



República de Cuba
Ministerio de la Educación Superior

Trabajo de Diploma en Opción al Título
De Ingeniero Eléctrico.

Estudio de las fallas en los motores de inducción
De la planta de Calcinación y Sínter.

Autor: Wilver Fonseca Ramos.

Tutores: MSc. Aiana González Palau
Ing. Norge Bauta Escalona

2009

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución ”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Nosotros: **Diplomante:** Wilver Fonseca Ramos
 Tutores: MSc. Iliana González Palau
 Ing. Norge Bauta Escalona

Autores de este trabajo de Diploma certificamos su propiedad intelectual a favor del **Instituto Superior Minero Metalúrgico Doctor Antonio Núñez Jiménez** el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Agradecimientos.

Agradezco en primer lugar a La Revolución por haberme dado la oportunidad de cumplir mis sueños de formarme como profesional.

A mi familia por creer en mí y apoyarme siempre.

A mis tutores que me proporcionaron el camino para el desarrollo de este trabajo.

A la especialista Juana, y demás técnicos del taller eléctrico por su ayuda incondicional.

A mis compañeros de universidad por los momentos que vivimos en el transcurso de nuestra formación.

Dedicatoria.

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación como ingeniero y que sienten amor y sentido de pertenencia por la rama de la electricidad y en especial a mi mamá.

Pensamiento.

La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.

Aristóteles.

RESUMEN.

La presente investigación se realizó con el objetivo de proponer mejoras a través del estudio de las fallas más frecuentes en los años 2007 y 2008 ocurridas en los motores de inducción en la planta de Calcinación y Sínter de la Empresa de Níquel Cmte. Ernesto Che Guevara de Moa. La necesidad de lograr una estabilidad en los motores de inducción debido a la gran cantidad de fallas fue lo que motivó a la realización del estudio realizado por las pérdidas que ocasionan en la producción de níquel.

Esta tesis está compuesta por tres capítulos, el primero contiene la metodología de la investigación donde se refleja el problema, la hipótesis, los objetivos, las tareas a desarrollar, el análisis bibliográfico hace referencia a las nuevas técnicas y estrategias implantadas en el mundo actual acerca de la detección y prevención de fallas en los motores de inducción, además se describe de forma breve el sistema objeto de estudio dando una panorámica de la características de las principales fallas de la fábrica y se incluye también los fundamentos teóricos relacionados con el tema. El segundo capítulo contiene una breve descripción de cómo fue diseñada la investigación, los materiales, equipos utilizados y la técnica experimental mostrando cómo se desarrolló la investigación. El tercer y último capítulo contiene los resultados de la investigación, el análisis de los gastos por pérdidas en la producción por las ocasionadas en la planta por sobrecargas, oscilaciones de voltaje y reparación de equipos dañados por cortocircuitos en los años 2007 y 2008. Además se realiza una propuesta metodológica para el mejoramiento en los mantenimientos en la planta de Calcinación y Sínter para reducir las fallas.

SUMMARY.

Present investigation accomplished for the sake of proposing improvements through the study of the most frequent faults in the years 2007 and 2008 itself happened in the motors of induction in Calcinación's and Sínter's plant of Níquel Cmte's Company. Ernesto Che Guevara of Moa. The need to achieve a stability in the motors of induction due to the great quantity of faults was what you motivated to the realization of the study accomplished by the losses that they cause in the production of nickel.

This thesis is compound for three chapters, the first one contains the methodology of investigation where the problem, the hypothesis, objectives, tasks are reflected to develop, the bibliographic analysis makes reference to the technical news and strategies established in the world present-day about the detection and prevention of faults in the motors of induction, besides the object of study giving one describes of brief form the system itself panoramic of the characteristic one belonging to the principal faults of the factory and the theoretic foundations related with the theme are included also. The second chapter contains a brief description of how investigation was designed, materials, used teams and the experimental technique showing how the investigation developed. The third and last chapter contains the results of investigation, the analysis of the expenses for losses in the production for the caused in the plant for surcharges, oscillations of voltage and reparation of teams once 2007 and 2008 were damaged by short circuits in the years. Besides metodológica for the improvement in the maintenances in Calcinación's and Sínter's plant to reduce faults accomplishes a proposal itself.

Índice

Agradecimientos.....	II
Índice.....	VII
Introducción.....	1
CAPÍTULO 1. Marco Teórico – Metodológico de la investigación.	2
1.1. Introducción.	2
1.2 Fundamentación Teórico- Metodológico.....	2
Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Revisión de los trabajos Precedentes.....	4
1.4 Base Teórica de la Investigación.	13
1.5 Conclusiones.	15
CAPÍTULO 2. Caracterización de la carga.	16
2.1 Introducción al Capítulo	16
2.2 Descripción del flujo tecnológico de la planta de Calcinación y Sínter.	16
2.3. Descripción de Sistema Eléctrico de la Planta de Calcinación y Sínter.....	18
2.4 Clasificación de las fallas más frecuente en los motores de inducción en los últimos dos años en la planta de Calcinación y Sínter.....	21
2.5 Valoración estadística de las fallas.	28
2.6 Método existente para detención de fallas en los motores de inducción en la Planta de Calcinación y Sínter.....	32
2.7 Conclusiones.	33
CAPÍTULO 3. Valoración económica de las fallas en los motores de inducción y propuesta metodológica para reducir las fallas.	34
3.1 Introducción.	34
3.2 Costos de fallas en el año 2007.....	34
3.2.1 Costos de reparación de los equipos y pérdidas en la producción por las fallas ocurridas en los motores de inducción en el año 2007.....	35
3.2.2 Costos de reparación de las fallas ocurridas en los motores de inducción en el 2008.	38
3.3 Propuestas de mantenimientos.	40
3.5 Conclusiones del Capítulo.	42
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44
Bibliografía.	45
Anexo	- 1 -

Introducción.

La electricidad es innegablemente un factor que contribuye al desarrollo de la nación y un elemento facilitador de la vida de las personas, pero al mismo tiempo, puede ser causa de accidentes e incluso de muerte si no se respetan los procedimientos para su manejo eficiente.

En las redes eléctricas pueden ocurrir perturbaciones cuyas características corresponden a las anomalías de breve duración que no constituyen riesgos para la operación de una instalación eléctrica, tal es el caso de las variaciones momentáneas de voltaje o frecuencia, o las sobrecargas de corriente de corta duración, que si bien pueden tener un efecto pasajero en la instalación y los artefactos conectados a ella, una vez que la perturbación cesa todo vuelve a la normalidad.

Las fallas son anomalías en las cuales se pone en peligro la integridad de la instalación eléctrica. Entre los tipos de fallas más comunes se pueden mencionar las sobrecargas permanentes, los cortocircuitos, las fallas de aislamiento, el corte de conductores, etc.

Las redes eléctricas de la Empresa de níquel Ernesto Che Guevara juegan un papel primordial para dar cumplimiento a los indicadores técnicos productivos, por lo que las interrupciones por fallas eléctricas traen consigo pérdidas excesivas que afectan directamente la rentabilidad de las producciones industriales en conceptos monetarios y en muchas ocasiones provocan accidentes fatales tentando contra la vida humana al no concretarse las condiciones necesarias para la manipulación de los equipamientos por el usuario, por tanto es necesario llevar a cabo estudios que faciliten mejoras en las mismas, con el propósito de aminorar el costo de las afectaciones que estas producen y proporcionar una mayor confiabilidad del sistema.



CAPÍTULO 1. Marco Teórico – Metodológico de la investigación.

1.1 Introducción.

1.2 Fundamentación Teórico – Metodológico.

1.3 Revisión de los Trabajos Precedentes.

1.4 Base Teórica de la Investigación.

1.5 Conclusiones.

1.1. Introducción.

La fundamentación científica y su organización de la investigación son de extraordinaria importancia para el desarrollo de la misma, la cual tienen como objetivos fundamentales proporcionar una metodología que permita crear un diseño teórico capaz de responder a las exigencias del proceso de investigación. Así también nos permite dejar definidos aspectos básicos como el problema a resolver, los objetivos de la investigación que se realizan y la hipótesis a desarrollar. Con la revisión de los trabajos precedente se logra una actualización sobre el tema y como es tratado por otros especialistas.

1.2 Fundamentación Teórico- Metodológico.

Planteamiento del Problema.

No se cuenta con un diagnóstico de detección de fallas completo que permita realizar un análisis integral de las fallas más frecuentes en la planta de Calcinación y Sínter que conlleve a la reducción de las pérdidas en la producción de níquel y por reparaciones de equipos.



Formulación de la Hipótesis.

Si se conocen el conjunto de causa que influye en las fallas de los motores de inducción, así como la interrelación funcional de estos accionamientos, se podrá entonces obtener una mayor eficiencia.

Objetivo General.

Proponer mejoras a través del estudio de las fallas más frecuentes en los años 2007 y 2008 ocurridas en los motores de inducción en la planta de Calcinación y Sínter de la Empresa de Níquel Cmte. Ernesto Che Guevara de Moa.

Objetivos Específicos.

- Caracterizar los motores que incorporan variadores de velocidad o no.
- Revisar los métodos empleados en la planta para detectar fallas en los motores de inducción.

Tareas a realizar.

- Realizar estudios de las fallas más frecuentes en los motores de inducción de la planta de Calcinación y Sínter en los años 2007 y 2008.
- Proponer una metodología para mejorar la detección de fallas en los motores de inducción de la planta de Calcinación y Sínter.
- Actualizar los diagramas monolineales de las subestaciones de la planta.
- Valoración de la planificación de los mantenimientos a los motores de inducción con o sin variadores de velocidad.



1.3. Revisión de los trabajos Precedentes.

Es de vital importancia el conocimiento de las investigaciones realizadas en el mundo sobre el comportamiento de las diferentes fallas eléctricas por los efectos perjudiciales que ocasionan en el sector industrial, así como en el residencial.

Con el propósito de aumentar la cultura de estudios realizados sobre el tema y de afianzar los conocimientos de los nuevos métodos utilizados actualmente en el mundo, se realizó una exhaustiva revisión de los documentos que se relacionan de alguna manera con este estudio, observando una gran gama de investigaciones que muestran los grandes avances científico- técnicos que permiten reducir considerablemente las pérdidas económicas por los efectos que generan las fallas eléctricas de los sistemas de suministro eléctrico.

Con el objetivo de conocer los avances realizados en el tema y tener una idea más objetiva de los logros alcanzados, tuvimos en cuenta para la realización de esta investigación el resultado de los siguientes trabajos, aún cuando estos no estén relacionados específicamente con el tema en cuestión, de alguna manera reflejan informaciones valiosas que nos dan una visión de las acciones que se realizan para la disminución de las interrupciones en los sistemas eléctricos.

Durante el desarrollo de la investigación se consultaron diferentes trabajos y estudios realizados en el campo de las fallas de los motores de inducción. La revisión bibliográfica estuvo dirigida al enfoque teórico – metodológico, así como al análisis de los trabajos que sobre el tema, desde el punto de vista científico - técnico y práctico, se han efectuado en los últimos años. Todos estos persiguen un fin común, eliminar o atenuar sus efectos.

Se deben considerar todas aquellas características que definen el motor eléctrico de accionamiento de la máquina, tales como:

- Potencia nominal y velocidad de rotación del motor.
- Datos de la máquina accionada que influyen sobre los ciclos de arranque del motor.
- Límites impuestos por el constructor de la máquina accionada a los pares motrices.



- Pares resistentes cíclicos o bien variables.
- Acoplamiento mecánico.
- Forma constructiva del motor.

Características de los motores eléctricos en relación con el ambiente de la instalación.

En la industria salvo casos muy particulares se utilizan para los accionamientos motores asincrónicos, esto es debido a su particular simplicidad constructiva.

En casos de velocidad constante también se utilizan motores sincrónicos que requieren circuitos de excitación.

Cuando se requiere control de velocidad debemos mencionar también los motores de corriente continua, cuyo principal inconveniente es la presencia del colector y los fenómenos de conmutación asociados.

Actualmente se dispone de generadores de frecuencia variable aptos para alimentar motores asincrónicos y hacerlos funcionar a velocidad variable, también se dan casos de uso de motores sincrónicos en aplicaciones similares. Sin embargo debe tenerse presente que la amplia mayoría de los motores de una instalación industrial en general, y en particular en un proceso productivo, cada máquina accionada por un motor eléctrico, y particularmente cuando este es de gran potencia, requiere resolver distintos problemas que implican estrecha colaboración de técnicos con distintas funciones, de distintas especialidades, de distintas empresas, y con distintos intereses.

Sin pretender fijar una condición determinada, pero para concretar ideas se describe como ejemplo una situación real de las tantas posibles:

- a) El proyectista de la instalación industrial reúne y ordena la especificación técnica de la máquina accionada y la transmite al constructor.
- b) El constructor de la máquina la proyecta y define todos los elementos relacionados con ella como ser conexiones mecánicas, fluidos necesarios para el servicio, regulación y características del motor eléctrico de accionamiento, que los comunica al proyectista de la instalación.



- c) El constructor del motor procede al proyecto del mismo y comunica los datos necesarios para el control de los elementos que lo vinculan con la máquina accionada (problemas de acoplamiento mecánico) y con la línea de alimentación eléctrica (corriente de arranque, oscilaciones de la corriente absorbida, etc.) completando la especificación técnica del mismo.

Será obligación del proyectista de la instalación controlar que el sistema de alimentación eléctrica sea adecuado tanto para el arranque de la máquina, como para su marcha normal.

Será obligación del constructor de la máquina accionada controlar el acoplamiento mecánico y las prestaciones del conjunto.

Al proyectista de la instalación le corresponde además coordinar el intercambio de información técnica entre ambos constructores.

Para una mayor garantía de funcionamiento de la instalación el proyectista debería prescribir en el momento de adquisición la responsabilidad solidaria de ambos constructores, por lo menos en cuanto se refiere al acoplamiento mecánico.

- d) Construidos los componentes (motor y máquina accionada en particular), se realizan ensayos de recepción en fábrica, son instalados en la obra, se someten a pruebas y ensayos funcionales que terminan con su puesta en servicio para su entrega al propietario.
- e) Los equipos entran en producción y sobre ellos comienzan las acciones de mantenimiento que acompañan e intentan conservarlos en condiciones confiables durante su vida útil.

Frente a una eventual falla la búsqueda de sus causas tanto para el éxito de la reparación como para prevenir su eventual repetición, se deben analizar con amplitud todos los aspectos citados, quizás remontándose hasta condiciones supuestas en el proyecto original.

Indudablemente la documentación que se va reuniendo a lo largo del proyecto, instalación y puesta en servicio, como también la documentación de los controles sistemáticos de mantenimientos, son los puntos de apoyo para actuar con seguridad



y eficiencia en las innumerables situaciones que se van presentando durante la vida de la instalación.

Si bien el tema central que se trata es la interpretación de fallas en motores eléctricos, se cree conveniente iniciar con algunas consideraciones relativas a su acertada elección.

Castelli [1] realiza un estudio reciente del cual se obtuvieron los siguientes resultados que indican que el 90% de los fallos en máquinas ocurren a raíz del funcionamiento anormal de los componentes internos, como es el caso del motor principal [1]. En esta línea, el mantenimiento correctivo del equipo es una práctica muy costosa, ya que implica paradas no programadas y los daños provocados por las fallas de los equipos. Las actuales exigencias de calidad consideran cada vez más necesaria la utilización de sistemas de monitoreo y detección de fallas, de modo de no interrumpir la producción. Los motores eléctricos de inducción son los responsables, en muchos casos, del correcto funcionamiento del sistema productivo. Existen hoy muchas técnicas publicadas y herramientas avaladas comercialmente de detección de fallas en motores de inducción, que pueden garantizar un mayor grado de confiabilidad en su funcionamiento. A pesar de esto, la mayoría de las industrias aún no utilizan técnicas de detección y monitoreo de máquinas eléctricas. La detección y diagnóstico de fallas exige el empleo de sensores adecuados. Enorme variedad de sensores pueden ser empleados para recolectar datos de parámetros de funcionamiento en motores eléctricos con el propósito de detectar y monitorear fallas.

Lo antes expresado tiene como objetivo demostrar una única solución a chequear o determinar el tipo de falla debido a que las únicas herramientas usadas por el personal de mantenimiento para detectar fallas en motores han sido un megger (medidor de aislamiento) y un ohmímetro.

Desdichadamente la información brindada es muy general y no precisa la zona de falla del motor en estudio. Es muy fácil el diagnóstico, si erróneamente se confía solo en los resultados de un megger.

Por ejemplo, un corto entre espiras o entre fases puede perfectamente estar disparando un motor y al medir el aislamiento este está en buen estado.



Ya que estas fallas aunque son un problema de aislamiento en el devanado podrían estar aisladas completamente de tierra y por lo tanto el megger no las detecta.

Este tipo de anomalías deteriora rápidamente el devanado lo cual resultará en un futuro reemplazo u “overhaul” del motor.

También se ha usado el análisis por vibraciones para detectar fallas en el rotor, estator y excentricidad. Por ejemplo en el rotor se encuentran a la frecuencia de paso de polo (barra) para el caso de motores con rotor jaula de ardilla (motores de inducción de CA), con bandas laterales alrededor de esa frecuencia, y excentricidad y cortos en el estator a 2 veces la frecuencia de línea sin ninguna banda lateral.

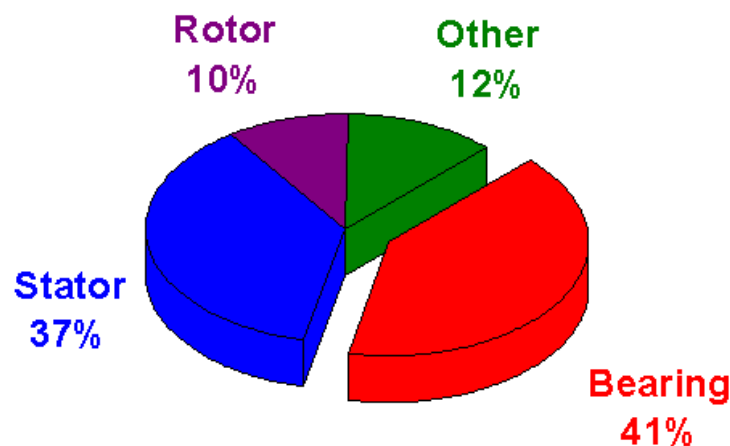


Fig. 1.1 Distribución de fallas.

Sin embargo, el análisis a 2 veces la frecuencia de línea no detalla cual de las dos fallas es la que está afectando más al motor. Y estas son determinadas por especialistas en vibraciones muy experimentados y pueden ya sea pasar desapercibidas por completo o confundirse con otro tipo de influencia.

La ilustración muestra un estudio realizado entre el Electric Power Research Institute (EPRI) y General Electric en 1985. El propósito de este estudio fue el mostrar las verdaderas fuentes de fallas en motores eléctricos. Ni vibraciones, ni un ohmímetro, ni un megger logra revisar todas las zonas de fallas de un motor, entonces, la tecnología predictiva que se está aplicando en la planta no es suficiente para evaluar todos los componentes que pueden causar la falla de un motor.



Las pruebas eléctricas aplicadas a un motor deben ser confiables y nos deben dar un diagnóstico completo de todas las zonas o áreas de fallas de un motor. Las pruebas a realizar deben incluir pruebas tanto con motor energizado como con motor detenido. Las pruebas con motor detenido son de particular importancia en aquellos casos en que un motor se esté disparando y su puesta en funcionamiento puede terminar de dañarlo, o en el caso de pruebas de puesta en marcha al instalarse un nuevo equipo de producción.

En el trabajo Colectivo A. GIMEE [8] se presentan algunas de las nuevas técnicas de diagnóstico que se postulan a nivel mundial como las mejores, además, el aporte de la Universidad de Antioquia a este campo con el desarrollo del laboratorio de monitoreo de máquinas eléctricas en funcionamiento, lo cual permite realizar cambios y reparaciones de piezas sin que se produzcan averías severas que perjudiquen los equipos y por consecuencia el mal funcionamiento del sistema eléctrico. Estas técnicas están cobrando un gran auge en el ámbito mundial por su gran eficacia si se realizan con precisión, ya que se necesita de equipamientos y personal especializados.

En el trabajo de Martínez M. S. A. de 1997, [7] se tienen en cuenta una serie de aspectos que conllevan a un estudio minucioso de las causas de las perturbaciones y realizan una serie de cálculos para la comprobación del funcionamiento correcto de las protecciones existentes y el ajuste de las mismas mediante un software que diseñaron para facilitar la implementación de un método que facilitó el rediseño de los circuitos, así como el mejoramiento y el ajuste de las protecciones lo cual permitió disminuir en gran medida las interrupciones en el sistema de suministro eléctrico y el aumento de la confiabilidad del sistema. Los motores eléctricos de inducción son pieza fundamental en todo proceso industrial; su robustez, bajo costo, fácil mantenimiento y versatilidad los han hecho populares con aplicaciones que van desde artefactos caseros hasta equipos más sofisticados de tipo industrial. Sin embargo, estos motores tienen sus limitaciones y si son excedidos resultará en una falla prematura en el estator o rotor. Una de las fallas que ocurren en el estator es el cortocircuito entre espiras, la cual empieza con pocas espiras hasta llegar a una falla más severa. Para obtener información de la falla, la tendencia es monitorear la



máquina con sensores de medida de tensión y corriente por ser de bajo costo y no invasivos.

Un importante indicador de falla es la corriente de secuencia negativa porque se mantiene aproximadamente constante para diferentes condiciones de carga, sin embargo, en la práctica este no es el caso porque la inherente asimetría de la máquina, la Instrumentación y el Desbalance de tensión, pueden generar incrementos adicionales en dicha corriente. Los métodos propuestos en la literatura para sobrellevar esta dificultad están basados en tablas de búsqueda de datos y redes neuronales artificiales (RNA).

Di Stefano [3] al. (1997) desarrolló una red neuronal para diagnosticar fallas entre espiras. Los datos de entrenamiento fueron obtenidos mediante un modelo basado en la teoría de vectores espaciales. El indicador de falla utilizado fue el porcentaje de espiras falladas. Después de entrenar y validar la red, el error fue inferior a 2.4%. Aunque el método es bueno, el inconveniente radica en las características del modelo por ser muy complejo en implementar.

Filippetti [4] al., (1996), presentó una arquitectura de red neuronal para detectar cortocircuitos en el devanado del estator. El indicador de falla es el porcentaje de espiras falladas. La estructura de la red fue el perceptrón multicapa con nueve neuronas en la capa oculta. Filippetti aunque propone la red, no presenta los resultados de la aplicación de la misma.

Tallam [13] (2001), propuso una RNA utilizando las componentes de secuencia de tensión y corriente para la detección de fallas entre espiras en un motor de inducción. La RNA estima la corriente de secuencia negativa, la cual es utilizada como indicador de falla. El inconveniente del método se tiene en la etapa de entrenamiento donde se requiere un volumen alto de datos experimentales, actividad que se dificulta en la práctica para cada uno de los motores en los que se implemente el sistema. En el siguiente trabajo de Tallam et al. (2003), se presenta un avance en el método anterior eliminando la etapa de aprendizaje y realizando el entrenamiento en línea. Sin embargo, cuando la falla evoluciona lentamente su detección se hace imposible.



En este trabajo se presenta un nuevo método para diagnosticar fallas en el estator de motores de inducción utilizando RNA. A pesar de utilizar la corriente de secuencia negativa como indicador de falla tal como lo presentaron Tallam et al. (2001, 2003); se elimina la dificultad práctica de obtener los datos experimentales dado que la mayor parte de los patrones de entrenamiento provienen de datos de simulación. Para tal efecto se implementa en Matlab y se verifica experimentalmente el modelo desarrollado por Arkan et al. (2005), considerando varias condiciones de carga y desequilibrio de tensión. Finalmente se muestra la implementación experimental mediante un prototipo diseñado para el monitoreo en línea del sistema y se presentan los resultados en dos motores de inducción de 2 Hp y 3 Hp. Se demuestra la fortaleza del método al poder detectar fallas incipientes aún en los casos donde estas fallas evolucionen lentamente.

En esta ocasión veremos las diferentes fallas que puede tener un motor eléctrico y con ello causar un daño al motor, dando un paro en la producción o en algún sistema de la planta, llevando con ello un costo de reparación, además del tiempo que se tiene detenido el motor, proceso o sistema de la planta. La falla que más se busca proteger es la sobrecarga, la cual ocurre cuando el motor a tenido un aumento en la carga de trabajo, teniendo un aumento en el consumo de corriente eléctrica. Este factor puede causar daños en el embobinado del motor o brochas (si las tiene) del mismo. Para ello se tienen en el mercado muchas opciones para proteger la sobrecarga.

La sobrecarga también se puede presentar en máquinas donde se tiene un repentino frenado del motor, por rodamientos dañados tanto en el motor como en la máquina que mueve el motor, una bomba, un compresor, banda, etc. Pero también existen otros factores que puede llevar a un daño en el motor, como son:

(para motores trifásicos)

- Pérdida de fase, dejando al motor operando con dos fases, y teniendo un aumento en el consumo de corriente de las otras dos.



- Desbalanceo de fase, este es una considerable baja en la tensión de operación del motor en una de sus fases, teniendo el mismo resultado que el punto anterior.
- Inversión de Fases, esta no es una falla del motor, pero puede causar daño en algunos procesos al tener un giro contrario al requerido en el proceso.

(Para motores trifásicos y monofásicos)

- Trabajo sin carga (o en vacío), el motor comienza a aumentar su velocidad de rotación por la falta de carga, teniendo un sobrecalentamiento en los valeros y un daño en los mismos.
- Aumento/Disminución de tensión, en el aumento de tensión se puede dañar el embobinado por el exceso de voltaje, para el que no fue diseñado. En la disminución de voltaje, se tiene un aumento en el consumo de corriente dañando el embobinado por alto amperaje.
- Aumento en la temperatura, este aumento se puede tener tanto en el embobinado como en los valeros, por la temperatura exterior y/o desgastes en los elementos rotatorios del motor causando un rozamiento fuera de los diseñados.

La pérdida que se puede presentar cuando una línea es desconectada por un cable suelto o falla en el elemento de control del motor, puede ser un contactor, o terminal, así como en el interruptor que protege al motor, o en la línea de alimentación al motor.

El desbalanceo de fase, se presenta cuando existe un desequilibrio en las líneas que alimentan a los motores trifásicos.

Inversión de fase, más que una falla es un cambio en la rotación del motor trifásico, pudiendo causar un daño en máquina que mueve el motor eléctrico, como es una bomba o compresor.

El trabajo sin carga, se encuentra tanto en aplicaciones de bombas como de compresores. Así como también se puede presentar en las bandas transportadoras. El aumento/disminución de tensión se presenta en las líneas que alimentan al motor, por un desequilibrio en estas.



El aumento en la temperatura se puede tener en lugares donde el clima es muy cálido, o el motor esta cerca de equipo que genere calor, como puede ser un horno, o inyectora de plástico.

El MCM automáticamente aprende sobre el propio entorno normal de funcionamiento de los motores a fin de que pueda determinar y diagnosticar con precisión fallas, mucho antes de que éstas se conviertan en una amenaza real que ponga en riesgo la disponibilidad de una línea de producción. Al mantener una vigilancia permanente sobre el motor se reduce de manera importante la necesidad de revisiones continuas a cargo de especialistas de diagnóstico de fallas. Inicialmente, esta tecnología fue desarrollada para los motores principales de los transbordadores espaciales, los motores a reacción y para motores de helicóptero en los EE.UU., con fondos de la NASA, del Ejército de EE.UU., Pratt & Whitney y del Estado de Florida. Hoy, esta tecnología está disponible en Chile, para el mantenimiento predictivo y preventivo de motores eléctricos de inducción de las industrias, a través de su representante exclusivo CONECTA S.A.

Aunque muchos son los especialistas que han estudiado sobre el tema considero que es necesario llevar a cabo un estudio de las fallas eléctricas en la industria, que están sentada sobre la base de mejorar en gran medida la confiabilidad y calidad del servicio de los sistemas eléctricos en función de disminuir las pérdidas ocasionadas por el mal funcionamiento de los dispositivos a causa de la aparición de perturbaciones provenientes de diversos orígenes, razón por la cual se le da seguimiento a las causas y los efectos que estas generan mediante estudios e investigaciones que proporcionen de manera concreta procedimientos a seguir en función de desarrollar nuevas tecnologías que permitan predecir y corregir a tiempo estas situaciones a través del control estadístico del comportamiento de las anomalías en los sistemas eléctricos.

1.4 Base Teórica de la Investigación.

La investigación fue sustentada por los siguientes métodos.



- **La observación científica:** Para estar al tanto del desarrollo y el comportamiento del objeto de estudio de la investigación, para la validación de los resultados esperados en la investigación.
- **La entrevista:** Para recopilar informaciones referentes al comportamiento precedente y actual de nuestro objeto de estudio, con el fin de diagnosticar su estado, teniendo en cuenta las necesidades que proporcionaran un camino correcto en la elaboración de un plan de acciones en función de la selección de un método eficaz para lograr los objetivos trazados.
- **Análisis y Síntesis:** para el análisis del comportamiento de las fallas en el período evaluado en la Empresa, para el estudio de los antecedentes y los trabajos realizados anteriormente en función de la disminución de las incidencias de las fallas en la misma y/o en el mundo.
- **Histórico-Lógico:** Para el análisis y la comprensión de las etapas por las cuales ha transitado el estudio del comportamiento de las fallas en el sistema eléctrico de la fábrica.
- **Hipotético-Deductivo:** Para la elaboración de la hipótesis, cuya veracidad se intentará materializar en la investigación.
- **Inducción-Deducción:** Para intuir el comprender el objeto de estudio e inferir las formulaciones teóricas referentes a la investigación, que nos accederá la posibilidad de llegar la intuición y deducción que serán utilizadas en el proceso investigativo.
- **Criterio de expertos:** En la proposición de los métodos a implementar como resultado de la investigación, de acuerdo a los resultados esperados en el proceso investigativo, en el proceso de implementación.



1.5 Conclusiones.

En el presente capítulo se plasmaron los aspectos introductorios al tema en estudio:

1. Se da a conocer las nuevas técnicas y estrategias implantadas en el mundo actualmente acerca de la detección y prevención de fallas en los motores de inducción.
2. Se hizo referencia también a los estudios realizados que tienen relación al tema abordado.
3. Se describió brevemente el sistema objeto de estudio.
4. Se describen los objetivos generales y específicos que persigue el trabajo realizado.



CAPÍTULO 2. Caracterización de la carga.

2.1 Introducción al Capítulo.

2.2 Descripción del flujo tecnológico de la planta de calcinación y Sínter.

2.3 Descripción del Sistema Eléctrico de la Planta de Calcinación y Sínter.

2.4 Clasificación de las fallas más frecuente en los motores de inducción en los últimos dos años en la planta de Calcinación y Sínter.

2.5 Método existente para detención de fallas en los motores de inducción en la Planta de Calcinación y Sínter.

2.6 Conclusiones.

2.1 Introducción al Capítulo

El presente capítulo tiene como objetivo caracterizar el sistema eléctrico de la planta de Calcinación y Sínter, a partir de la descripción del flujo tecnológico de la misma, del sistema eléctrico y la realización de un proceso de diagnóstico energético para conocer cuales son las fallas más frecuentes en los motores de inducción de la planta. Este análisis partirá del esquema monolineal existente en la planta, el cual debe ser actualizado para tener una información más confiable de la ubicación de los motores, dejando identificadas las fallas más frecuentes para proponer mejoras.

2.2 Descripción del flujo tecnológico de la planta de Calcinación y Sínter.

La planta de Calcinación y Sínter recibe el carbonato básico de níquel como materia prima proveniente de un distribuidor de la planta de recuperación de amoníaco. Este carbonato básico de níquel es alimentado directamente en el área de los sedimentadores (SD-101 Y SD-102) en los cuales son separadas las fases sólidas de la líquida por la acción de la fuerza de gravedad y los factores que influyen en la sedimentación. El mismo para su funcionamiento cuenta con dos motores, uno que mueve el mecanismo de rotación de 4KW, se acoplan rastrillos cuya función es arrastrar el sedimento hacia el orificio de descarga, el otro es de 2,2KW es el mecanismo de elevación que sube y baja los brazos en dependencia de los



parámetros de operación. El producto espesado es extraído por el fondo de donde es bombeado hacia el área de filtración por dos bombas (BO-101A Y B, BO-102A Y B) con motores de 22KW. El carbonato básico de níquel espesado es filtrado a través de los filtros de vacío (FI-116A Y B; 117A Y B Y 118A Y B); (aire como portador energético). En su funcionamiento los filtros cuentan con dos motores, uno para agitar la pulpa de carbonato de 3KW y el otro para rotar los sectores dentro de la taza de 4KW. La torta formada cae en los transportadores de banda (TR-116, 117, 118) que cuentan con un motor de 15KW, el carbonato cae de ahí a los sinfines de carbonato (SFC-201, 202, 203) que cuentan con un motor de 7KW desde los cuales se alimentan los calcinadores.

El polvo arrastrado por los gases pasa a un sistema de limpieza de captación de polvo formado por un grupo de ciclones donde se recupera el 70% y el resto pasa a los electrofiltros (EF-201, 202 y 203) que tiene una eficiencia de 99.8%. El polvo recuperado en este sistema alimenta nuevamente al calcinador, los gases limpios son enviados a la atmósfera a través de la chimenea de hormigón. El óxido obtenido es descargado en un transportador vibratorio después de ser enfriado y triturado en una trituradora de martillo desde donde se envía a la tolva (TV-302) del área de Sínter.

El producto de la tolva (TV-302) es enviado al transportador de mezcla (TR-305) conjuntamente con los componentes de fino y carbón antracita (portador energético) forman la mezcla, la misma para su sinterización una vez que ha sido homogeneizada es suministrada a las paletas de la máquina cuando esta se encuentra debajo del horno encendido. En este momento debido al oxígeno succionado de la atmósfera y los gases calientes productos del diesel (portador energético) en el horno encendido, el carbón antracita se inflama. El mismo cuenta para su funcionamiento con un motor de 7.5KW, este transportador se alimenta de las tolvas mediante los alimentadores (AL-302, 303 Y 304) de 3KW, el TR-305 descarga la mezcla en el elevador (EL-306) que cuenta con un motor de 7.5KW, luego descarga en el tambor mezclador (MZ-307) que cuenta con un motor de 5.5KW y el cual descarga en el distribuidor oscilante (DI-308) que tiene un motor de 1KW, el mismo descarga en la máquina de Sínter (MS- 311) para su funcionamiento



cuenta con 8 motores, un motor de 5.5KW para mover los carro de la máquina al que se le varía la velocidad a través de un variador de velocidad, dos para los ventiladores de combustión del quemador que son de 5.5KW, dos para las bombas de engrase sólido, dos para la bombas engrase líquido para la lubricación del reductor de 1.1KW y un motor que mueve el alimentador de mezcla de 55KW. La torta de Sínter después de ser sinterizada y enfriada en la misma máquina, es descargada a la trituradora de un solo rodillo (TI-312) del tipo Q 1300X2100. Después del primer estadio de trituración del Sínter cae a un alimentador oscilante (AL-314) del tipo KT-10, el cual se encarga de amortiguar la caída del Sínter triturado y alimentarlo poco a poco a la trituradora secundaria (TI-315) tipo quijá, la cual descarga el Sínter triturado a los transportadores vibradores (316A ó B), que a su vez se encargan de transportar el Sínter hacia los elevadores de cangilones (EL-317 ó 318) los que se encargan de alimentar el Sínter triturado a la zaranda de inercia (ZA- 319A ó B) para su clasificación, obteniéndose el Sínter. El Sínter que posee una granulometría de 0 – 6 mm se envían para la tolva de fino para ser reintegrado al proceso a través de la mezcla con granulometría de 6 a 20 mm, es enviado a la tolva de relleno por medio de los transportadores (TR-320-321) con el fin de formar una capa protectora de la parrilla de la máquina, además opcionalmente parte de este producto puede ser enviado hacia la tolva de producto final y ser envasado por la máquina 1. El Sínter de 20 a 40 mm es transportado por (TR-323 y 330), hacia la tolva de producto final. Las características técnicas de los motores instalados en la planta y los que tienen incorporados variadores de velocidad los podemos encontrar en el (Anexo 1).

2.3. Descripción de Sistema Eléctrico de la Planta de Calcinación y Sínter.

El suministro de la planta se realiza a través de la 1RP, la cual se alimenta del dispositivo principal de distribución (DPR) de 10.2KV.

En la planta existen 3 Subestaciones de transformación: 1TP – 7, 1TP – 8 y 1TP – 28, las mismas están diseñadas para trabajar en las siguientes condiciones:



Las entradas, así como las barras están diseñadas para soportar sobrecargas en régimen de avería de hasta el 3% por encima de la corriente nominal (I_n) del transformador durante 3h y un 40% durante 2h, esto es si la carga de trabajo del transformador es menor o igual al 70% de su I_n .

Las barras de la Subestación, así como sus ramificaciones hacia los interruptores tipo 16 – BT, 25 BT y 40 BT son estables para soportar los efectos dinámicos de la corriente de cortocircuito (I_{cc}) hasta 100KA RMS y térmicos 30KA durante 1seg; las ramificaciones de los interruptores E06 – BT soportan efectos dinámicos de I_{cc} hasta 70KA y térmicos de 70KA. Las ramificaciones desde las barras colectoras permiten una carga igual al 70% de la sumatoria de las I_n de los interruptores en ellas instalados, pero nunca mayor que la I_n de la barras. La conductividad de la barra neutra de las Subestaciones es el 50% de la I_n del transformador.

Las Subestaciones están diseñadas con sistemas de barras colectoras para dos transformadores, seccionadas mediante un interruptor de sección. Las secciones operan separadas con el interruptor normalmente abierto. Al ocurrir ausencia de tensión en una de las entradas, entra la conexión automática de reserva (CAR).

Descripción de la subestación 1TP – 7: La 1TP – 7 (Anexo 2) cuenta con 2 transformadores reductores del tipo TM3-1000/10-T, de capacidad 1000KVA cada uno y tensión de 10.5KV en el primario y 0.48KV en el secundario, los que alimenta a los receptores de la energía eléctrica de la siguiente forma:

El transformador 1T alimenta a la sección 1 mediante un interruptor 25 – BT quien a su vez alimenta 4 interruptores tipo electrón 06 – BT e I_n 400 y 630 A. De esta sección se alimenta la sección 1 de la 1W1 – PCU -1, electrofiltro 1, ventilador de tiro 201 y el CCM de la línea 1 y 3.

Entre secciones se encuentra un interruptor de sección tipo electrón 16-BT y $I_n=1000A$, el cual se conecta automáticamente cuando desaparece la tensión en una de las secciones cuando no sea esta desconexión por un cortocircuito.

El transformador 2T alimenta la sección 2 mediante un interruptor 25-BT, en la que se encuentran 5 interruptores tipo electrón de 400A y 630A de I_n . Esta sección alimenta a los electrofiltro 2 y 3, los ventiladores de tiro 202 y 203, el transformador



de alumbrado de emergencia TO, así como a la sección 2 de la 1W1-PCU1, el CCM de la línea 2 y 3.

Descripción de la subestación de 1TP - 8: La 1TP – 8 (Anexo 3) tiene una estructura similar a la 1TP – 7, en este caso el transformador 1T es alimentado desde el gabinete 46 de la sección III de la 1RP. En esta sección 1 encontramos 7 interruptores tipo electrón 06-BT de 400A y 630A de In, los cuales alimentan al objeto 156 (extinción de incendio), el objeto 151 (petróleo), los CCMs de Óxido, Sinter, 4W de la PCY- 3 y el HC – 203 el cual tiene una doble alimentación a través de la 1TP – 15 y la planta diesel; todas las alimentaciones tienen doble alimentación; pero en este caso desde la sección 2 de la 1TP – 8.

Entre secciones se encuentra un interruptor tipo electrón 25-BT, In 1250A, el cual se conecta automáticamente cuando desaparece la tensión en una de las dos secciones cuando no sea esta desconexión por un cortocircuito.

El transformador 2T alimenta la sección 2, que constan con 7 interruptores tipo electrón 06-BT de 400A y 630A de In. A la misma están conectado los objeto 151 y 156, los HC-201 Y 202 con iguales características de suministro que el HC-203, la PCU-6, la 4W de la PCU-3 , el transformador de alumbrado de emergencia TO y los filtros de mangas.

Descripción de la subestación 1TP-28: está compuesta por un solo transformador reductor de tipo TM3-630/10-T de capacidad 630KVA, el que alimenta una barra con 4 interruptores tipo electrón, 2 de reservas y los otros 2 que alimentan a las pizarras WOMA encargadas de la alimentación del alumbrado de la planta.

Funcionamiento y operación de las subestaciones: Las tres subestaciones de transformación son hechas por bloques, armarios y están compuestas por los siguientes elementos:

- Dispositivos de entrada de alto voltaje.
- Dispositivos de conexión de alta tensión.
- Dispositivos de conexión de baja tensión.
- Dispositivos de distribución de baja tensión.



En el dispositivo de entrada de alto voltaje está montado el interruptor de carga BHT-MO 10KV. Dada la tensión de 10.5KV existente en el transformador. En las puertas de la fachada se encuentran los accionamientos manuales, destinados para la conexión de los interruptores 06-BT. Los interruptores automáticos pueden ser instalados en 3 posiciones de trabajo, de control y de reparación.

Los interruptores 06-BT tienen el accionamiento manual y los 16-BT, 25-BT y 40-BT el accionamiento a distancia y conexión manual en las posiciones de control y reparación.

De la señalización se obtiene:

- Posición desconectada del interruptor (rojo), posición conectada del interruptor (verde), avería en la subestación (amarillo). Aunque es válido aclarar que actualmente esta señalización lumínica no está funcionando por falta de bombillas, la instalación existe.
- La tensión es medida con un voltímetro cp-1.5, 500V, pero no se mide.
- La carga de cada fase de las barras (A, B, C) es medida con ayuda de un amperímetro 0-5A cp-1.5 mediante una llave conmutadora.
- La corriente en las líneas de salida es medida en la fase " A ".
- No existe contador de energía en la entrada de las subestaciones. En las líneas de salida no se contabiliza la energía.

2.4 Clasificación de las fallas más frecuente en los motores de inducción en los últimos dos años en la planta de Calcinación y Sínter.

Fallas en motores eléctricos de inducción.

En este apartado son abordadas las principales fallas incipientes que ocurren en motores asíncronos de inducción. Fallas mecánicas y de aislamiento son discutidas y analizadas siendo enfatizadas sus causas y consecuencias.

La mayoría de las fallas en motores eléctricos pueden ser clasificadas en dos grupos: fallas de aislamiento y fallas mecánicas. Son brevemente presentadas las



causas que pueden llevar a la ocurrencia de fallas en motores eléctricos de inducción.

Las fallas de aislamiento son caracterizadas por dañar las espiras del estator, conocidas como cortocircuito en el enrollamiento del estator.

Las fallas mecánicas, en su mayoría están asociadas a daños en el rotor o componentes relacionados al mismo. Dentro de las principales fallas mecánicas se pueden destacar las siguientes: daños en rodamientos, quiebre de barras y anillos del rotor, irregularidades en el entrehierro (excentricidades estáticas y dinámicas) y desbalanceos.

Entre las principales causas de fallas en el rotor y estator del motor encontramos:

Causas de fallas en el estator.

Solicitaciones térmicas.

En general los usuarios y fabricantes de motores tienen buen conocimiento de los daños que pueden ocurrir debido al sobrecalentamiento de los sistemas de aislamiento. El bloqueo del ventilador en un motor puede causar sobrecalentamiento, así como también las sobrecargas a las que se vea afectado el motor. Este último punto es el motivo causante de buena parte de los daños de la parte eléctrica en motores de inducción. Para controlar este problema, en máquinas de medio y gran porte, pueden ser instalados sensores de temperatura en posiciones estratégicas del estator, y así poder monitorear temperatura, de esta forma poder evitar el sobrecalentamiento.

Quiebra de barras y ralladura de los anillos del rotor también son responsables por el sobrecalentamiento de la máquina, con una consecuente reducción de par y aumento del nivel de vibraciones. Este problema puede ser detectado de varias formas, como análisis de vibración, análisis de corriente, o por simple inspección visual si el rotor es separado del estator.

Procedimientos normalizados, como por ejemplo AIEEE 510 e IEEE 275 revelan que cada 10°C que exceda la temperatura límite del aislamiento, la vida útil del mismo es reducida a la mitad. A menos que la temperatura de operación del motor sea extremadamente elevada como para ocasionar un daño inmediato, los efectos



normales del envejecimiento térmico confieren al sistema vulnerable a otras sollicitaciones que puedan ocurrir produciendo éstas alguna falla.

Causas de sobrecarga térmica.

Variación de tensión.

Las variaciones de tensión afectan la performance del motor y la temperatura de los bobinados. A la hora de diseñar motores, se suele utilizar un criterio que permita la operación satisfactoria del mismo con $\pm 10\%$ de variaciones de tensión.

Tensión de fase desbalanceada.

Un pequeño desbalanceo de fase causará un aumento de temperatura en los bobinados del estator. Se ha constatado que cada 3.5% de desbalanceo por fase, la temperatura del bobinado aumenta en un 25% en la fase de mayor corriente. Por ello se deben mantener las 3 fases lo mejor balanceadas posibles, con el fin de evitar la ocurrencia de este problema.

Arranques cíclicos.

Si el motor es sometido a sucesivos arranques en un corto período de tiempo, la temperatura de los bobinados aumentará rápidamente debido a las altas corrientes de arranque. Otra consecuencia de los arranques cíclicos es la contracción y expansión del aislante de las bobinas, tornándolo frágil y susceptible a quebraduras con el pasar del tiempo.

Sobrecarga.

Muchos motores de inducción son fabricados con una cierta holgura en la carga máxima de operación en régimen continuo, caracterizado como factor de servicio (no debe ser confundido con la sobrecarga momentánea del motor, la cual vale para cortos períodos de tiempo). La utilización del factor de servicio implica una vida útil del motor menor a aquella en que el motor se encuentre operando con carga nominal.

Obstrucción del sistema de ventilación.

El calor generado en el rotor y estator se disipa al exterior por medio de un sistema de ventilación, el cual, si por alguna circunstancia se encontrara obstruido o dañado,



causaría un sobrecalentamiento en los bobinados del estator. Es importante recalcar la necesidad de utilización de un sistema de ventilación adicional si el motor opera con sobrecalentamiento en régimen normal.

Solicitaciones eléctricas.

Dieléctrico.

Existe una relación entre la vida del aislante del bobinado y la sobre tensión aplicada. Cada material aislante posee sus particularidades, teniendo algunos mayor capacidad de tolerancia a la tensión que otros. Esta sobre tensión puede causar cortocircuitos en el bobinado de 3 formas:

- Fase-fase.
- Espira-espira.
- Espira-tierra.

Condiciones de sobre tensiones ocurren con cierta frecuencia durante la utilización de motores eléctricos, dando como resultado la reducción de la vida útil del bobinado y pudiendo ocasionar fallas prematuras.

Oscilaciones de corriente o sobre tensión normalmente dañan el aislamiento de las espiras del estator pudiendo esto ocasionar cortocircuitos entre espiras. Estos problemas ocurren debido a la apertura y cierre de contactos. Las sobre tensiones pueden ser producto de las siguientes condiciones:

- Falta de aterramiento.
- Abertura y cierre de disyuntores.
- Conexión de banco de capacitores.
- Colocación de fusibles limitadores de corriente.

Solicitaciones Mecánicas:

Movimiento de las espiras.

El paso de corriente por los bobinados del estator produce esfuerzos directamente proporcionales al cuadrado de la corriente. Estos esfuerzos alcanzan su máximo valor en el arranque del motor, ocasionando vibraciones en las espiras de los



bobinados. Esta vibración provoca un movimiento relativo entre las espiras, el cual se acentúa más en las cabezas de bobinas, pudiendo ocasionar cortocircuitos.

Cualquier vibración excesiva también puede provocar daños en los rodamientos del motor. Para disminuir este problema es aconsejable mantener siempre alineada la máquina de modo de reducir las vibraciones excesivas.

Contacto entre estator y rotor.

Las razones más comunes que conducen al contacto entre el rotor y el estator son las siguientes.

- Fallas en los rodamientos.
- Deflexión del eje.
- Desalineamiento entre rotor y estator.

Solicitaciones relacionadas al medio externo.

La presencia de materiales extraños puede llegar a provocar daños en el estator, como por ejemplo reducción de la disipación de calor, con la consecuente reducción de la vida útil del aislante de los bobinados, fallas prematuras en el sistema de aislamiento debido a esfuerzos localizados y averías en el aislamiento causando cortocircuitos. Otro factor muy importante, a la hora de considerar fallas de aislamiento relacionadas al entorno, donde se encuentra operando el motor, es la humedad del medio, ya que el ingreso de humedad en el aislante puede ser un factor desencadenante de cortocircuitos en los bobinados.

Causas de fallas en el rotor.

Solicitud térmica.

Sobrecarga térmica.

Puede ocurrir durante la partida, régimen permanente o en condiciones de rotor bloqueado, siendo esta última la condición responsable por los mayores daños en el rotor. Las causas más comunes de falla por sobrecargas térmicas son enumeradas a continuación:



- Gran número de arranques consecutivos ocasionando altas temperaturas en las barras y los anillos del rotor.
- Rotor bloqueado debido a grandes cargas impuestas en el eje del motor.
- Fricción entre estator y rotor debido a fallas en el sistema de rodamientos o condiciones de altas vibraciones.
- Rotura de barras del rotor debido a la fatiga

Ventilación insuficiente.

El sobrecalentamiento es un problema bastante común en motores de inducción, con la ventaja de que puede ser fácilmente detectado y corregido. Medidas simples de mantenimiento pueden contribuir de forma significativa a solucionar este problema.

Desbalance térmico.

El desbalance térmico puede tener su origen ya en el proceso de fabricación del rotor o puede ocurrir debido a condiciones de operación que traspasen los límites de trabajo del mismo. Las causas más comunes de fallas por desbalance térmico son las siguientes:

- Arranques frecuentes del motor, pudiendo esto ocasionar diferentes temperaturas en las barras del rotor.
- Transferencia de calor desigual entre el centro y las barras del rotor.
- Gradientes de temperatura debido a la circulación de corriente desigual generada por rotura de barras.

Así como es relativamente sencilla la identificación de problemas de vibración en máquinas eléctricas, también lo es la identificación de desbalances térmicos, no así la identificación de la causa del problema.

Solicitud Magnética.

Efecto Electromagnético.

Las fuerzas electromagnéticas son proporcionales al cuadrado de la corriente, siendo unidireccionales y tienden a dislocar las barras produciendo una deflexión en



las mismas. El mayor esfuerzo sobre las barras ocurre durante el arranque del motor, debido a las altas corrientes generadas.

Atracción electromagnética desbalanceada.

Idealmente el rotor se encuentra centrado y las fuerzas electromagnéticas balanceadas en direcciones opuestas, sin causar deflexión en el rotor. En la práctica, el rotor no se encuentra perfectamente centrado, ya que factores como el peso propio del rotor, desgaste en los rodamientos y alineación del motor influyen en el centrado del mismo.

El desbalance electromagnético es un problema que puede llevar a la flexión del rotor, pudiendo provocar que entren en contacto el rotor con el núcleo del motor o incluso con los mismos bobinados.

Solicitaciones dinámicas.

La mayoría de las solicitudes dinámicas ocurren por procedimientos de operación del motor que obligan al mismo a sobrepasar sus límites operativos de diseño, como por ejemplo torques excesivos en el eje o sobre-velocidades.

Solicitaciones relacionadas al medio externo.

De la misma forma que para el estator, materiales que penetren dentro del motor pueden provocar abrasión, corrosión o impedir el correcto funcionamiento del sistema de ventilación provocando de esta forma sobrecalentamientos.

Solicitaciones mecánicas.

Algunas de las causas más comunes de fallas mecánicas en el rotor son el desprendimiento de chapas o el incorrecto ajuste del eje del rotor.

En general los fallos en máquinas eléctricas se encuentran dominados por fallos en los rodamientos y en las bobinas del estator. Enfocados en motores asíncronos con rotor en jaula de ardilla, la estadística de fallos es la siguiente:

- Fallos relacionados a rotura en los rodamientos: 41%.
- Fallos relacionados a problemas en el estator: 37%.

En estudios realizados recientemente según datos recopilados en libros de incidencias que se lleva por los eléctricos que laboran en los turnos nos indica



cuales son las fallas más frecuentes que afectan el funcionamiento normal de los equipos, trayendo consigo pérdidas en la producción en la planta de Calcinación y Sínter y los recursos materiales empleado para reparar los daños ocasionados por estas fallas en los últimos dos años. Las mismas la podemos encontrar en el (Anexo 4 y 5).

2.5 Valoración estadística de las fallas.

En los dos últimos años hemos podido cuantificar las fallas más frecuentes en los motores de inducción de la planta con la ayuda de los libros que llevan los eléctricos de turno, se han podido recopilar la gran mayoría de las fallas, aunque los datos aportados por estos no son los suficientes, es bueno aclarar que muchas de estas fallas aún teniendo tiempo de interrupción no representa pérdidas, por lo cual se han tomados para análisis las que más inciden. Estas la podemos enumerar según el mayor número de fallas ocurridas por su orden.

En la siguiente tabla se muestra las afectaciones que tuvo la planta de calcinación y Sínter en el año 2007.

Tabla 2.1. Averías del año 2007

No	Avería	Sobrecarga	Corto Circuito	Límite Accionado	Desbalance de Fase	Oscilaciones de Voltaje	Problema con el Variador velocidad	Total
1	Enero	16	2	2		1	2	23
2	Febrero	10	3	1	1			15
3	Marzo	21				3		24
4	Abril	13	3	2		1		19
5	Mayo	13	2			2	1	18
6	Junio	21	1			5		27
7	Julio	13	3					16
8	Agosto	17	2	1	1	4	2	27
9	Septiembre	16	5					21



Capítulo 2. Caracterización de la Carga.

10	Octubre	21	4	2		5	1	33
11	Noviembre	15	3		2		1	21
12	Diciembre	19	6				1	26
13	Total	195	34	8	4	21	8	270

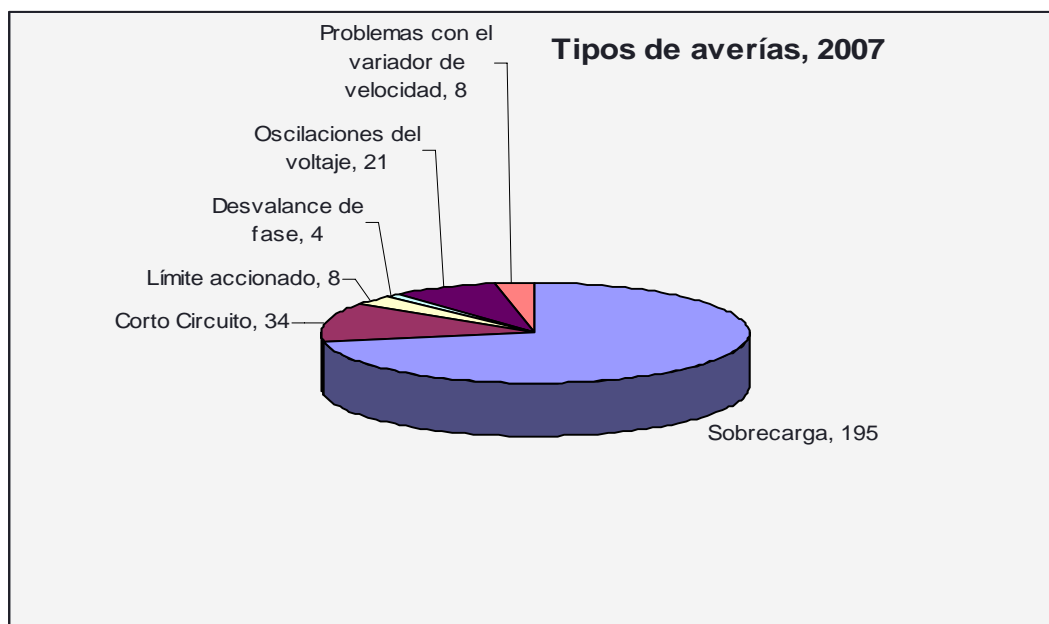


Fig.2.1 Tipos de averías.

Como se puede observar las fallas que más incidieron en el año 2007 fueron:

- Sobrecarga.
- Cortocircuito.
- Oscilaciones de voltaje.

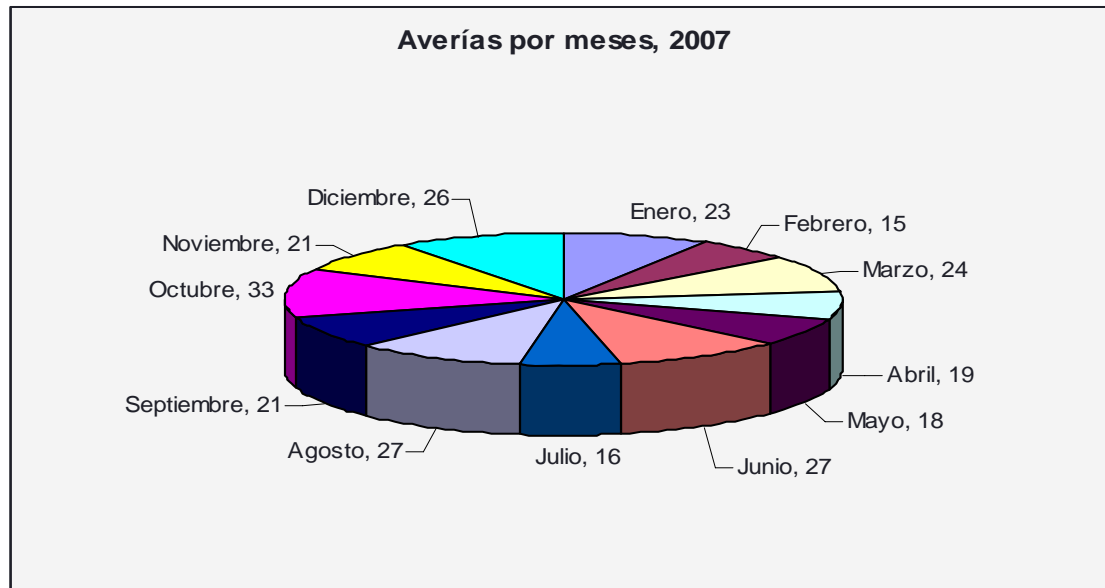


Fig. 2.2 Averías por meses en el 2007.

Como se puede observar en la figura 2.2 los meses con un mayor número de averías fueron los siguientes por su orden: Octubre, Agosto, Junio y Marzo.

A continuación le mostramos la tabla del año 2008.



Tabla 2. 2. Averías del año 2008

No	Avería	Sobrecarga	Corto Circuito	Límite Accionado	Oscilaciones de Voltaje	Problema con el variador de velocidad	Total
1	Enero	11	2	1	2		16
2	Febrero	17	1			1	19
3	Marzo	12	1	2	2	2	19
4	Abril	18		2	1		21
5	Mayo	10			3		13
6	Junio	20	2	1	5		28
7	Julio	31	2		1		34
8	Agosto	18	2		5	2	27
9	Septiembre	17	1				18
10	Octubre	19			2	1	22
11	Noviembre	17	3				20
12	Diciembre	13	1	1	1		16
13	Total	203	15	7	22	6	253

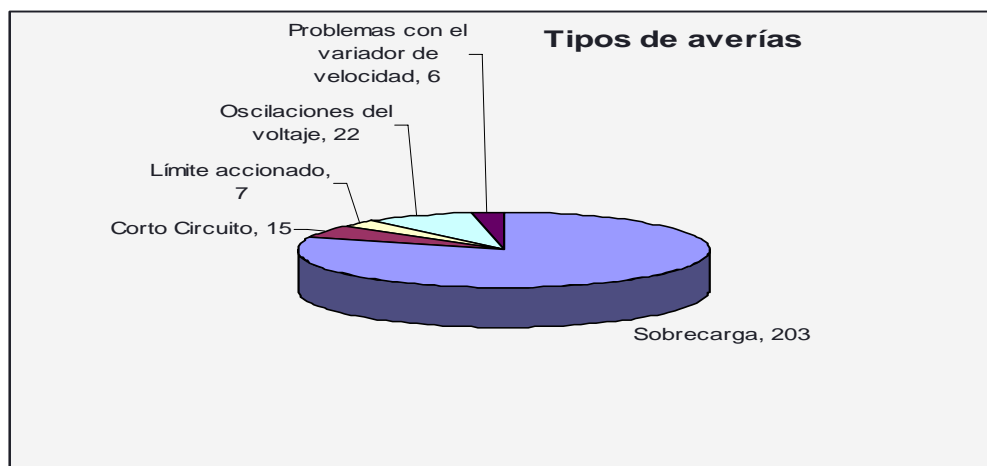


Fig. 2.3 Tipos de averías en el 2008

- Sobrecarga.
- Oscilaciones de voltaje.



- Cortocircuito.

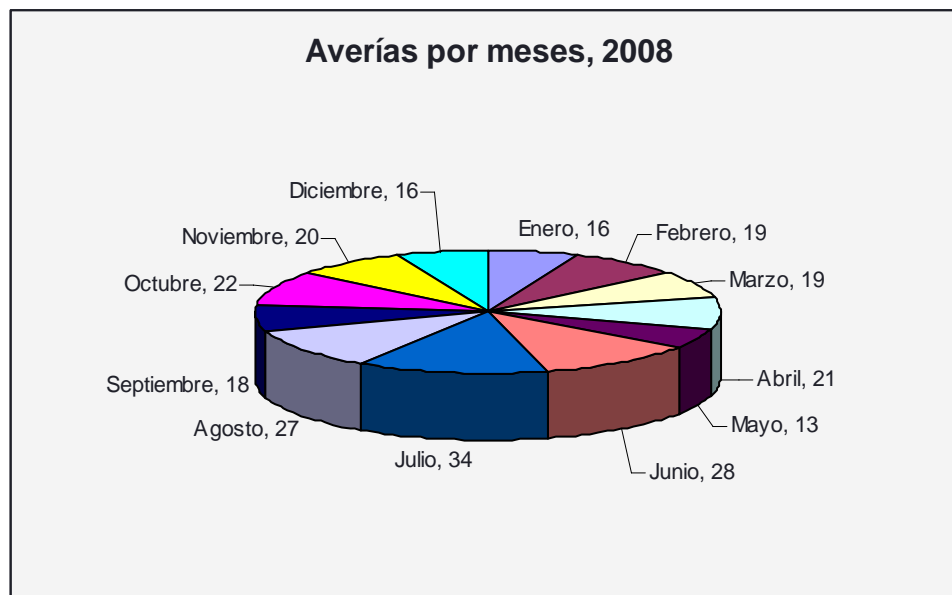


Fig.2.4 Averías por meses en el 2008

Como se puede observar en la figura 2.3 los meses con un mayor número de averías fueron los siguientes por su orden Julio, Junio y Agosto.

2.6 Método existente para detención de fallas en los motores de inducción en la Planta de Calcinación y Sínter.

En la planta de calcinación y Sínter existen varios métodos de detención de fallas aunque el personal de mantenimiento ha estado sumamente limitado al tratar de diagnosticar fallas en motores eléctricos. Las herramientas más comunes han sido un medidor de aislamiento (megger) y un ohmímetro. Aunque recientemente el análisis de vibraciones ha ayudado a determinar fallas de tipo eléctrico en motores, no se puede asumir que un pico a 2 veces la frecuencia de línea es una falla de tipo eléctrico. Se deben de tomar en cuenta otras variables antes de sacar un motor de servicio. Aun con el megger muchas anomalías pueden ser pasadas por alto. El determinar problemas en motores debe ser confiable y seguro, por esto un análisis de motores eléctricos debe contener resultados en las siguientes zonas de falla:



Circuito de Potencia, Aislamiento, Estator, Rotor, Entrehierro y Calidad de energía. Las pruebas ha realizar deben de contemplar pruebas tanto con motor detenido como con motor energizado.

Dentro de los métodos utilizados en dicha planta tenemos los siguientes:

- Medición tensión y corriente en los diferente accionamientos.
- Medición de la resistencia de aislamiento a los motores de inducción.
- Medición de los niveles de vibraciones a los motores de inducción.
- Medición de la temperatura a las cajas de conexión los motores, CCMs y subestaciones transformadora.

Aunque es bueno reconocer que los dos últimos métodos es realizado por otro personal que son los encargados de hacerles o tomarles las mediciones a dichos equipos instalados en la planta.

2.7 Conclusiones.

1. Caracterización del flujo tecnológico de la planta de Calcinación y Sínter.
2. Caracterización del sistema eléctrico de la planta de Calcinación y Sínter.
3. Caracterización de las cargas eléctricas.
4. Estadísticas de las fallas más frecuentes de los motores de inducción de la planta de Calcinación y Sínter en los años 2007 y 2008.
5. Se actualizaron los monolineales de subestaciones de la planta de Calcinación y Sínter.
6. Actualización de la base de datos de los motores de la planta de Calcinación y Sínter.
7. Se revisaron los métodos para detección de fallas existente en la planta de Calcinación y Sínter.



CAPÍTULO 3. Valoración económica de las fallas en los motores de inducción y propuesta metodológica para reducir las fallas.

3.1 Introducción.

3.2 Costos de fallas en el año 2007.

3.2.1 Costos de reparación de los equipos y pérdidas en la producción por las fallas ocurridas en los motores de inducción en el año 2007.

3.2.2 Costos de reparación de las fallas ocurridas en los motores de inducción en el 2008.

3.3 Propuestas de mantenimientos.

3.4 Conclusiones del capítulo.

3.1 Introducción.

A través del desarrollo del capítulo actual se llevará a cabo la valoración económica para determinar las pérdidas en la producción que ocasionan las fallas en los motores de inducción de la planta de calcinación y Sínter, así como los gastos de materiales empleados en la reparación de estos equipos. Además proponer una metodología para la reducción de las mismas.

3.2 Costos de fallas en el año 2007.

En el año 2007 ocurrieron un gran número de fallas relacionadas en el capítulo anterior, las mismas las podemos encontrar en el (Anexo 4). Estas en una medida u otra trajeron consigo pérdidas en la producción, como en gastos de reparación en algunos motores. Hemos escogido las fallas que más repercuten. Además existen otras fallas en menor grado, pero que no repercuten pérdidas económicas.



3.2.1 Costos de reparación de los equipos y pérdidas en la producción por las fallas ocurridas en los motores de inducción en el año 2007.

Podemos decir que el promedio de toneladas por hora es de 3.115 t, se divide entre 60 que es la cantidad de minutos y obtenemos 0.051 t, esto es debido a que por una destilación de 350 m³ de volumen se obtiene una concentración de níquel de 8.9 gr. por libra. Ambos multiplicados y divididos por 1000 obtendremos la cantidad de níquel en una hora 3.115 t.

En la siguiente tabla (3.1) aparecen las pérdidas ocurridas en el 2007 por concepto de sobrecarga.

Tabla 3.1. Pérdidas por sobrecarga en el 2007

Mes	T. Afect.	Pérd. Prod.	P.NI. Pro	Ton x Minuto	Pér.Total
Enero	80 min.	4.08 t	33710.00 \$	0.051 t	137536.8 \$
Febrero	41 min.	2.091 t	33710.00 \$	0.051 t	70487.61 \$
Marzo	96 min.	4.896 t	33710.00 \$	0.051 t	165044.16 \$
Abril	59 min.	3.009 t	33710.00 \$	0.051 t	101433.39 \$
Mayo	35 min.	1.785 t	33710.00 \$	0.051 t	60172.35 \$
Junio	29 min.	1.479 t	33710.00 \$	0.051 t	49857.09 \$
Julio	174 min.	8.874 t	33710.00 \$	0.051 t	299142.54 \$
Agosto	104 min.	5.304 t	33710.00 \$	0.051 t	178797.84 \$
Sept.	57 min.	2.907 t	33710.00 \$	0.051 t	97994.97 \$
Octubre	28 min.	1.428 t	33710.00 \$	0.051 t	48137.88 \$
Nov.	125 min.	6.375 t	33710.00 \$	0.051 t	214901.25 \$
Dic.	45 min.	2.295 t	33710.00 \$	0.051 t	77364.45 \$
Total	873 min.	44.523 t	33710.00 \$	0.051 t	1500870.33 \$



Observamos en la tabla que en el 2007 tuvo un tiempo de afectación de 873 minutos con una pérdida de 44.523 t esto multiplicado con el precio promedio de la tonelada de níquel se produjo una pérdida de 1500870.33 \$ al año.

En la siguiente tabla (3.2) después de ver analizado las pérdidas ocasionadas por las sobrecarga pasamos a las oscilaciones de voltaje.

Tabla 3.2. Pérdidas por oscilaciones de voltaje en el 2007

Mes	Equipos	T. Afect.	Pérd. Prod.	P.Nl. Pro	Ton.X Minuto	Pér.Total
Enero	L- 2	10 min.	0.51 t	33710.00 \$	0.051 t	17192.10 \$
Marzo	L-1 y L-2	26 min.	1.326 t	33710.00 \$	0.051 t	44699.46 \$
Mayo	L-1 y L-2	35 min.	1.785 t	33710.00 \$	0.051 t	60172.35 \$
Agosto	Flit. Y Cals.	67 min.	3.417 t	33710.00 \$	0.051 t	115187.07 \$
Octubre	Fit. Y SDs.	43 min.	2.193 t	33710.00 \$	0.051 t	73926.03 \$
Dic.	L-3	15 min.	0.765 t	33710.00 \$	0.051 t	25788.15 \$
Total		196 min.	9.996 t	33710.00 \$	0.051 t	336965.16 \$

Analizando las afectaciones del año 2007 (anexo 4), tuvo 196 minutos como tiempo total para una pérdida de 9.996 t de níquel con el precio promedio de 33710 \$ al año teniendo una pérdida total de 336965.16 \$, todo esto es por concepto de oscilaciones de voltaje. Los fallos energéticos tienen otros tiempos de restablecimiento que depende de la entrada de reactivo a la planta.

Otras de las fallas que más aportan pérdidas en la producción son los cortocircuitos debido al tiempo de afectación, esto no lo analizaremos debido a que es el mismo procedimiento utilizado en las sobrecargas analizando cantidad de minutos de afectación multiplicado por la cantidad de tonelada producida en un minuto, da la pérdida total en tonelada por el precio promedio de la tonelada de níquel al año, por lo tanto solo analizaremos los gastos de reparación. A continuación veremos cómo se comportan dichos gastos a los siguientes equipos averiados en el 2007. (Tabla 3.3).



Tabla 3.3 Costo de reparación de equipos averiados en el 2007 por cortocircuito.

Equipos	Cant.Alamb.	C. Alambre	TT.Rep.	S/h 1 Op.	Costo USD	Costo MN
EL-209 B	4 kg 1.0 mm	18.575 USD	16/h	2.80 \$	74.3 \$	44.80 \$
ZA-319 A	9 kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	88.83 \$	44.80 \$
SFC-202	5.27kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	52.0149 \$	44.80 \$
ZA-319 A	9 kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	88.83 \$	44.80 \$
BO-103 A	19.5 kg 1.30mm	9.87 USD	32/h	2.80 \$	192.465 \$	89.6 \$
AG-116 B	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
AG117 B	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
BO-103 C	19.5 kg 1.30mm	9.87 USD	32/h	2.80 \$	192.465 \$	89.6 \$
MS-311	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
BO-101 A	19.5 kg 1.30mm	9.87 USD	32/h	2.80 \$	192.465 \$	89.6 \$
BO-301 A	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
AG-118 A	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
EL-209 A	4 kg 1.0 mm	18.575 USD	16/h	2.80 \$	74.3 \$	44.80 \$
AG-117 B	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
ZA-319 A	9 kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	88.83 \$	44.80 \$
AG-117 B	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
SFC-202	5.27kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	52.0149 \$	44.80 \$
TRSE-202 B	5.27kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	52.0149 \$	44.80 \$
BO-120	5.27kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.80 \$	52.0149 \$	44.80 \$
TR-308	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.80 \$	25.3596 \$	33.6\$
EL-318	4 kg 1.0 mm	18.575 USD	16/h	2.80 \$	74.3 \$	44.80 \$
TR-204 B	13.2kg 1.30mm	9.87 USD	24/h	2.80 \$	130 \$	67.2 \$
TOTAL				2.80 \$	1607.7214 \$	1052.8 \$

Como podemos observar tuvimos un total de 22 equipos averiados en el año 2007 analizando la cantidad de alambre utilizado en su reparación más el precio del Kg. de este más la cantidad de horas utilizadas por un operario A, tenemos el gasto total



en la reparación de dicho equipo, tanto en USD, como en CUP, aunque es un precio promedio donde está incluido los demás materiales usados (gasto de energía, barniz, estaño).

3.2.2 Costos de reparación de las fallas ocurridas en los motores de inducción en el 2008.

Después de analizar las pérdidas ocasionadas en la producción y los gastos por concepto de reparación en el 2007 veremos cómo se comportaron estas en el 2008. En la siguiente tabla 3.4, les mostramos como se comportaron estas por concepto de sobrecargas.

Tabla 3.4. Pérdidas en el 2008 por sobrecarga

Mes	T. Afect.	Pérd. Prod.	P.NI. Pro	Ton.X Minutos	Pérd. Total
Enero	30 min.	1.53 T	21103,64 \$	0.051t	32288.56 \$
Febrero	36 min	1.836 T	21103,64 \$	0.051t	38746.28 \$
Marzo	46 min	2.346 T	21103,64 \$	0.051t	49509.13 \$
Abril	144 min	7.344 T	21103,64 \$	0.051t	154985.13 \$
Mayo	60 min	3.06 T	21103,64 \$	0.051t	64577.13 \$
Junio	191 min	9.741 T	21103,64 \$	0.051t	205570.55 \$
Julio	64 min	3.264 T	21103,64 \$	0.051t	68882.28 \$
Agosto	110 min	5.61 T	21103,64 \$	0.051t	118391.42 \$
Septiembre	107 min	5.457 T	21103,64 \$	0.051t	115162.56 \$
Octubre	104 min	5.304 T	21103,64 \$	0.051t	111933.70 \$
Noviembre	20 min	1.02 T	21103,64 \$	0.051t	21525.71 \$
Diciembre	71 min	3.621 T	21103,64 \$	0.051t	76416.28 \$
Total	983 min	50.133 T	21103,64 \$	0.051t	1057988.7 \$

Como podemos observar en el 2008 tuvo un tiempo de afectación de 983 minutos con una pérdida de 50.133 t, esto multiplicado con el precio promedio de la tonelada de níquel 21103.64 \$, se produjo una pérdida de 1057988.7 \$ en el año.



La siguiente tabla muestra como se comportaron los equipos averiados por cortocircuito en el 2008 ver (tabla 3.5).

Tabla 3.5. Costo de reparación de equipos averiados en el 2008 por cortocircuito.

Equipos	Cant.Alamb.	C. Alambre	T.T.Rep.	S/h 1 Op.	Costo USD	Costo MN
BO-127	6.14kg 1.12mm	9.057 USD	16/h	2.8o \$	55.60998 \$	44.80 \$
TR-204 B	13.2kg 1.30mm	9.87 USD	24/h	2.8o \$	130 \$	67.2 \$
SFC-202	5.27kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.8o \$	52.0149 \$	44.80 \$
BO-362	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.8o \$	25.3596 \$	33.6\$
BO-117	25kg 1.40mm	5.28 USD	40/H	2.8o \$	132 \$	112 \$
EL-318	4 kg 1.0 mm	18.575 USD	16/h	2.8o \$	74.3 \$	44.80 \$
EL-209 B	4 kg 1.0 mm	18.575 USD	16/h	2.8o \$	74.3 \$	44.80 \$
BO-127	6.14kg 1.12mm	9.057 USD	16/h	2.8o \$	55.60998 \$	44.80 \$
ZA-319 A	9 kg 1.30mm	9.87 USD	16/h	2.8o \$	88.83 \$	44.80 \$
BO-105 B	40kg 1.50mm	6.58 USD	45/h	2.8o \$	263.2 \$	126 \$
EL-317	4 kg 1.0 mm	18.575 USD	16/h	2.8o \$	74.3 \$	44.80 \$
TR-311	2.8 kg 1.12mm	9.057 USD	12/h	2.8o \$	25.3596 \$	33.6\$
Total					1050.88406 \$	686 \$

Como podemos observar tuvimos un total de 12 equipos averiados en el año 2008, analizando la cantidad de alambres utilizados en su reparación, más el precio del Kg. de este, más la cantidad de horas utilizadas por un operario "A", tenemos el gasto total en la reparación de dicho equipo tanto en USD como en CUP, aunque es un precio promedio donde están incluidos los demás materiales usados (gasto de energía, barniz, estaño).

A continuación veremos cómo se comportaron las oscilaciones de voltaje. (Tabla 3.6).



Tabla 3.6. Pérdidas por oscilaciones de voltaje en el 2008.

Mes	Equipos	T. Afect.	Pérd. Prod.	P.NI. Pro	Ton.X Minuto	Pér.Total
Enero	L-1, VE-342 A	13 min.	0.663 t	21103.64 \$	0.051 t	13991.7133 \$
Marzo	MS- 311	20 min.	1.02 t	21103.64 \$	0.051 t	21525.7128 \$
Abril	Sínter Cals.	40 min.	2.04 t	21103.64 \$	0.051 t	43051.4256 \$
Mayo		65 min.	3.315 t	21103.64 \$	0.051 t	69958.5666 \$
Junio	Planta , VE- 6kv	48 min.	2.448 t	21103.64 \$	0.051 t	51661.7107 \$
Julio	L-1 y VE 6kv	10 min.	0.51 t	21103.64 \$	0.051 t	10762.8564 \$
Agosto	L-1 y L-2	59 min.	3.009 t	21103.64 \$	0.051 t	63500.8527 \$
Octubre	VE- 6 KV	25 min	1.275 t	21103.64 \$	0.051 t	26907.141 \$
Diciembre	L-2, L-A óxido	18 min.	0.918 t	21103.64 \$	0.051 t	19373.1415\$
Total		298 min.	15.198 t	21103.64 \$	0.051 t	320733.120\$

Analizando las afectaciones que hubo en el año 2008 (anexo 5). Se evidencia 298 minutos como tiempo total para una pérdida de 15.198 t de níquel con el precio promedio de 21103.64 \$, en el año se obtuvo una pérdida total de 336965.16 \$, todo esto es por concepto de oscilaciones de voltaje. Los fallos energéticos tienen otros tiempos de restablecimientos que dependen de la entrada de reactivo a la planta.

3.3 Propuestas de mantenimientos.

Este es un punto polémico debido a que la mayoría de los mantenimientos programados no se dan con la calidad requerida, por este problema y otros es la cantidad de fallas ocurridas en los años estudiados trayendo consigo pérdidas en la producción y gastos de recursos en la reparación de algunos equipos averiados.

Los principales métodos utilizados en la fábrica para la realización de diagnósticos y mantenimientos son:

Preventivos – Correctivos.

Los diagnósticos que se realizan a los diferentes dispositivos son:

- Pruebas de aislamiento a las líneas de media tensión.



- Pruebas de aislamiento a los transformadores de corriente.
- Pruebas de aislamiento a los transformadores de potencia.
- Pruebas de relación de transformación.
- Pruebas de rigidez dieléctricas al aceite de los transformadores de potencia.

A las máquinas rotatorias se les realizan:

- Pruebas de aislamiento y coeficientes de absorción.
- Pruebas en vacíos.
- Pruebas de ruidos con Bispen o Vibexpert.
- Diagnósticos a partir de las cámaras termográficas.

Estos métodos utilizados en la fábrica no se cumplen con las especificidades técnicas que requieren, lo que imposibilita brindar con mayor exactitud las informaciones requeridas para la detección y corrección de las fallas que ocurren en el sistema, debido a que no se cuenta con los dispositivos y equipamientos necesarios, por lo que son insuficientes las pruebas que se realizan resultando imposible poder diagnosticar con exactitud las posibles situaciones que se pueden presentar en los diferentes equipos y dispositivos del sistema.

Como hemos podido apreciar en el capítulo 2 en los dos años analizados las fallas ocurridas muchas de ellas aparecen por problemas de operación, pero la realidad es otra. Los mantenimientos no se dan con la calidad requerida tanto como por la parte eléctrica como la mecánica, además de otros departamentos (protecciones, instrumentistas, cómputo).

Podemos decir que no existe una buena planificación a la hora de dar los mantenimientos. En ocasiones estos no se dan a profundidad porque los equipos planificados están en operación y no se pueden parar. En otra ocasión, por ejemplo, los mecánicos están trabajando en una línea y los eléctricos tienen la otra línea, como está en operación no se puede parar ningún equipo, provocando que no se le dé un buen mantenimiento, por lo antes dicho propongo las siguientes propuestas:



- Que exista una buena planificación a la hora de conceder los mantenimientos para ambas partes, es decir, entre los mecánicos y los eléctricos, para que no ocurra lo antes dicho.
- Que los mantenimientos realizados sean con la calidad requerida por ambas partes y con los recursos requeridos o necesarios.
- Que se respete el cronograma para el mantenimiento, es decir, que se le de cuando este planificado para evitar lo antes dicho.
- Que exista un programa planificado por el tiempo de trabajo de cada equipos para obtener una mayor estabilidad.
- Realizar las inspecciones termográfica a los accionamiento en el período adecuado.
- Que se respete el régimen anormal para estos equipos (procedimiento en caso de averías), es decir, que si un equipo presenta una avería, por ejemplo: se dispara por sobrecarga, exigir por la parte de operaciones que se le dé una buena revisión antes de ponerlo en operación, tanto mecánica como eléctrica, para evitar que esta falla causen otras, trayendo consigo pérdidas en la producción y gastos de materiales.

3.5 Conclusiones del Capítulo.

En el capítulo realizado pudimos analizar los siguientes aspectos.

1. Se analizó el gasto por pérdidas en la producción por las fallas ocasionadas en la planta por las sobrecargas en los años 2007 y 2008.
2. Se analizaron los gastos por pérdidas en la producción por las oscilaciones de voltaje.
3. Se analizaron las pérdidas en los gastos por concepto de reparación de equipos dañados por cortocircuitos.
4. Se hizo una propuesta metodológica para el mejoramiento en los mantenimientos en la planta de Calcinación y Sínter para reducir las fallas.

Conclusiones.

Al término de nuestro trabajo arribamos a las siguientes conclusiones:

- En la caracterización del sistema eléctrico de la planta se recopiló toda la información necesaria, actualizando los monolineales debido a los cambios realizados con motivos de automatización del proceso llevado a cabo durante los últimos.
- Se demostró que aunque la empresa cuenta con un diagnóstico de fallas en los motores de inducción de la planta de Calcinación y Sínter no es suficiente ya que no se le da el seguimiento requerido.
- Se detectó que no es suficiente el mantenimiento planificado a los equipos debido a que no se da con la calidad requerida.
- La capacitación y asesoramiento de los operadores y técnicos contribuiría en gran medida a la detección, control y disminución de la aparición de las diferentes fallas eléctricas.
- A partir de las condiciones medio ambientales, muchos de los componentes no cumplen las funciones requeridas por razón de envejecimiento por lo que se deben adoptar nuevos procedimientos que permitan disminuir las afectaciones que ocasionan en los motores de inducción de la planta de Calcinación y Sínter recayendo directamente sobre las pérdidas excesivas que se generan estas afectaciones.



Recomendaciones.

Después de haber estudiado y analizado cuales fueron las fallas y las pérdidas tanto en la producción como en los gastos de reparación, podemos recomendar lo siguiente:

- Anotar correctamente todas las fallas ocurridas durante los turnos con hora y tiempo de duración de la avería en los libros destinados para ese fin, debido a que no existe cultura para hacer dichas anotaciones.
- Anotar en los libros del turno los cambios que se realicen en la planta en la parte eléctrica; montaje de equipos nuevos, mejoras, reajuste o cambios en los planos para que de esta forma todos los eléctricos se actualicen.
- Lograr que la documentación técnica esté al alcance de todos tanto los monolineales como los esquemas individuales de cada equipo (planos), así como las normas.
- Lograr una correcta planificación al conceder los mantenimientos.
- Enumerar los interruptores de ambas Sub. Estaciones y que alimentan.
- Lograr que exista un tiempo a la semana o al mes dedicado a la superación técnica, así permitirá corregir errores y que los eléctricos estén más documentados.

Bibliografía.

1. ANDRADE, M. Y CASTELLI, M. Metodología de monitoreo, detección y diagnóstico de fallos en motores asincrónicos de inducción. Marzo del 2002. Revista Instrumentation – NI.
2. CABALLERO HUGO C. Diseños y desarrollo de un sistema de monitoreo de condición para motores de inducción. 2002.
3. DI STEFANO (1997) desarrolló una red neuronal para diagnosticar fallas entre espiras/ Stefano Di...[et. al]. Chile, 1997.
4. FILIPPETTI et al., (1996), presentó una arquitectura de red neuronal para detectar cortocircuitos en el devanado del estator.
5. HIDALGO, J C. Análisis de las zonas de falla de motores eléctricos.
6. LA MADRID, R. Fallas en motores eléctricos. Colombia, 2005.
7. MARTÍNEZ M. S. A. Motores de inducción. — Maracay: Petróleo de Venezuela, 1997.
8. Nuevas estrategias de monitoreo en línea para motores de inducción. Colectivo de Autores. Grupo de investigación en manejo eficiente de la Energía Eléctrica (GIMEE) – GIMEL- Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia.
9. RAMIREZ D.Y. Relé para la protección de un transformador de potencia basado en redes neuronales artificiales “Tesis de postgrado”. ISMM. Cuba 2004.
10. Revista de Energía, comunicaciones y electrónica #5 05/12/2007.
RODRÍGUEZ, I. Diagnóstico de fallas incipientes en el motor de inducción utilizando métodos no convencionales.
11. SAAVEDRA P, ESTUPIÑÁN E. Impacto del mantenimiento proactivo en la productividad. 1er Congreso Peruano de Mantenimiento, Mayo del 2001.



12. TALLAM et al. (2001), propuso una RNA utilizando las componentes de secuencia de tensión y corriente para la detección de fallas entre espiras en un motor de inducción.
13. VILLADA, F. CADAVID D.R. Diagnóstico de fallas en motores de inducción mediante la aplicación de redes neuronales artificiales.



Sitios Consultados.

www.monografias.com

www.elprisma.com

www.KYBER.cl

Anexo

Listado de Anexos

1. Características técnicas de los motores de la planta de Calcinación y Sínter.
2. Monolineal de la subestación 1TP-7.
3. Monolineal de la subestación 1TP-8.
4. Contabilidad de las fallas más frecuente de los años 2007 y 2008.

ANEXO 1

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS MOTORES DE LA PLANTA DE CALCINACION Y SINTER

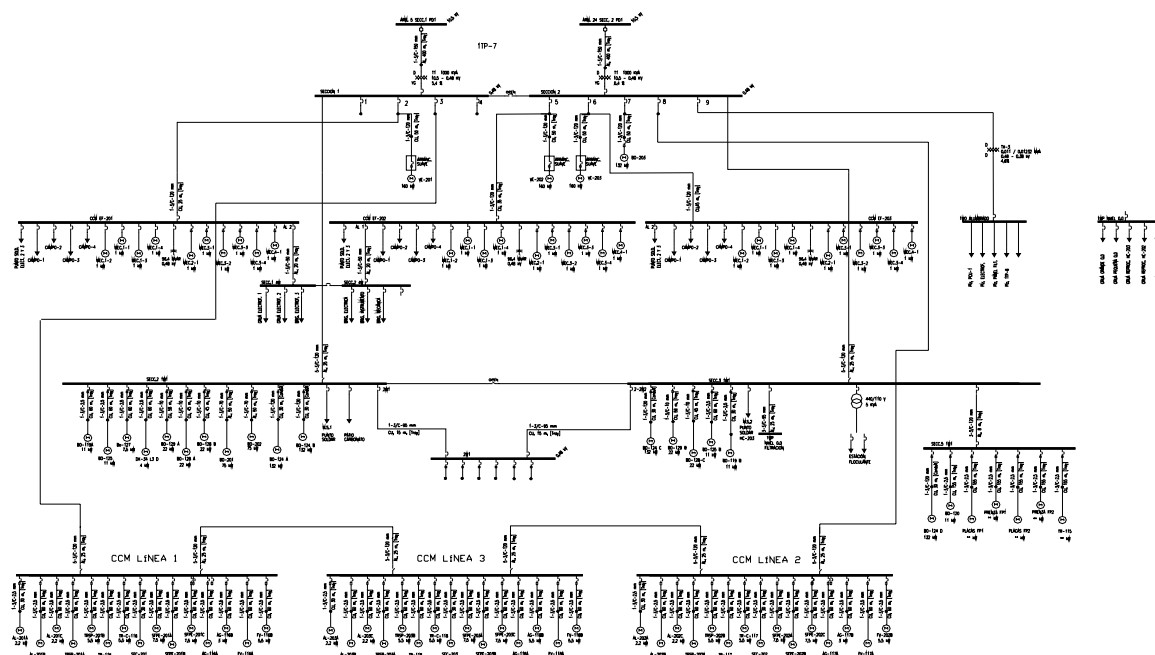
Nro	Codificación	Rend. (%)	Frec. (Hz)	Aisl.	Veloc. (rpm)	Pot. (Kw)	Cos	Volt. Vol	In (A)	Tipo	Conec.
						Nom.			Nom.		
1	SD 101 Rot.	82	60		1760	2.2	0.81	230/460	7.8/3.9	4A112MB6T2	Delta
2	SD 101 Elev.	81	60	F	1745	4	0.73	230/460	2.7/6.35	4AM10016YPT1	Y
3	SD 102 Rot.	81.5	60	F	1156	4	0.77	440	8	2P112MB6T25	Y
4	SD 102 Elev.	81	60	B	1120	2.2	0.77	440	4.5	A02-32-6T2	Y
5	BO 101A	90.5	60	F	1160	43	0.9	220/440	71/35.5	A02-72-6T2	YY/Y
6	BO 101B	90.5	60	F	1160	43	0.9	220/440	71/35.5	A02-72-6T2	YY/Y
7	BO 102A	90.5	60	F	1160	43	0.9	220/440	71/35.5	A02-72-6T2	YY/Y
8	BO 102 B	90.5	60	F	1160	43	0.9	220/440	71/35.5	A02-72-6T2	YY/Y
9	BO 105 A	93	60	F	1760	110	0.9	220/440	236/172.5	4A250S4T2	YY/Y
10	BO 105 B	93	60	F	1765	75	0.89	440	130	4AM250S4T2	Y
11	BO 105 C	93	60	F	1765	110	0.89	440	236/172.5	4AM250S4T2	Y
12	BO 105 D	93	60	F	1765	110	0.89	440	236/172.5	4AM250S4T2	Y
13	BO 105 E	93	60	F	1770	75	0.82	440	130	A250S4T2	DELTA
14	BO 115 B-6	92.5	60	F	1765	55	0.88	440	89	4AM225M4T2	Y
15	BO 117 B-6	92.5	60	F	1765	55	0.88	440	89	4AM225M4T2	Y
16	FV 116 A	83	60	F	860	5.5	0.7	220/440	19/9.6	4A132S8T2	YY/Y
17	FV 116 B	83	60	F	860	5.5	0.7	220/441	19/9.7	4A132S8T3	YY/Y
18	FV 117 A	83	60	F	860	5.5	0.7	220/440	19/9.6	4A132S8T2	YY/Y
19	FV 117 B	83	60	F	860	5.5	0.7	220/440	19/9.6	4A132S8T2	YY/Y
20	FV 118 A	83	60	F	860	5.5	0.7	220/440	19/9.7	4A132S8T2	YY/Y
21	FV 118 B	83	60	F	860	5.5	0.7	220/440	19/9.8	4A132S8T2	YY/Y
22	AG 116 A	82	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX100S4T1	Y
23	AG 116 B	82	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX100S4T1	Y
24	AG 117 A	82	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX100S4T1	Y
25	AG 117 B	82	60		1700	3	0.83	440	5.8	4A100S4T1	Y
26	AG 118 A	82	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX100S4YPT1	Y
27	AG 118 B	82	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX100S4T1	Y
28	TR 116	87	60	F	880	15	0.82	220/440	55.2/27.6	4A180M8T2	YY/Y
29	TR 117	87	60	F	880	15	0.82	220/440	55.2/27.6	4A180M8T2	YY/Y
30	TR 118	87	60	F	880	15	0.82	220/440	55.2/27.6	4A180M8T2	YY/Y
32	BO 119 A	88	60	F	3500	11	0.9	440	18	4AM132M2T2	Delta
33	BO 119 B	88	60	F	3500	11	0.9	440	18	4AM132M2T2	Delta
34	BO 120 achique	87.5	60	H	3500	7.5	0.85	440/220	2.5/13	ASOISO160M4	Y
35	BO 124 A,B,C,D	93	60	H	585	132	0.79	440	237	A03-400M-12T2	Delta
37	BO 125 A	87.5	60	F	1750	11	0.87	440	19	4AM132M4T2	Delta
38	BO 125 B	87.5	60	F	1750	11	0.87	440	19	4AM132M4T2	Delta
39	AG 125	87	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX100S4T2	Y

40	BO 127 Quimica										
41	BO 128 A	88	60	F	3490	22	0.9	220/440	73/36.5	A02-71-2T2	YYY
42	BO 128 B	88	60	F	3490	22	0.9	220/440	73/36.5	A02-71-2T2	YYY
43	BO 128 C	88	60	F	3490	22	0.9	220/440	73/36.5	A02-71-2T2	YYY
44	BO 129 A	89.5	60	F	3530	22	0.87	220/440	74/37	4AM180S2T2	YYY
45	BO 129 B	87	60	F	3480	22	0.89	220/440	74.5/37.2	A02-71-2T2	YYY
46	BO 201	90	60	F	702	75	0.81	440	132	A3315M-10T3	Y
47	BO 202	90	60	F	702	75	0.81	440	132	A3315M-10T3	Y
48	BO 203	90	60	F	702	75	0.81	440	132	A3315M-10T3	Y
49	BO 204 A	89	60	F	1750	15	0.84	220/440	53/27	4AM160S4T2	DD/D
50	BO 204 B	89	60	F	1750	15	0.84	220/440	53/27	4AM160S4T2	DD/D
51	BO 204 C	89	60	F	1750	15	0.84	220/440	53/27	4AM160S4T2	DD/D
52	VE 201	93.5	60	H	1180	160	0.9	440	250	A03-355M-6T3	Delta
53	VE 202	93.5	60	H	1180	160	0.9	440	250	A03-355M-6T3	Delta
54	VE 203	93.5	60	H	1180	160	0.9	440	250	A03-355M-6T3	Delta
55	SFP 201 A	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/459	29/14.4	R102BV160M5	
56	SFP 201 B	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/459	29/14.4	R102BV160M5	
57	SFP 201 C	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/459	29/14.4	R102BV160M5	
58	SFP 202 A	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/460	29/14.5	R102BV160M6	
59	SFP 202 B	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/460	29/14.5	R102BV160M6	
60	SFP 202 C	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/460	29/14.5	R102BV160M6	
61	SFP 203 A	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/461	29/14.6	R102BV160M7	
62	SFP 203 B	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/461	29/14.6	R102BV160M7	
63	SFP 203 C	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	230/461	29/14.6	R102BV160M7	
64	EF 201 Mec.Sac.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T1	Y
65	EF 202 Mec.Sac.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T2	Y
66	EF 203 Mec.Sac.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
67	EF 201 Mec.Pos.Ca 1.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
68	EF 201 Mec.Pos.Ca 2.	71	60	F	1630	0.55	0.73	440	1.4	AIP71A4T2	Y
69	EF 201 Mec.Pos.Ca 3.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
70	EF 201 Mec.Pos.Ca 4.	71	60	F	1630	0.55	0.73	440	1.4	AIP71A4T2	Y
71	EF 202 Mec.Pos.Ca 1.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
72	EF 202 Mec.Pos.Ca 2.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
73	EF 202 Mec.Pos.Ca 3.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
74	EF 202 Mec.Pos.Ca 4.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
75	EF 203 Mec.Pos.Ca 1.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
76	EF 203 Mec.Pos.Ca 2.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
77	EF 203 Mec.Pos.Ca 3.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
78	EF 203 Mec.Pos.Ca 4.	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y

79	EF 201 Ca . Muerto	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
80	EF 202 Ca . Muerto	70.5	60	F	1640	0.55	0.7	440	1.45	4AMX71T4T3	Y
81	EF 203 Ca . Muerto	71	60	F	1630	0.55	0.73	440	1.4	AIP71A4T2	Y
82	EF 201 Cor . Camp 1.	71	60	E	1630	0.55	0.73	440	1.4	4AMX71T4T3	
83	EF 201 Cor . Camp 2.	71	60	E	1630	0.55	0.73	440	1.4	4AMX71T4T3	
84	EF 201 Cor . Camp 3.	68	60	E	1680	0.37	0.69	440	1.04	4AAL63B4T2	Y
85	EF 201 Cor . Camp 4.	68	60	E	1680	0.37	0.69	440	1.04	4AAL63B4T2	Y
86	EF 202 Cor . Camp 1.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
87	EF 202 Cor . Camp 2.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
88	EF 202 Cor . Camp 3.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
89	EF 202 Cor . Camp 4.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
90	EF 203 Cor . Camp 1.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
91	EF 203 Cor . Camp 2.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
92	EF 203 Cor . Camp 3.	66	60	E	1680	0.37	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
93	EF 203 Cor . Camp 4.	66	60	E	1680	0.27	0.75	440	0.78	AOL21-4T-C1	D/Y
94	SFC 201	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	220/440	28/14	4AM132M6T2	YY/Y
95	SFC 202	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	220/440	28/14	4AM132M6T2	YY/Y
96	SFC 203	85.5	60	B	1160	7.5	0.81	220/440	28/14	4AM132M6T2	YY/Y
97	WIN 201	82.5	60	F	1670	8.5	0.85	220/440	32/16	4A0132S4T2	YY/Y
98	WIN 202	82.5	60	F	1670	8.5	0.85	220/440	32/16	4A0132S4T2	YY/Y
99	WIN 203	82.5	60	F	1670	8.5	0.85	220/440	32/16	4A0132S4T2	YY/Y
100	TRS 201A	85.5	60	B	1160	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	
101	TRS 201B	85.5	60	B	1160	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T3	Y
102	TRS 202A	85.5	60	B	1160	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA
103	TRS 202 B	85.5	60	B	1160	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA
104	TRS 203 A	85.5	60	B	1160	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	Y
105	TRS 203 B	85.5	60	B	1160	5.5	0.85	440	10	4AM10028L6T1	Y
106	ALE 201 A	85.5	60	B	1130	1.5	0.85	440/220	3.2/5.5	4AM10028L6T1	Y
107	ALE 201 B	85.5	60	B	1130	1.5	0.85	440/220	3.2/5.5	4AM10028L6T1	Y
108	ALE 202 A	81	60	F	1160	2.2	0.73	440	4.9	4AM10028L6T1	Y
109	ALE 202 B	81	60	F	1160	2.2	0.73	440	4.9	4AMX100L6T1	Y
110	ALE 202 C	81	60	F	1160	2.2	0.73	440	4.9	4A100L6T1	Y
111	ALE 203 A y B	81	60	F	1160	2.2	0.73	440	4.9	4AMX100L6T1	Y
112	ALE 203 C	81	60	F	1160	2.2	0.73	440	4.9	4A100L6T1	Y
113	CLASIF 201	76.7	60	F	1160	1.1	0.7	440	2.5	BAO-21-4T5	Y
114	BO 201 A	90.5	60	E	1160	3	0.79	255/440	6.1/10.5	AP132S-8	Y/D
115	BO 201 B	90.5	60	E	1160	3	0.79	255/441	6.1/10.6	AP132S-9	Y/D
116	BO 202 A	90.5	60	B	1160	3	0.79	255/440	6.1/10.5	AP132S-8	Y/D
117	BO 202 B	90.5	60	E	1160	3	0.79	255/440	6.1/10.5	AP132S-8	Y/D
118	BO 203 A	90.5	60	E	1160	3	0.79	255/440	6.1/10.5	AP132S-8	Y/D
119	BO 203 B	90.5	60	E	1160	3	0.79	255/440	6.1/10.5	AP132S-8	Y/D
120	VE 201 A	80	60	F	1160	30	0.82	220/440	9.8/4.8	4AM180M2T2	YY/Y
121	VE 202 A	80	60	F	1160	30	0.82	220/440	9.8/4.8	4AM180M2T2	YY/Y
122	VE 203 A	80	60	F	1160	30	0.82	220/440	9.8/4.8	4AM180M2T2	YY/Y
123	VE 201 B	80	60	B	1160	18.5	0.87	440	36	OMR180M2504	DELTA
124	VE 202 B	80	60	F	1160	18.5	0.88	220/440	61/31	4AM160M4T2	DD/D
125	VE 203 B	80	60	B	1160	18.5	0.87	440	36	OMR180M2504	DELTA
126	AUX 201	81	60	B	1160	18	0.85	440	32	F180M0691T	DELTA
127	AUX 202	81	60	B	1160	18	0.85	440	32	F180M0691T	DELTA
128	AUX 203	81	60	B	1160	18	0.85	440	32	F180M0691T	DELTA
129	VE HC 201	81	60		1160	1.5	0.87	440/244	2.9/5.6		
130	VE HC 202	81	60	B	1160	1.5	0.87	440/245	2.9/5.6	4AP90L-4	YY/D
131	VE HC 203	81	60	B	1160	1.5	0.87	440/245	2.9/5.6	AP100-4S	
132											
133	TR 204 A	100	60	F	1170	14.9	0.73	440	24	5ET	
134	TR 204 B	89.5	60	F	1165	22	0.73	460	40.4	RGZSD	
135	TR 205 A	100	60	B	1165	14.9	0.73	460	24	ET	Y
136	TR 205 B	88.5	60	B	1170	18.6	0.73	230/460	68/38	RGZST	D/Y
137	TR 206 A	100	60	B	1170	14.9	0.73	230/460	48/24	ET	D/Y
138	TR 206 B	100	60	B	1165	14.9	0.73	460	24	ET	Y
139	TI 208 A	92	60	H	1180	55	0.93	220/440	169/84.5	A02-92-6T2	YY/Y
140	TI 208 B	92	60	H	1180	55	0.93	220/440	169/84.5	A02-92-6T2	YY/Y
141	EL 209 A	85.5	60	F	1740	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA

142	EL 209 B	85.5	60	F	1740	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA
143	TR 212 A	100	60	B	1170	7.5	0.85	460	15	ET	
144	TR 212 B	100	60	B	1170	7.5	0.85	460	15	ET	
145	TR 213 B y A	100	60	B	1165	7.5	0.85	460	15		
146	BO 301 A	81.3	60	B	1679	2.2	0.8	440	4.5	2B90L4T2,5	Y
147	BO 301 B	81.3	60	B	1679	2.2	0.8	440	4.5	2B90L4T2,5	Y
148	AL 304	81.5	60	B	1140	2.2	0.8	440	5	2B100S4T2,5	Y
149	TR 305	86	60	F	1160	7.5	0.81	440	14	4AM132M6T2	DELTA
150	EL 306 B	86	60		1730	5.5	0.84	440	11.2	SK132M/4BRE100DFTF	DELTA
	Sacudidor 306 B		60		1690	0.43	0.74	460	1.07	SK71L/4	D/Y
151	EL 306 A	85.5	60	F	1740	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA
152	MZ 307	85	60	F	1160	5.5	0.8	440	11	4AM132S6T2	DELTA
153	DI 308	82	60	H	520	1	0.85	440	4.2	AP52-12T2	Y
154	TR 308	82	60	F	1690	3	0.83	440	5.8	4AMX1054T1	Y
155	AL 310	81	60	F	1130	2.2	0.73	440	4.9	4AMX100L6T1	
156	MS 311	85	60	F	844	4	0.74	440	9.1	LA5163-8CB90	Y
157	VE 311 A	87.5	60	F	3460	5.5	0.91	220/440	9.1/18.2	4AM100L2T1	YY/Y
158	VE 311 B	87.5	60	F	3460	5.5	0.91	220/440	9.1/18.2	4AM100L2T1	YY/Y
159	TI 312	92	60	F	885	55	0.84	440	93	AD28058Y	Y
160	AL 314	88	60	F	880	7.5	0.76	220/440	15/37	4AM160M8T2	DD/D
161	TR 311	82	60	F	1140	4	0.81	440	7.9	AIP112MB6T2	Y
162	TI 315	92	60	F	1180	55	0.85	440	92	4AM250M6T2	Y
163	TR 316 A	88	60	F	1160	30	0.85	440	54	4AM200L6T2	
164	TR 316 B	88	60	F	1165	15	0.86	440	26	B160M6T2,5	DELTA
165	EL 317	85.5	60	F	1740	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA
166	EL 318	85.5	60	F	1740	5.5	0.85	440	10	4AM112M4T2	DELTA
167	ZA 319 A	83.7	60	F	870	13	0.83	220/440	40.2/25	A02-71-8T2	YY/Y
168	ZA 319 B	83.7	60	F	870	13	0.83	220/441	40.2/26	A02-71-8T3	YY/Y
169	ZA Reserva	63	60	F	1140	5.5	0.82	440	11	A132S6T2	Y
170	EL 319	87.5	60	F	1750	7.5	0.86	440	13	4AM132S4T2	DELTA
171	TR 320	100	60	B	1170	7.5	0.85	460	15	ET	
172	TR 321	100	60	B	1170	7.5	0.85	460	15	ET	
173	TR 323	100	60	B	1170	7.5	0.85	460	15	ET	
174	TR 330	100	60	B	1170	11.2	0.85	460	18	ET	
175	TR 330 B	100	60	B	1170	7.5	0.85	460	15	ET	
176	Tam . Env . To 331		60		1690	0.45	0.62	440-480/250-280	1.40/2.40	MU71B14-4AK129017-S	Y/D
177	Tam . Env . To 332		60		1690	0.45	0.62	440-480/250-280	1.40/2.40	MU71B14-4AK129017-S	Y/D
178	VE 343	92.5	60	F	1180	160	0.62	440	250		
179	VE 352	92.5	60	F	713	630	0.83	6KV	77.5	DA302-17-54-10T1	Y
180	BO 357	90	60	F	702	75	0.81	440	132	A3315M-10T3	Y
181	BO 358	90	60	H	702	75	0.81	440	132	A3315M-10T3	Y
182	BO 359	93	60	H	585	132	0.79	440	237	A03-400M-12T2	Delta
183	BO 360	85.5	60	F	1160	7.5	0.81	220/440	14/28	4AM132M6T2	YY/Y
184	BO 361	75	60	F	1690	1.1	0.81	440	2.45	4AX80A4T1	Y
185	BO 362	75	60	F	1690	1.1	0.81	440	2.45	4AX80A4T1	Y
186	BO 363	75	60	F	1670	1.1	0.81	440	2.4	4AM80A4T2	Y
187	BO 364	75	60	F	1670	1.1	0.81	440	2.4	4AM80A4T2	Y
188	BO TK SOLIDA	72	60	F	1640	0.75	0.73	440	1.9	4AMX71B4T1	Y
189	BO 365	72	60	F	1640	0.75	0.73	440	1.9	4AMX71B4T1	Y
190	VE-342	92.5	60		1200	400	0.73	600	47		
	Codificación	Ren	Frec	Aisl	Veloc	Pot(Kw)	Cos	Vol(n)	In	Vol- Exitacion	I -exitacion
	MP- HORNOS	85	60		900	70	0.85	440	180	66.5	294
191	BO 124 A,B,CyD		60	H	585	132	0.79	440	237	TipoA03-400M12T2 Delta.	
192	VE 343 B				1200	250		6KV	30	Tipo A3012-55-8T2.	

ANEXO 2.



ESTE DIBUJO CONTIENE INFORMACIÓN DE PROPIEDAD CONFIDENCIAL DE LA E&P, COTE ERNESTO CHE GUTIERRA Y ESTÁ SUJETO A RETIRARSE BAJO DEMANDA. NO PODRÁ SER COPIADO EN NINGUNA MANERA, PUBLICADO O TRANSMITIDO A TERCEROS SIN PREVIA APROBACIÓN POR ESCRITO.

N°	DESCRIPCION	FOR	CHK	APROBADO	FECHA	N° DIBUJO	DIBUJOS DE REFERENCIA
REVISION							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							



MINBAS
EMPRESA CDTE ERNESTO CHE GUEVARA
MOA-HOLGUIN

PLANO:

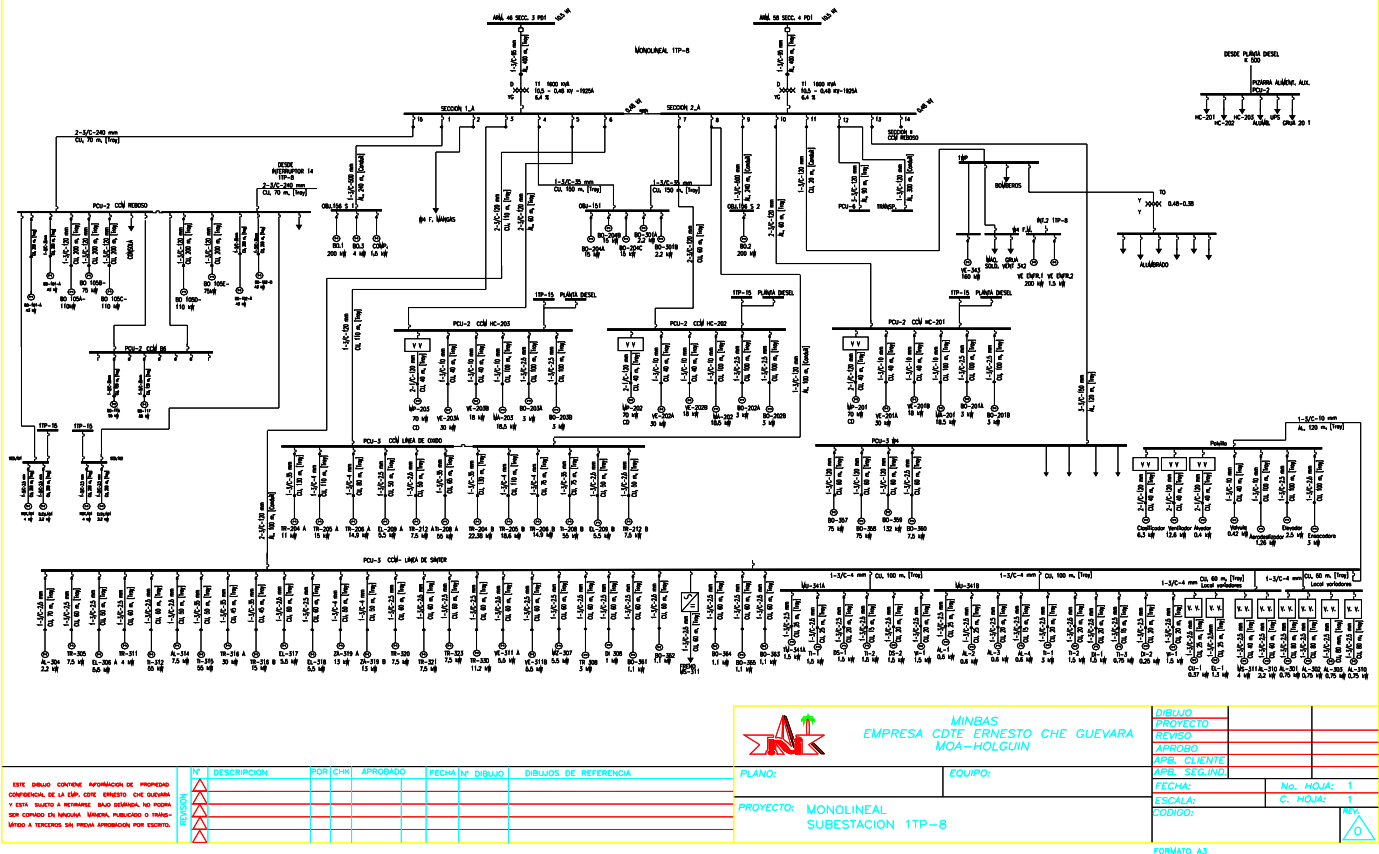
EQUIPO:

PROYECTO: MONOLINEAL
SUBESTACION 1TP-7

DIBUJO		
PROYECTO		
REVISO		
APROBO		
APB. CLIENTE		
APB. SEG.IND.		
FECHA:	No. HOJA: 1	
ESCALA:	C. HOJA: 1	
CODIGO:		REV.

FORMATO A3

Anexo 3



Anexo # 4.

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. Int.
1	1/1/07	TREL-306 A	Limite accionado	19 min
2	3/1/07	L-2 FI-117 A TRSP-202 B	Oscilación de voltaje Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	10 min
3	5/1/07	AG-117 A	Disparo por problema en el circuito de control	
4	6/1/07	TRSP-202 A ALE-203 A TRSE-202 C	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
5	9/1/07	TRSE-202 A EL-209B	Disparo por sobrecarga Disparo por brecker CC interno	45 min
6	14/1/07	TRSP-202B	Disparo por sobrecarga	
7	15/1/07	EL-319	Disparo por sobrecarga	13 min
8	20/1/07	TRSP-201 A BO-125 A	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
9	21/1/07	ZA-319 A HC-201 MS-311	Disparo por sobrecarga Problema en el variador de velocidad Problema en el variador de velocidad.	20 min
10	22/1/07	ZA-319 A	Disparo por sobrecarga	10 min
11	24/1/07	VE-343	Oscilación de voltaje	
12	25/1/07	TRSP-202 A	Disparo por brecker bajo aislamiento	24 min
13	27/1/07	BO-204 B TR-311	Disparo por sobrecarga Limite accionado	
14	29/1/07	TR-320	Disparo por sobrecarga	18 min
15	30/1/07	TRSE-203 C	Disparo por sobrecarga	10 min
16	31/1/07	ALE-202 A	Disparo por sobrecarga	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	5/2/07	TR-307	Límite Accionado	
2	6/2/07	TI-208 B TR-316 A	Disparo por sobrecarga fase Partida en el Motor Disparo por sobrecarga	18 min 12 min
3	7/2/07	TRSP-202 A	Disparo por sobrecarga	

		BO-124 A	Disparo por desbalance de corriente	
4	9/2/07	TR-205 B	Disparo por brecker CC en caja de conexión	
5	12/2/07	AG-117 B	Disparo por brecker motor quemado	17 min
6	15/2/07	ALE-203 A	Disparo por sobrecarga	
7	16/2/07	TRSE-203 A	Disparo por sobrecarga	
8	21/2/07	BO-124 A	Disparo por sobrecarga	
9	22/2/07	AG-117 B	Disparo por brecker CC interno	
10	23/2/07	AG-118 A	Disparo por sobrecarga	
11	24/2/07	BO-103 E	Disparo por sobrecarga	
12	28/2/07	TRSE-203 B BO- 201 A	Disparo por sobrecarga Disparo por brecker CC interno	10 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. Int.
1	1/3/07	BO-103 C	Contacto abierto en el brecker de fuerza	18 min
2	5/3/07	L-2 FI-117 A TRSP-202 A	Oscilación de voltaje Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	11 min
3	8/3/07	AG-117 B	Disparo por brecker quemado	
4	11/3/07	TRSP-202 A ALE-203 A TRSE-202 C	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
5	13/3/07	TRSE-202 A EL-317	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	24 min
6	14/3/07	TRSP-202B	Disparo por sobrecarga	
7	15/3/07	EL-319	Disparo por sobrecarga	12 min
8	20/3/07	TRSP-201 A BO-125 A	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
9	21/3/07	ZA-319 A L-1 Filtración	Disparo por sobrecarga Oscilación de voltaje	16 min 15 min
10	22/3/07	ZA-319 A	Disparo por brecker CC interno	
11	24/3/07	VE-343 BO- 115	Oscilación de voltaje Disparo por sobrecarga	
12	25/3/07	TRSP-203 B	Disparo por sobrecarga	
13	27/3/07	BO-204 B BO-150	Cable partido en la caja de conexión Disparo por brecker CC entre dos fases	
14	29/3/07	TR-320 BO- 117	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	14 min
15	30/3/07	TRSE-203 C	Disparo por sobrecarga	6 min
16	31/3/07	ALE-202 A	Disparo por sobrecarga	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T .int.
---	-------	---------	--------	---------

1	1/4/07	ALE-202 A	Disparo por sobrecarga	
2	2/4/07	BO-115	Disparo por Brecker	
3	5/4/07	AG-116 B	Disparo por sobrecarga	
4	6/4/07	EL-209	Disparo por sobrecarga	17 min
5	12/4/07	TR-316 A DI- 308	Disparo por sobrecarga Límite Accionado	
6	13/4/07	HC-201 y HC-202 AG-117 B	Problema ITP-8 Disparo por brecker CC interno	
7	14/4/07	AG-116 B	Motor Quemado y dispara CCM-1	
8	16/4/07	TR-316 A BO-125 A BO-117	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	13 min
9	19/4/07	EL-306 SFC-202	Disparo por sobrecarga Oscilación de voltaje	8 min
10	20/4/07	BO-103 C TI-315 TR-311	Disparo por brecker CC interno Disparo por sobrecarga Límite Accionado	11 min
11	21/4/07	TR-316 A EL-317	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
12	23/4/07	ZA-319 A	Disparo por sobrecarga	10 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	1/5/07	ALE-202 A	Disparo por sobrecarga	
2	2/5/07	L-2 L-1 Y L-2	Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje	35 min
3	5/5/07	BO-101 B	Disparo por sobrecarga	
4	6/5/07	EL-209	Disparo por sobrecarga	12 min
5	12/5/07	TR-316 A BO-125 A	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
6	13/5/07	AG-117B	Motor quemado	
7	14/5/07	FI-117 A	Problema en el variador de velocidad	
8	16/5/07	TR-316 A	Disparo por sobrecarga	
9	19/5/07	EL-306 BO-115	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	7 min
10	20/5/07	BO-103 C TI-315	Disparo por brecker CC interno Disparo por sobrecarga	
11	21/5/07	TR-316 A EL-317	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
12	23/5/07	ZA-319 A BO-117	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	16 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T .int.
1	15/6/07	TR-316 A BO-120 AG-116 A EL-319 ZA-319 A	Disparo por brecker Disparo por brecker Disparo por brecker Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
2	16/6/07	EL-317 ALE-203 C	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
3	17/6/07	EL-317 ZA-319 A EL-318	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
4	19/6/07	EL-317	Disparo por sobrecarga	
5	21/6/07	TR-308	CC caja de conexión	
6	23/6/07	EL-306 TRSE-202 C	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	8 min
7	24/6/07	TRSE-202 B FI-117 B	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
8	25/6/07	TRSE-202 C BO-124 A VE-352 SD-101	Disparo por sobrecarga Disparo por oscilación de voltaje Disparo por oscilación de voltaje Disparo por oscilación de voltaje	
9	26/6/07	TR-316 A FI-117 B	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	12 min
10	27/6/07	Planta Completa	Disparo por oscilación de voltaje	50 min
11	28/6/07	BO-124 A TR-316 A	Disparo por oscilación de voltaje Disparo por sobrecarga	9 min
12	29/6/07	BO-115	Disparo por brecker	
13	30/6/07	TR-305	Disparo por sobrecarga	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T .int.
1	1/7/07	MZ-307	Disparo por sobrecarga	30 min
2	2/7/07	TI-315	Disparo por sobrecarga	34 min
3	4/7/07	TR-308	Disparo por sobrecarga	28 min
4	5/7/07	TR-308	Disparo por sobrecarga	35 min
5	8/7/07	BO-129 A	Disparo por sobrecarga	
6	9/7/07	FI-117 B	Disparo por sobrecarga	
7	10/7/07	BO-117	Disparo por sobrecarga	
8	12/7/07	ZA-319 A	Disparo por brecker motor quemado	
9	13/7/07	BO-129 O FI-117 A	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
10	16/7/07	ZA-319 A SFC-202	Disparo por brecker ido a tierra Disparo por brecker CC interno	
11	17/7/07	AG-118 B	Disparo por sobrecarga	

12	19/7/07	BO-115	Disparo por sobrecarga	
13	23/7/07	TRSE-201 B BO-117 TR-311	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	17 min 30 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T.int.
1	1/8/07	HC-202 HC-203 SD-101 FI-117 B BO-103 A BO-115 VE-343	Fallo energético Fallo energético Fallo energético Disparo por sobrecarga Disparo por brecker motor quemado Disparo por brecker Disparo por sobrecarga	67 min
2	3/8/07	EL-317	Disparo por sobrecarga	36 min
3	8/8/07	HC-203 TR-316 A	Problema en el variador de velocidad Disparo por sobrecarga	33 min
4	11/8/07	FI-117 B FI-117 A	Disparo por sobrecarga Problema en el variador de velocidad	
5	15/8/07	Filtración completa TR-311	Oscilación de Voltaje Límite Accionado	15 min
6	16/8/07	BO-127 BO-365	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
7	19/8/07	FI-117 B	Disparo por sobrecarga	6 min
8	21/8/07	BO-120	Disparo por sobrecarga	
9	23/8/07	BO-115 FI-117 B	Disparo por brecker Disparo por sobrecarga	
10	24/8/07	BO-101 B EL-317 B	CC en caja de conexión Disparo por sobrecarga	29 min
11	25/8/07	BO-127 BO-115	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
12	26/8/07	BO-115	Disparo por sobrecarga	
13	27/8/07	VE-343 BO-204 A	Disparo por sobrecarga Disparo por desbalance de corriente	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	9/9/07	TR-311	Se limitó	
2	11/9/07	TRSE-202 B y C TRSP-203 B	Disparo por sobrecarga Disparo por brecker Fase Partida	
3	12/9/07	BO-117	Disparo por brecker	
4	13/9/07	BO-352 AG-118 A	Disparo por brecker bajo aislamiento	

5	14/9/07	AG-118 B TRSE-202 B y C SD-102 VE-343 L-A de Óxido BO-124 A, B y C	Disparo por brecker motor quemado Disparo por sobrecarga Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje	
6	15/9/07	EL-317 A	Disparo por sobrecarga	8 min
7	16/9/07	TREL-306 A	Se limitó	
8	18/9/07	MZ-307	Disparo por sobrecarga	10 min
9	19/9/07	EL-209 A	Disparo por sobrecarga varias veces hasta que se quemó	27 min
10	21/9/07	ZA-319 A	Disparo por brecker cable de alimentación dañado	
11	22/9/07	TRSE-202 B BO-125 A FI-117 B	Disparo por sobrecarga Disparo por brecker Disparo por sobrecarga	
12	23/9/07	BO-125 A	Disparo por brecker	
13	24/9/07	EL-317 A DI-308	Disparo por sobrecarga Disparo por brecker cable trozado	12 min
14	26/9/07	BO-125 A AG-125	Disparo por brecker Disparo por brecker trozó los cables de alimentación producto a vibraciones	
15	27/9/07	BO-124 A y E TRSE-202 C VE- Aire de Primario de HC-202 SD-101 SD-102 MS-311 TREL-306 A BO-143 A BO-125 A	Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje	18 min
16	28/9/07	ALE-203 C	Disparo por sobrecarga	
17	29/9/07	BO-125 C	Disparo por brecker CC en caja de conexión	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	3/10/07	EL-317	Disparo por sobrecarga	
2	4/10/07	BO-125 B BO-120 TR-321 TR-320	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
3	5/10/07	Filtración	Oscilación de voltaje	25 min

		Completa SD-101 y SD-102 HC-202 y HC-203 TREL-306 A y BO-301	Oscilación de voltaje Oscilación de voltaje Disparo por sobrecarga	
4	6/10/07	BO-125 A	Disparo por brecker CC en caja de conexión	
5	9/10/07	SD-102	Disparo por sobrecarga	
6	11/10/07	TR-308	Se limitó	
7	13/10/07	FI-117 B TI-208 A	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	12 min
8	15/10/07	BO-125 A	Disparo por brecker	
9	17/10/07	BO- de pistón	Problema en el control bobina quemada	
10	18/10/07	FI-117 B SD-102	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
11	21/10/07	BO-120 FI-117 A	Disparo por sobrecarga Oscilación de voltaje VV se bloqueó	
12	23/10/07	EL-306 A BO- DE PISTÓN	Disparo por sobrecarga Disparo por sobrecarga	
13	25/10/07	MZ-307	Disparo por sobrecarga	10 min
14	26/10/07	BO-101 A	Disparo por brecker motor quemado	
15	27/10/07	TR-308 TREL-306 A	Se limitó Disparo por sobrecarga	6 min
16	29/10/07	Interruptores ITP-8 MS-311 HC-203	Para equipos del SINTER Disparo por VV falla 4 CC en motor Problema en el PLC	18 min
17	30/10/07	FLOCULANTE	Se va de secuencia	
18	31/10/07	TRSE-202 B	Disparo por sobrecarga	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	1-11-07	ALSP-202 C	Disparo por sobrecarga.	
2	3-11-07	SFC 202 T RSP-202 B	Disparo el brecker CC interno. Disparo por sobrecarga.	12 min
3	4-11-07	TRSE-202 B	Disparo el brecker CC interno	
4	5-11-07	TRSE- 202 C	Disparo por sobrecarga.	
5	6-11-07	FI-148 BO-105 E BO-124 A TRSE-202 C	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por desbalance de corriente. Disparo por sobrecarga.	38 min 10 min

6	8-11-07	TRSE-202 B	Disparo por sobrecarga.	10 min
7	10-11-07	SD-101	Disparo por problemas en el PLC.	
8	11-11-07	FLOCULANTE HC-203	Disparo por baja presión de agua. Problemas en la revoluciones cables safados en el variador de velocidad.	
9	12-11-07	BO-204A ZA-319A BO-115 BO-115	Disparo por sobrecarga. Disparo por CC entre fases y tierra. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
10	14-11-07	FI-117 B	Problemas en Variador de velocidad.	
11	16-11-07	FLOCULANTE	No opera por fuera de secuencia.	
12	17-11-07	HC-202	Disparo por baja presión de aceite.	
13	18-11-07	FI-117 B	Disparo por sobrecarga.	
14	20-11-07	EL-209 B	Disparo por sobrecarga.	24 min
15	21-11-07	BO-127	Disparo por sobrecarga.	
16	22-11-07	SD-102	Disparo por sobrecarga.	31 min
17	24-11-07	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
18	29-11-07	BO-120	Disparo por sobrecarga.	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	3-12-07	FI-117 B BO-150	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
2	7-12-07	BO-150 L-3 FILTRACION	Disparo por sobrecarga. Se dispara el CCM por CC en brecker de la BO-120	15 min
3	9-12-07	FI-117-A	Disparo por sobrecarga.	
4	10-12-07	BO-120 SD-102	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
5	11-12-07	TR-308 SFC-203 TRSP-203 B	Disparo por el brecker CC interno. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
6	12-12-07	TRSE-203 B,C TI-208 A TR-206 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	35 min
7	14-12-07	BO-129 B BO-150 TRSP-202 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por el brecker, bajo aislamiento y fase abierta. Disparo por sobrecarga.	
8	15-12-07	BO-101 A	Disparo por sobrecarga.	
9	17-12-07	SD-101 FI-117 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	

10	22-12-07	TR-116	Disparo por el VV falla-9 alta temperatura	
11	23-12-07	TRSE-203 B	Disparo por sobrecarga.	
12	24-12-07	BO-105 D TRSE-202 B	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
13	28-12-07	TI-315	Disparo por sobrecarga.	10 min
14	29-12-07	MS-311	Disparo por problemas en el PLC.	

Anexo # 5.

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	3-1-08	TRSE-201 C BO-127 L-1 FILT.	Disparo por sobrecarga. Disparo por el brecker CC en el motor. Oscilación de voltaje.	13 min
2	4-1-08	TRSP-201 A	Disparo por sobrecarga.	
3	5-1-08	SFC-202 TRSE-201 C	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
4	7-1-08	VE-342 A	Se dispara por alto voltaje.	
5	8-1-08	SFC-202	Disparo por sobrecarga.	
6	10-1-08	EL-307	Disparo por sobrecarga.	
7	11-1-08	SD-102 TR-316 A	Problemas en el circuito de control. Disparo por sobrecarga.	13 min
8	14-1-08	TR-116	Disparo por sobrecarga.	
9	15-1-08	TRSE-201 A	Disparo por sobrecarga.	
10	16-1-08	AL-310 TI-312	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	22 min
11	18-1-08	BO-101 A VE- 342 A	Disparo por el brecker bajo aislamiento. Oscilación de voltaje.	
12	24-1-08	DI-308	Disparo porque se limitó.	
13	29-1-08	EL-317	Disparo por sobrecarga.	8 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
---	-------	---------	--------	---------

1	2-2-08	TRSP-202 A	Disparo por sobrecarga.	
2	3-2-08	TRSP-202 A EL-209 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
3	9-2-08	EL-317 FI-117 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	20 min
4	16-2-08	EL-318	Disparo por el brecker CC entre cables de alimentación y la caja de conexión.	
5	18-2-08	ZA-319	Disparo por sobrecarga.	8 min
6	19-2-08	TRSE-201 C FI- 116 A	Disparo por sobrecarga. Problemas en el VV.	
7	21-2-08	DI-308	Problemas en el circuito de control	8 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	3-3-08	FI-148	Disparo por sobrecarga.	
2	5-3-08	SFC-202	Disparo por el brecker CC interno.	
3	6-3-08	HC-201 L- 3 Filt.	Problemas en VV y no registra fallas. Oscilación de voltaje.	10 min
4	9-3-08	TRSP-202 A	Disparo por sobrecarga.	
5	10-3-08	EL-318 EL-306 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	23 min
6	11-3-08	BO-150	Disparo por sobrecarga.	
7	12-3-08	BO-150	Se dispara por falso contacto en el arrancador.	
8	13-3-08	MS-311 EL-317	Oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga.	10min 7 min
9	14-3-08	TR-308 BO-150	Disparo por sobrecarga. Problemas en los contactos.	
10	15-3-08	EL-306 A EL-317	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	16 min
11	17-3-08	ALE-202 A	Disparo por sobrecarga.	
12	19-3-08	TREL-306 B SFC-202 FI-117 B	Disparo porque se limitó. Disparo por sobrecarga. Problema en el VV.	
13	22-3-08	EL-318	Disparo por problemas en el PLC	
14	31-3-08	TREL-306 B	Disparo porque se limitó.	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	2-4-08	TREL-306 B	Se bloqueó el variador.	
2	3-4-08	SINTER HC-201Y202 EL-317 TR-316 A	Disparo por oscilación de voltaje. Disparo por oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	40 min 38 min
3	5-4-08	TREL-306 B	Disparo por sobrecarga.	22 min
4	6-4-08	BO-124 A TR-117	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
5	8-4-08	BO-124 A	Disparo por sobrecarga.	
6	11-4-08	HC-202	Oscilación de voltaje.	
7	15-4-08	ROMANA L-2	Disparo por sobrecarga.	
8	18-4-08	SINFÍN Y ELE. DE POLVILLO	Disparo por sobrecarga.	27 min
9	23-4-08	TR-311 EL-317	Falso contacto en los límites. Disparo por sobrecarga.	
10	27-4-08	BO-103 E	Disparo por sobrecarga.	35 min
11	29-4-08	FI-148	Regleta en CC.	24 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	2-5-08	AG-116 B	Disparo por sobrecarga.	
2	3-5-08	BO-124 ^a ,B,C SD-101 FLOCULANTE	Disparo por sobrecarga.	
3	6-5-08	FI-148	Disparo por sobrecarga.	11 min
4	7-5-08	FILTRACION	Se dispara producto a descargas eléctricas.	
5	8-5-08	BO-115	Disparo por sobrecarga.	
6	11-5-08	BO-124 ^a ,B,C TR-116 A Y B TR117 A,B BO-105 A,C FILTRACION	Oscilación de voltaje.	
7	12-5-08	VE-201,202 AP FILTRACION VE-6 KV BO-120	Oscilación de voltaje. Oscilación de voltaje. Oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga.	20 min
8	13-5-08	BO-120	Disparo por sobrecarga.	
9	15-5-08	TR-316 A	Disparo por sobrecarga.	23 min
10	17-5-08	TR-316 A	Disparo por sobrecarga.	26 min
11	22-5-08	BO-117 ENVASADORA	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
12	23-5-08	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
13	25-5-08	BO-127 PLANTA	Disparo por sobrecarga. Fallo energético.	45 min
14	27-5-08	CUCHARA	Problemas en el sensor.	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	5-6-08	TRSE-201 C	Disparo por sobrecarga.	
2	6-6-08	FILTRACION PLANTA	Oscilación de voltaje. Fallo energético.	35 min
3	8-6-08	TR-204 B	Disparo por el brecker CC interno.	
4	12-6-08	BO-127 TRSE-202 B	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
5	13-6-08	EL POLVILLO TRSP-202 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	29 min
6	14-6-08	POLVILLO	Disparo por sobrecarga.	12 min
7	15-6-08	BO-124 A,B,C VE-342 A,B,C	Oscilación de voltaje. Oscilación de voltaje.	13 min
8	16-6-08	FILTRACION ALE-202 A SFC-202	Oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
9	18-6-08	MZ-307 TR-308 DI-308	Disparo porque se limitó.	54 min
10	23-6-08	SFC-202 DI-308	Disparo por el brecker varias veces por CC en la fase.	48 min
11	25-6-08	ALE-201 A	Disparo por sobrecarga.	13 min
12	28-6-08	EL-318	Disparo por sobrecarga.	35 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	1-7-08	EL-317	Disparo por sobrecarga.	10 min
2	4-7-08	TR-316	Disparo por sobrecarga.	
3	5-7-08	SD-102	Disparo por sobrecarga.	
4	6-7-08	BO-117 BO-362	Disparo por sobrecarga. Disparo por el brecker CC interno.	
5	8-7-08	TR-311	Problemas en el circuito de control.	14 min
6	9-7-08	DI-308 EL-317 BO-127	Problemas en el circuito de control. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
7	10-7-08	BO-115	Disparo por sobrecarga.	
8	14-7-08	TRSE-201 B	Disparo por sobrecarga.	
9	15-7-08	TRSE-202 B,C EL317	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
10	16-7-08	FLOCULANTE	Se dispara por baja presión de agua.	
11	17-7-08	FLOCULANTE DI-308	Problemas en los electrodos Se limitó.	
12	18-7-08	FLOCULANTE L-1 Y VE 6-KV	Problemas en un relé de tiempo. Oscilación de voltaje.	10 min
13	19-7-08	TR-206 A TRSE-201 C ALE-202 A DI-308 BO-115 EL-209 B	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
14	20-7-08	EL-319 TRSE-201 C FI-116 A ZA-319 A	Problemas en el circuito de control. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
15	22-7-08	FI-116 A TI-315	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	27 min
16	23-7-08	SFC-201 AG-116 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
17	27-7-08	FLOCULANTE SD-102	Problema en un relé de tiempo. Se dispara por bajo aislamiento.	
18	28-7-08	FI-116 A ALE-202 B TRSE-201 C BO-115 Y 117 SD-102	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
19	29-7-08	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
20	30-7-08	EL-319 TR-316 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	13 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	2-8-08	TR-316 A	Disparo por sobrecarga.	24 min
2	4-8-08	SD-103	Disparo por sobrecarga.	
3	5-8-08	ALE-202 A,B FI-116 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
4	7-8-08	FI-116 A	Disparo por sobrecarga.	
5	9-8-08	TR-316 A	Disparo por sobrecarga.	26 min
6	10-8-08	DI-308 L-1 ,EF-201 VE-201	Problemas en el circuito de control. Oscilación de voltaje. Abre entrada 1 en la ITP-7 explosión 1RP.	18 min
7	12-8-08	FLOCULAN TE BO- 143 A	Problema en un relé de tiempo. Problemas en el VV.	
8	13-8-08	FLOCULAN TE	Problema en un relé de tiempo.	
9	14-8-08	FLOCULAN TE BO- 143 A	Problema en el relé de tiempo. Problema en el VV.	
10	15-8-08	FLOCULAN TE BO-360	Problema en un relé de tiempo. Disparo por sobrecarga.	
11	16-8-08	FI-117 A EL-319	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	23 min
12	17-8-08	L-2 FILT. BO-360 BO-117	Oscilación de voltaje. Disparo por el brecker cables en CC. Disparo por el brecker CC interno.	16 min
13	18-8-08	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
14	19-8-08	DI-308 TR-316 A SD-102	Disparo por el brecker cable en CC. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
15	23-8-08	EL-318	Disparo por brecker CC interno.	
16	25-8-08	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
17	26-8-08	EL-319 PLANTA FILTRACIÓ N	Disparo por sobrecarga. Fallo energético. Oscilación de voltaje.	15 min 25 min
18	27-8-08	L-2 FILT BO-103 B	Oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga.	20 min
19	28-8-08	ALE-202 A	Disparo por sobrecarga.	
20	29-8-08	FI-116 A VE-311	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	13 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	19-9-08	HC-203	Disparo por el brecker VE del horno.	
2	23-9-08	TRSP-203 A EL-209 B	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga 6 veces hasta que se quemó.	57 min
3	25-9-08	SFC-203 BO-360 EL- 318 TRSP- 202 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
4	26-9-08	EL-209 B TR- 316 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	18 min
5	28-9-08	EL-306 B SFC- 202 BO-124 A	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Oscilación de volteje.	32 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	2-10-08	TR-316 A	Disparo por sobrecarga.	47 min
2	4-10-08	DI-308	Problema en el PLC	
3	7-10-08	FI-148	Disparo por sobrecarga.	57 min
4	8-10-08	VE-6 KV VE-342 B	Oscilación de voltaje. Bajo aislamiento.	
5	10-10-08	L-3 FILT	Oscilación de voltaje.	25 min
6	11-10-08	VE-203 BO-124 ^a ,B,C BO-119 TRSP- 203 ^a ,B,C BO-117 FI- 118 A	Oscilación de voltaje. Oscilación de voltaje. Oscilación de voltaje. Oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga. Problema en el VV.	

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	17-11-08	BO-105 B EL-306 A ALE-201 A	Motor quemado. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	8 min
2	18-11-08	ZA-319 A	Disparo por el brecker cable CC.	
3	19-11-08	TRSE-202 C	Disparo por sobrecarga.	
4	20-11-08	EL-318 DI-308	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	4 min

5	21-11-08	TI-315 DI-308	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
6	22-11-08	DI-308	Problemas en el sensor.	
7	23-11-08	DI-308 BO-115	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
8	24-11-08	TRSE-202 C DI-308 TRSE-202 B EL-317	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga. Disparo por el brecker cable CC.	
9	25-11-08	VE-AP-HC-201 DI-308 BO-361	Disparo por el brecker y fase abierta. Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
10	28-11-08	BO-125 A	Disparo por sobrecarga.	
11	30-11-08	DI-308	Disparo por sobrecarga.	8 min

#	Fecha	Equipos	Fallas	T. int.
1	1-12-08	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
2	2-12-08	BO-115 BO-117	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	
3	3-12-08	VE-342 B DI-308	Problema en el circuito de control. Disparo por sobrecarga.	20 min
4	6-12-08	EL-306 A DI-308	Disparo por sobrecarga. Disparo por sobrecarga.	51 min
5	8-12-08	BO-362 BO-150	Disparo por sobrecarga.	
6	11-12-08	L-A DE OXIDO	Oscilación de voltaje.	8 min
7	12-12-08	BO-105 B VE-342 B	Disparo por el brecker CC interno. Problema en el circuito de control.	
8	13-12-08	BO-115	Disparo por sobrecarga.	
9	15-12-08	BO-149	Disparo por sobrecarga.	
10	16-12-08	BO-117	Disparo por sobrecarga.	
11	17-12-08	BO-117 L-2 FILT FI-118 B	Disparo por sobrecarga. Oscilación de voltaje. Disparo por sobrecarga.	10 min
12	18-12-08	FI-116 A FI-149	Disparo por sobrecarga. Se limitó.	