DE /BOLSAS	EN- 1062C	-	FVNR	10	0.37	0.5	440	0.71		1.00	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W22- 01:H	66	0.14	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	5.00%	0.17%	NO HAY PLACA
13	LIMPIADOR/DE/ BOLSAS/RECHAZO /SACOS	EN- 1062D	-	FVNR	11	5.50	7.3	440	0.85	10.0	10.00	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W23- 01:H	66	1.69	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	50.00%	2.03%	
14	LIMPIADOR /ELIMINADOR /BOLSAS/ SIERRA/PAPEL	EN- 1062E	-	FVNR	12	3.0	4.0	440	0.82	5.55	5.55	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W24- 01:H	66	0.91	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	27.75%	1.09%	
15	LIMPIADOR/ELIM.DE /BOLSAS/ CRIBA /ROTATIVO	EN- 1062F	-	FVNR	13	1.10	1.5	440	0.77	2.50	2.50	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W26- 01:H	66	0.38	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	12.50%	0.46%	
16	ESPIRAL/ TRANSPORTADOR	EN- 1057A	-	FVNR	14	5.50	7.3	440	0.85	10.0	10.00	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W27- 01:H	80	2.05	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	50.00%	2.46%	
17	ELEVADOR DE CANGILONES	EN- 1066A	-	FVNR	15	5.50	7.3	440	0.85		10.00	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W28- 01:H	118	3.03	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	50.00%	3.63%	NO HAY PLACA
18	ESPIRAL TRANSPORTADOR	EN- 1067A	-	FVNR	16	2.20	2.9	440	0.8	4.30	4.30	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W29- 01:H	112	1.16	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	21.50%	1.40%	
19	MOTOR/ VENTILADOR/FILTRO	EN- 1008A	-	SS	17	30.0	40.0	440	0.85	49.0	49.00	BARRYFLEX RV-K 4x16mm2	W34- 01:H	112	14.08	16	1	4 x 16	82	0.8	74.70%	2.64%	
20	MOTOR/ VENTILADOR/FILTRO	EN- 1008B	-	SS	18	30.0	40.0	440	0.85	49.00	49.00	BARRYFLEX RV-K 4x16mm2	W33- 01:H	100	12.57	16	1	4 x 16	82	0.8	74.70%	2.36%	
21	MOTOR ESPIRAL DESCARGA DE FILTRO	EN- 1008C	-	FVNR	19	0.75	1.0	440	0.73	1.91	1.91	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm2	W32- 01:H	82	0.35	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	9.55%	0.41%	
22	MOTOR VALVULA DOSIFICADORA	EN- 1008D	-	FVNR	20	1.10	1.5	440	0.77	2.50	2.50	BARRYFLEX RV-K 4x2.5mm3	W31- 01:H	75	0.44	2.5	1	4 x 2.5	25	0.8	12.50%	0.52%	

Elaboración: Propia.

Anexo 2 Listado de señales de instrumentación y control

LISTADO DE ENTRADAS Y SALIDAS AREA 900 - DESCARGA DE SILOS 1-5, LLENADO DE TOLVAS DE ENSACADO

ID EQUIPO	SUB CODE	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	ID GRUPO	NOMBRE DE GRUPO	TIPO DE SENAL	GABINETE	DIRECCION	N° SLOT	OBSERVACIONES
TC_900_1										
TC_900	POW1	Tablero de control	Tensión Estabilizada	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data.0	2	
TC_900	POW2	Tablero de control	Tensión No Estabilizada	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.1	2	
908A	ZS3	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.2	2	
908A	ZS4	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.3	2	
908B_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.4	2	
908B_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.5	2	
908B_2	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.6	2	
908B_2	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.7	2	
908B_3	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.8	2	
908B_3	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.9	2	
908B_4	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.10	2	
908B_4	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.11	2	
908B_5	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.12	2	
908B_5	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.13	2	
908B_6	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.14	2	
908B_6	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:2:1.Data.15	2	
908C	ZS1	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:3:1.Data.0	3	
908C	ZS2	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:3:1.Data.1	3	
908D	ZS1	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:3:1.Data.2	3	
908D	ZS2	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:3:1.Data.3	3	

Continúa...

910A	ZS3	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.4	3
910A	ZS4	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.5	3
910B_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.6	3
910B_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.7	3
910B_2	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.8	3
910B_2	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.9	3
910B_3	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.10	3
910B_3	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.11	3
910B_4	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.12	3
910B_4	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.13	3
910B_5	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.14	3
910B_5	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-3-1:Data.15	3
910B_6	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.0	4
910B_6	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.1	4
910C	ZS1	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.2	4
910C	ZS2	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.3	4
910D	ZS1	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.4	4
910D	ZS2	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.5	4
911A	ZS3	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.6	4
911A	ZS4	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.7	4
911B_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.8	4
911B_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.9	4
911B_2	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.10	4
911B_2	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.11	4
911B_3	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1-4-1:Data.12	4

Continua...

911B_4	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 13	4
911B_4	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 14	4
911B_5	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 15	5
911B_5	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 1	5
911B_6	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 2	5
911B_6	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 3	5
911C	ZS1	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 4	5
911C	ZS2	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 5	5
911D	ZS1	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 6	5
911D	ZS2	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 7	5
913A	ZS3	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 8	5
913A	ZS4	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 9	5
913B_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 10	5
913B_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 11	5
913B_2	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 12	5
913B_2	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 13	5
913B_3	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 14	5
913B_3	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 15	5
913B_4	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 0	6
913B_4	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 1	6
913B_5	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 2	6
913B_5	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 3	6
913B_6	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 4	6
913B_6	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 5	6
913C	ZS1	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:1.Data 6	6

Continúa...

913C	ZS2	Aerodeslizador, Válvula	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.7	6
913D	ZS1	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.8	6
913D	ZS2	Sistema de fluidificación	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.9	6
901A	ZS1	Compuerta dosificadora 1	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.10	6
901A	ZS2	Compuerta dosificadora 1	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.11	6
901A_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.12	6
901A_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.13	6
901B	ZS1	Compuerta dosificadora 2	Switch de Posición Abierto	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.14	6
901B	ZS2	Compuerta dosificadora 2	Switch de Posición Cerrado	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:6:I.Data.15	6
TC_900	CMD1	Tablero de control	Sirena	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.0	7
TC_900	CMD2	Tablero de control	Baliza	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.1	7
908B_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.2	7
908B_2	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.3	7
908B_3	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.4	7
908B_4	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.5	7
908B_5	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.6	7
908B_6	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.7	7
908C	CMD	Aerodeslizador, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.8	7
908D	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.9	7
910B_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.10	7
910B_2	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.11	7
910B_3	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.12	7
910B_4	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.13	7
910B_5	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.14	7
910B_6	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:7:O.Data.15	7
910C	CMD	Aerodeslizador, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC_900_1:8:O.Data.0	8

Continúa...

910D	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.1	8
911B_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.2	8
911B_2	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.3	8
911B_3	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.4	8
911B_4	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.5	8
911B_5	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.6	8
911B_6	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.7	8
911C	CMD	Aerodeslizador, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.8	8
911D	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.9	8
913B_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.10	8
913B_2	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.11	8
913B_3	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.12	8
913B_4	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.13	8
913B_5	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 5	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.14	8
913B_6	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 6	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:8:O>Data.15	8
913C	CMD	Aerodeslizador, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.0	9
913D	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.1	9
901A_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 1	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.2	9
901B_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 2	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.3	9
901C_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 3	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.4	9
901D_1	CMD	Sistema de fluidificación, Válvula 4	Comando Abrir	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.5	9
903B	CMD	Filtro Compacto	Comando Inicio de Secuencia	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.6	9
905B	CMD1	Desviador de flujo	Comando Elevador 920	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO SPARE	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.7	9
905B	CMD2	Desviador de flujo	Comando Elevador 1001	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DO SPARE	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.8	9
						DO	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.9	9
						DO SPARE	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.10	9
						DO SPARE	TC_900_1	TC 900_1:9:O>Data.11	9

Continúa...

									DO_SPARE	TC_900_1	TC_900_1:9:O>Data.12	9
									DO_SPARE	TC_900_1	TC_900_1:9:O>Data.13	9
915E	CMD1	Desviador de flujo						18	DO	TC_900_1	TC_900_1:9:O>Data.14	9
915E	CMD2	Desviador de flujo	Comando, Elevador 920					18	DO	TC_900_1	TC_900_1:9:O>Data.15	9
908A	ZI	Compuerta dosificadora	Elevador.1001 Feedback de Posición	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	AI	TC_900_1	TC_900_1:10:Ch0Data	10
910A	ZI	Compuerta dosificadora	Feedback de Posición	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	AI	TC_900_1	TC_900_1:10:Ch1Data	10
911A	ZI	Compuerta dosificadora	Feedback de Posición	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	AI	TC_900_1	TC_900_1:10:Ch2Data	10
913A	ZI	Compuerta dosificadora	Feedback de Posición	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	AI	TC_900_1	TC_900_1:10:Ch3Data	10
906	PI	Compresor 1	Presión de Compresor.1	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	AI	TC_900_1	TC_900_1:10:Ch4Data	10
907	PI	Compresor 2	Presión de Compresor.2	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	AI	TC_900_1	TC_900_1:10:Ch5Data	10
901B_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Valvula 2	Switch de Posición Abierto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.0	11
901B_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Valvula 2	Switch de Posición Cerrado	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.1	11
901C	ZS1	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.2	11
901C	ZS2	Sistema de fluidificación, Valvula 3	Switch de Posición Cerrado	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.3	11
901C_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Valvula 3	Switch de Posición Abierto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.4	11
901C_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Valvula 3	Switch de Posición Cerrado	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.5	11
901D	ZS1	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.6	11
901D	ZS2	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Cerrado	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.7	11
901D_1	ZS1	Sistema de fluidificación, Valvula 4	Switch de Posición Abierto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.8	11
901D_1	ZS2	Sistema de fluidificación, Valvula 4	Switch de Posición Cerrado	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.9	11
903	LSH	Tolva intermedia	Alto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.10	11
903A	ZS1	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Abierto	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.11	11
903A	ZS2	Compuerta dosificadora	Switch de Posición Cerrado	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.12	11
904	MD	Transportador helicoidal	Detector de Movimiento	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.13	11
905B	ZS1	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia 920	Extracción Silos 1-2-3-4-5				18	DI	TC_900_1	TC_900_1:11:Data.14	11

Continúa...

905B	ZS2	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia 1001	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1:1:1>Data.15	11	
903B	PDSH	Filtro Compacto	Switch de Posición Diferencial Alta	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC_900_1:12:1>Data.0	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.1	12	Eliminar por secuencia
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.2	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.3	12	Eliminar por secuencia
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.4	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.5	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.6	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.7	12	
915E	ZS1	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia 920	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.8	12	
915E	ZS2	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia 1001	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.9	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.10	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.11	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.12	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.13	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.14	12	
						DI SPARE	TC_900_1	TC 900_1:12:1>Data.15	12	
TC 900-II										
918	PDSH	Filtro compacto	Switch de Posición Diferencial Alta	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.0	1	
918	AUTO	Filtro compacto	Automático	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.1	1	
920	MD1	Elevador de cangilones	Detector de Movimiento, Motor Principal	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.2	1	
920	MD2	Elevador de cangilones	Detector de Movimiento, Motor Auxiliar	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.3	1	
920	LSH	Elevador de cangilones	Switch de Nivel de Bota	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.4	1	
920	TS	Elevador de cangilones	Switch Termico de Sobrecalentamiento	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.5	1	
920	DEV1	Elevador de cangilones	Switch de Desalineamiento Inferior	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1>Data.6	1	

Continua...

920	DEV2	Elevador de cangilones	Switch de Desalineamiento Superior	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.7	1
932	ZS1	Válvula desviadora	Switch de Posición, Canaleta 935_2	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.8	1
932	ZS2	Válvula desviadora	Switch de Posición, Canaleta 931	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.9	1
934	ZS1	Válvula desviadora	Switch de Posición, Haver 3	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.10	1
934	ZS2	Válvula desviadora	Switch de Posición, Haver 1	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.11	1
936	ZS1	Válvula desviadora	Switch de Posición, Haver 2	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.12	1
936	ZS2	Válvula desviadora	Switch de Posición, Canaleta 922	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.13	1
938	PDSH	Filtro de mangas	Switch de Presión Diferencial Alta	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.14	1
938	AUTO	Filtro de mangas	Automático	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:1:1.Data.15	1
938B	MD	Válvula retentiva de filtro	Detector de Movimiento	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.0	2
1001	MD1	Elevador de cangilones	Detector de Movimiento, Motor Principal	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.1	2
1001	MD2	Elevador de cangilones	Detector de Movimiento, Motor Auxiliar	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.2	2
1001	LSH	Elevador de cangilones	Switch de Nivel de Bota	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.3	2
1001	TS	Elevador de cangilones	Switch Termico de Sobrecalentamiento	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.4	2
1001	DEV1	Elevador de cangilones	Switch de Desalineamiento Inferior	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.5	2
1001	DEV2	Elevador de cangilones	Switch de Desalineamiento Superior	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.6	2
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.7	2
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.8	2
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.9	2
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.10	2
1002D	ZS1	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia Zaramda 939	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.11	2
1002D	ZS2	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia Canaleta 1002	14	Transporte Ruta 1001	DI	TC_900_2	TC 900_2:2:1.Data.12	2

Continua...

911E	PDSH	Filtro de mangas	Switch de Presión Diferencial Alta	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.4	4	Antes 911F
911E	AUTO	Filtro de mangas	Automático. Switch de Presión Diferencial Alta	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.5	4	Antes 911F
913E	PDSH	Filtro de mangas	Automático. Switch de Presión Diferencial Alta	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.6	4	Antes 913F
913E	AUTO	Filtro de mangas	Automático. Switch de Presión Diferencial Alta	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.7	4	Antes 913F
930	ZS1	Válvula desviadora	Switch de Posición, Bombona 3	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.8	4	
930	ZS2	Válvula desviadora	Switch de Posición, Canaleta 935_1	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.9	4	
978	ZS1	Válvula desviadora	Switch de Posición, Canaleta 983	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.10	4	
978	ZS2	Válvula desviadora	Switch de Posición, Canaleta 922	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.11	4	
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.12	4	
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.13	4	
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.14	4	
						DI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:4:I.Data.15	4	
918	CMD	Filtro compacto	Comando Inicio de Secuencia	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.0	5	
932	CMD1	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 935_2	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.1	5	
932	CMD2	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 931	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.2	5	
934	CMD1	Válvula desviadora	Comando, Hacia Haver 3	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.3	5	
934	CMD2	Válvula desviadora	Comando, Hacia Haver 1	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.4	5	
936	CMD1	Válvula desviadora	Comando, Hacia Haver 2	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.5	5	
936	CMD2	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 922	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.6	5	
938	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.7	5	
						DO SPARE	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.8	5	
						DO SPARE	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.9	5	
						DO SPARE	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.10	5	
						DO SPARE	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.11	5	
1002D	CMD1	Desviador de flujo	Comando, Hacia Zaramda 939	14	Transporte Ruta 1001	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O.Data.12	5	

Continúa...

1002D	CMD2	Desviador de flujo	Comando, Hacia Canaleta 1002	14	Transporte Ruta 1001	DO DO_SPARE	TC_900_2 TC_900_2	TC 900_2:5:O>Data.13 TC 900_2:5:O>Data.14	5
1003	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia Switch de Posición, Hacia 920	14	Transporte Ruta 1001	DO	TC_900_2	TC 900_2:5:O>Data.15	5
1006B	CMD1	Desviador de flujo	Switch de Posición, Hacia 1001	14	Transporte Ruta 1001	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.0	6
1006B	CMD2	Desviador de flujo	Comando, Hacia 902	21	Recuperación y Especiales	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.1	6
946	CMD1	Desviador de flujo	Comando, Hacia 1001	21	Recuperación y Especiales	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.2	6
946	CMD2	Desviador de flujo	Comando, Hacia 902	21	Recuperación y Especiales	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.3	6
959D	CMD1	Desviador de flujo	Comando, Hacia 1001	21	Recuperación y Especiales	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.4	6
959D	CMD2	Desviador de flujo	Comando, Hacia 902	21	Recuperación y Especiales	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.5	6
902B	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.6	6
908E	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.7	6
910E	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.8	6
911E	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.9	6
913E	CMD	Filtro de mangas	Comando, Hacia Bombona 3	7	Despresurización Silos 1-2-3-4-5	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.10	6
930	CMD1	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 935_1	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.11	6
930	CMD2	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 983	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.12	6
978	CMD1	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 922	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.13	6
978	CMD2	Válvula desviadora	Comando, Hacia Canaleta 983	13	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC 900_2:6:O>Data.14	6
901A	ZI	Compuerta dosificadora 1	Feedback de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AI	TC_900_2	TC 900_2:7:1:Ch0Data	7
901B	ZI	Compuerta dosificadora 2	Feedback de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AI	TC_900_2	TC 900_2:7:1:Ch1Data	7
901C	ZI	Compuerta dosificadora 3	Feedback de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AI	TC_900_2	TC 900_2:7:1:Ch2Data	7
901D	ZI	Compuerta dosificadora 4	Feedback de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AI	TC_900_2	TC 900_2:7:1:Ch3Data	7
918	PDJ	Filtro compacto	Presión Diferencial	18	Transporte Ruta 920	AI SPARE	TC_900_2	TC 900_2:7:1:Ch4Data	7
						AI	TC_900_2	TC 900_2:7:1:Ch5Data	7
								Antes Extra_Silos 1-2-3-4-5	

Continua...

1003	PDI	Filtro de mangas	Presion Diferencial	14	Transporte Ruta 1001	AI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:8:1.Ch0Data	8
926	LI	Tolva BigBag 3 y 4	Nivel toIva BB 3	13	Transporte Ruta 920	AI	TC_900_2	TC_900_2:8:1.Ch1Data	8
10333	LI	Tolva BigBag 5	Nivel toIva BB 5	13	Transporte Ruta 920	AI	TC_900_2	TC_900_2:8:1.Ch2Data	8
						AI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:8:1.Ch3Data	8
						AI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:8:1.Ch4Data	8
901A	ZC	Compuerta dosificadora 1	Setpoint de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AO	TC_900_2	TC_900_2:9:0.Ch0Data	9
901B	ZC	Compuerta dosificadora 2	Setpoint de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AO	TC_900_2	TC_900_2:9:0.Ch1Data	9
901C	ZC	Compuerta dosificadora 3	Setpoint de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AO	TC_900_2	TC_900_2:9:0.Ch2Data	9
901D	ZC	Compuerta dosificadora 4	Setpoint de Posición	18	Extracción Silos 1-2-3-4-5	AO	TC_900_2	TC_900_2:9:0.Ch3Data	9
						AO SPARE	TC_900_2	TC_900_2:9:0.Ch4Data	9
926	LSHH	Tolva BigBag 3 y 4	Switch de Nivel Muy Alto	13	Transporte Ruta 920	AO SPARE	TC_900_2	TC_900_2:9:0.Ch5Data	9
926	LSH	Tolva BigBag 3 y 4	Switch de Nivel Alto	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data0	10
926	LSL1	Tolva BigBag 3 y 4	Switch de Nivel Bajo BB3	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data1	10
926	LSL2	Tolva BigBag 3 y 4	Switch de Nivel Bajo BB4	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data2	10
928B	MD	Válvula rotativa de filtro	Detector de Movimiento	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data3	10
928	PS	Filtro de mangas	Switch de Presión de Línea	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data4	10
						DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data5	10
						DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data6	10
						DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data7	10
10331	ZS1	Válvula desviadora	Switch de Posición, Tolva 926	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data8	10
10331	ZS2	Válvula desviadora	Switch de Posición, Tolva 10333	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data9	10
10333	LSHH	Tolva BigBag 5	Switch de Nivel Muy Alto	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data10	10
10333	LSH	Tolva BigBag 5	Switch de Nivel Alto	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data11	10
10333	LSL	Tolva BigBag 5	Switch de Nivel Bajo BB5	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data12	10
10334	RUN	Filtro de mangas	Running	13	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:1.Data13	10

Continúa...

10334	PDSH	Filtro de mangas	Switch de Presión Diferencial Alta	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:Data.14	10
10334B	MD	Válvula rotativa de filtro	Detector de Movimiento	Transporte Ruta 920	DI	TC_900_2	TC_900_2:10:Data.15	10
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.0	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.1	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.2	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.3	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.4	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.5	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.6	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.7	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.8	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.9	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.10	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.11	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.12	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.13	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.14	11
					DI SPARE	TC_900_2	TC_900_2:11:Data.15	11
926	CMD1	Tolva BigBag 3 y 4	Válvula de Fluidificación BB3	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.0	12
926	CMD2	Tolva BigBag 3 y 4	Válvula de Fluidificación BB4	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.1	12
928	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.2	12
10331	CMD1	Válvula desviadora	Comando, Hacia tolva 926	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.3	12
10331	CMD2	Válvula desviadora	Comando, Hacia tolva 10333	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.4	12
10333	CMD	Tolva BigBag 5	Válvula de Fluidificación BB5	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.5	12
10334	CMD	Filtro de mangas	Comando Inicio de Secuencia	Transporte Ruta 920	DO	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.6	12
					DO SPARE	TC_900_2	TC_900_2:12:O.Data.14	12

Elaboración: Propia.

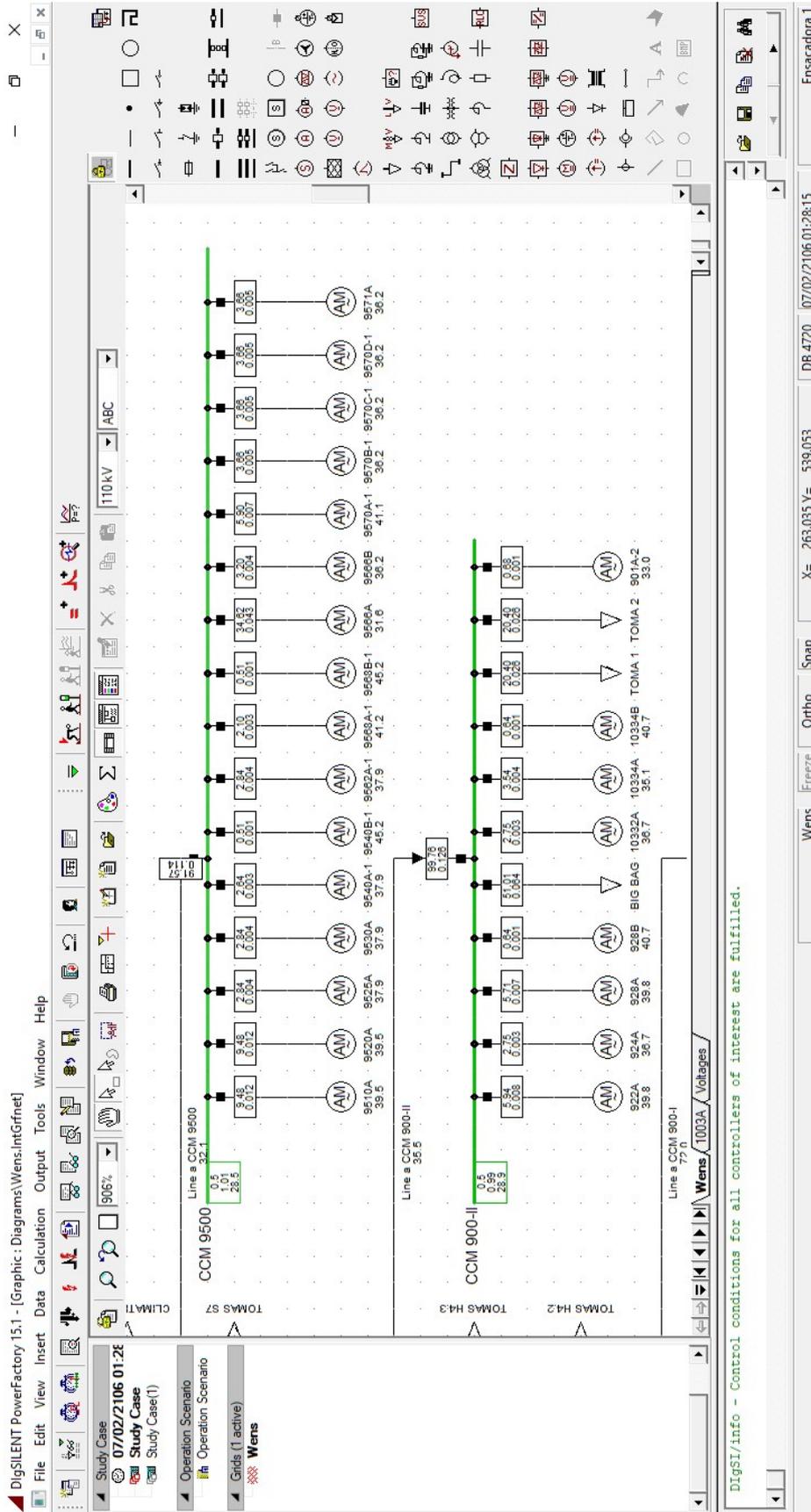
Anexo 3

Planos red line - as built

Anexo 4

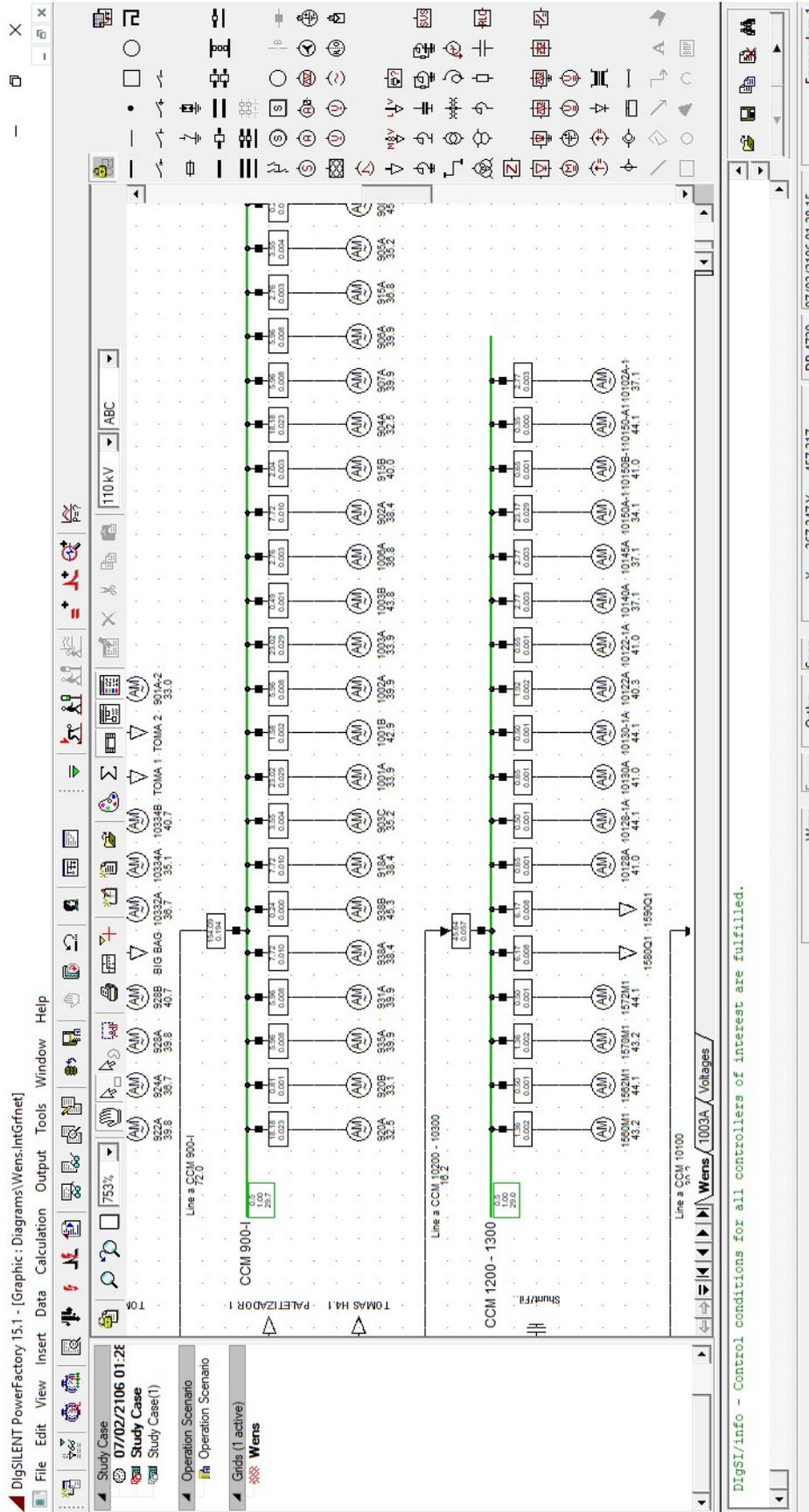
Diagrama elaborado en DIgSILET

Resultado flujo de potencia en los CCM 9500 y CCM 900.



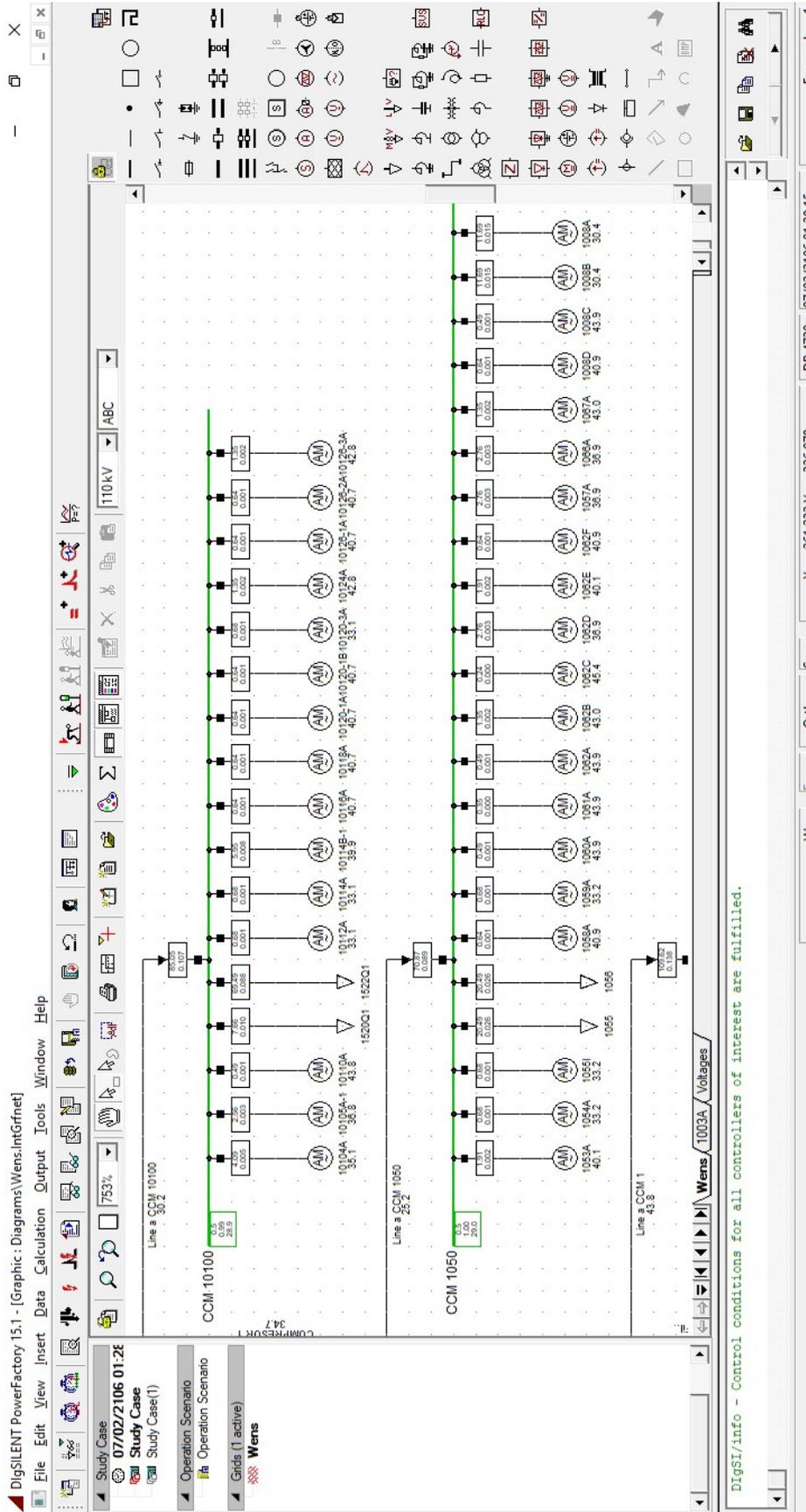
Elaboración: Propia

Resultado flujo de potencia en los CCM 900-I y CCM 1200-1300



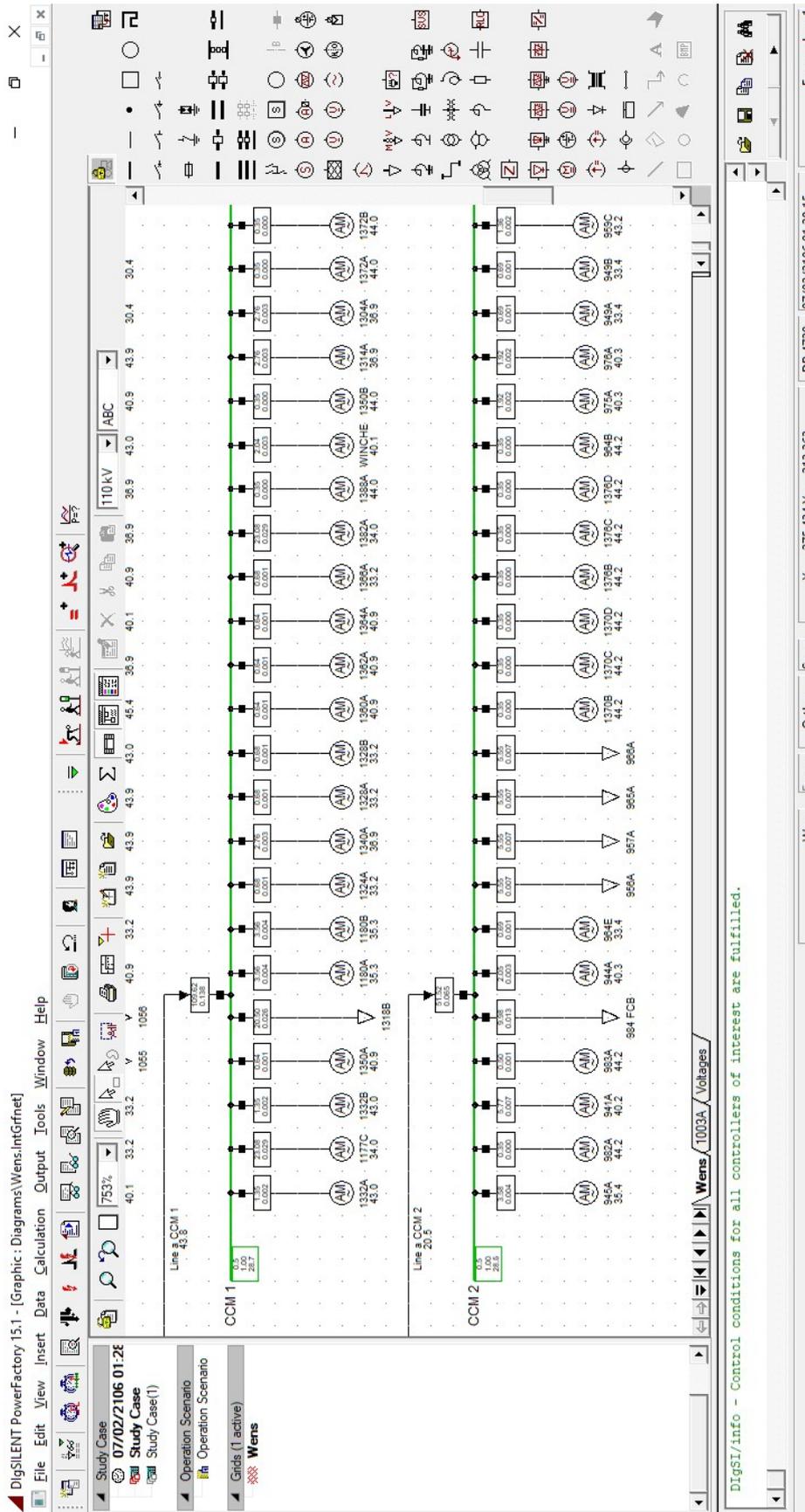
Elaboración: Propia.

Resultado flujo de potencia en los CCM 10100 y CCM 1050



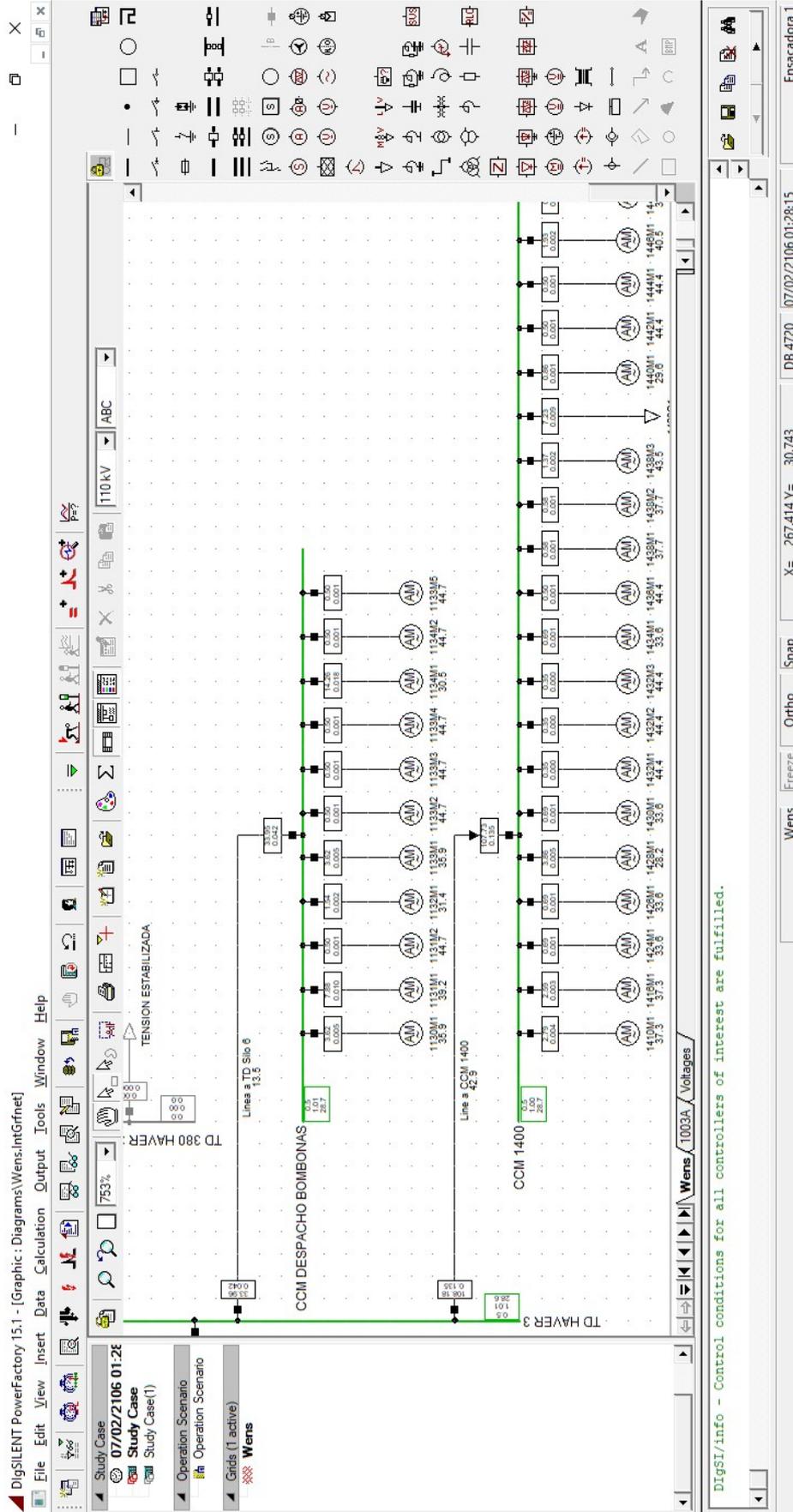
Elaboración: Propia.

Resultado flujo de potencia en los CCM 1 y CCM 2



Elaboración: Propia.

Resultado flujo de potencia en los CCM bombonas y CCM 1400



Elaboración: Propia