

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Implementación de un procedimiento de reparación  
para gabinetes de control de camiones repotenciados  
KOMATSU 930E-1 en una mina de tajo abierto,  
Arequipa 2019**

Juan Eduardo Mamani Canaza

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR  
ING. JONATHAN ALAIN SANCHEZ PAREDES

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, que siempre me ha apoyado para continuar mis estudios en esta universidad. En especial dedico este trabajo a Bethy, quien me ha apoyado día a día en la realización de este proyecto.

Quiero agradecer a mis colegas de trabajo, los cuales me han podido ayudar a la realización del presente proyecto, También agradecer a Anthony que en su labor como especialista nos brindó su gran experiencia en reparaciones de componentes en talleres, Así mismo a Cesar quien su apoyo como especialista de marca nos absolvió de muchas preguntas dentro de la investigación desarrollada.

## INDICE DE CONTENIDOS

ASESOR .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
INDICE .....	iv-vi
LISTA DE TABLAS .....	vii-viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCION .....	xii
CAPITULO I .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	2
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA .....	3
1.1.3 PROBLEMA ESPECIFICO 1 .....	3
1.1.4 PROBLEMA ESPECIFICO 2 .....	3
1.1.5 PROBLEMA ESPECIFICO 3 .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	3
1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA .....	6
1.4 HIPOTESIS Y VARIABLES .....	6
1.4.1 HIPOTESIS GENERAL .....	6
1.4.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS .....	6
1.4.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	8
CAPITULO II .....	9
MARCO TEORICO .....	9
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	11
2.2 BASES TEORICAS .....	11
2.2.1 CAMPOS ELECTRICOS .....	11
2.2.2 POTENCIAL ELECTRICO .....	11
2.2.3 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA DE POTENCIA .....	12
2.2.4 INVERSORES: CONVERSION A CONTINUA EN ALTERNA .....	12
2.2.5 SISTEMA DEL CAMION KOMATSU 930E .....	13
2.2.5.1 CAMION Y MOTOR .....	13
2.2.5.2 CONTROL GROUP GE .....	13
2.2.5.3 PANEL RECTIFICADOR (RD) .....	14
2.2.5.4 PANEL AFSE .....	15
2.2.5.5 MODULE DE FASE/CHOPPER (GTO) .....	15
2.2.5.6 CONTACTORES DE RETARDO Y PROPULSION (RP-GF) .....	16
2.2.5.7 AC INVERTER OPERACIÓN BASICA .....	19
2.2.5.8 CONTROL DE INTERFACE DEL CAMION (TCI) 17FL349 .....	19
2.2.5.9 PANEL DE CONTROL DE PROPULSION (ICP) 17FL320 .....	20
2.2.5.10 CONVERTIDOR DE PODER AC-DC .....	21

2.2.5.11 ALTERNADOR .....	21
2.2.5.12 RUEDAS MOTORIZADAS .....	22
2.2.5.13 MOTOR BLOWER .....	22
2.2.5.14 CONJUNTO DE RETARDO DINAMICO .....	23
2.2.5.15 CABINA DE OPERADOR .....	23
2.2.5.16 RETARDO DINAMICO .....	24
2.2.6 INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO MECANICO .....	24
2.2.6.1 MANTENIMIENTO POR FALLA .....	24
2.2.6.2 MANTEMIENTO CORRECTIVO .....	25
2.2.6.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	25
2.2.6.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	25
2.2.6.5 MANTENIMIENTO RUTINARIO .....	26
2.2.6.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD .....	26
2.2.6.7 MANTENIMIENTO MAYOR .....	27
2.2 DEFINICION DE TERMINOS .....	27
2.3.1 ELECTRICIDAD .....	27
2.3.2 ELECTRONICA .....	27
2.3.3 CAMPOMAGNETICO .....	27
2.3.4 RESISTENCIA ELECTRICA .....	28
2.3.5 MANTENIMIENTO .....	28
2.3.6 OVERHAUL (REPARACION TOTAL) .....	28
CAPITULO III .....	29
METODOLOGIA .....	29
3.1 METODOLOGIA DE LA INVETIGACION .....	29
3.2 TIPO DE INVESTIGACION .....	29
3.3 NIVEL DE INVESTIGACION .....	30
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	30
3.5 POBLACION Y MUESTRA .....	31
3.5.1 PROYECTO .....	31
3.5.2 POBLACION .....	31
3.5.3 MUESTRA .....	34
3.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS EN LA RECOLECCION DE DATOS .....	35
3.5.1 TECNICAS EN LA RECOLECCION DE DATOS .....	35
3.5.2 INSTRUMENTOS EN LA RECOLECCION DE DATOS .....	35
3.7 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS .....	35
CAPITULO IV .....	36
DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCION .....	36
4.1 MANIPULACION DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE .....	37
4.1.1 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE COMPONENTES .....	37
4.1.1.1 ALCANCE .....	37
4.1.1.2 RESPONSABILIDADES .....	37
4.1.1.3 REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD .....	37
4.1.1.4 ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL .....	38
4.1.1.5 CONSIDERACIONES PARA EL PROCESO DE REPARACION .....	38
4.1.1.6 TABLA DE TORQUES PARA EL PROCESO DE REPARACION .....	39
4.1.1.7 INSPECCION PREVIA AL PROCESO DE REPARACION .....	39
4.1.2 PROCEDIMIENTO DE ARMADO .....	41
4.1.3 CONJUNTO PSC .....	41
4.1.3.1 ACONDICIONAMIENTO Y REPARACION DE HARNESS PCP .....	43
4.1.3.2 PRE ARMADO Y ACONDICIONAMIENTO DE CABLE DE POTENCIA .....	44
4.1.3.3 PRE ARMADO DE REACTOR DIT .....	48
4.1.3.4 PERA ARMADO DE CONDESADORES DE POTENCIA .....	50
4.1.3.5 ACONDICIONAMIENTO DE BASES DE MODULOS DE FASE .....	53
4.1.3.6 ACONDICIONAMIENTO DE BUS BAR MT1-MT2 .....	55
4.1.3.7 PRE ARMADO DE PANEL RECTIFICADOR RD 17FM528 .....	61
4.1.3.8 PRE ARMADO DE PANEL AFSE 17FM466 .....	69
4.1.3.9 PROCEDIMIENTO DE ARMADO DE PANEL TCI .....	82

4.1.4 PROCEDIMIENTO DE ARMADO DE GABINETE DE CONTROL UPGRADE .....	84
4.1.5 COMPONENTES PRINCIPALES ESTABLECIDOS A ANALISIS .....	89
4.1.6 CRONOGRAMA DEL PROYECTO .....	89
4.1.7 PROCESOS DE REPARACION .....	93
4.1.8 PROGRAMACION DE TAREA EN FORMATO GANTT .....	95
4.1.9 PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	97
4.2 ANALISIS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE .....	98
4.2.1 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE .....	98
4.2.1.1 DISPONIBILIDAD .....	113
CAPITULO V.....	114
RESULTADOS Y DISCUSION .....	114
5.1 ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS .....	114
5.1.1 TABLAS .....	114
5.1.2 ANALISIS DE GRAFICOS.....	116
5.2 ANALISIS DESCRIPTIVO INFERENCIAL .....	122
5.3 PRUEBA DE HIPOTESIS Y ESTUDIO ESTADISTICO INFERENCIAL .....	123
5.3.1 REALIZANDO LA PREGUNTA DE INVESTIGACION.....	124
5.3.2 PRUEBA DE HIPOTESIS.....	125
5.4 DISCUSION DE RESULTADOS .....	127
CONCLUSIONES .....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	130
ANEXOS .....	131
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	132
CHECK LIST DE EVALUACION Y PRUEBAS ELECTRICAS.....	139
CHECK LIST PARA PRUEBAS ELECTRICA PSC-TCI.....	146

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE .....	7
TABLA 1.2 OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE DEPENDIENTE .....	8
TABLA 2.1 FUNCIONAMIENTO BASICO DEL SISTEMA DE PROPULSION KOMATSU ....	17-19
TABLA 3.1 DISPONIBILIDAD DE COMPONENTES CRITICOS DE LA FLOTA KOMATSU .	32-34
TABLA 4.1 PESOS DE GABINETE DE CONTROL .....	38
TABLA 4.2 MEDIDA DE CABLES DE POTENCIA.....	44
TABLA 4.3 PRUEBAS DE INDICE DE POLARIZACION .....	48
TABLA 4.4 PRUEBA DE DAR.....	48
TABLA 4.5 EVALUACION Y VALIDACION DE CONDENSADOR DE POTENCIA.....	50
TABLA 4.6 INSUMOS PARA REPARACION DE BASES DE MODULO DE FASE .....	52
TABLA 4.7 MEDICION DE RESISTENCIA EN BASE DE PM .....	53
TABLA 4.8 PROCESO DE EMSAMBLE Y PRUEBAS DE PANEL RECTIFICADOR .....	57-61
TABLA 4.9 PROCESO DE ENSAMBLE Y PRUEBAS DE PANEL AFSE.....	62-69
TABLA 4.10 PROCEDIMIENTO DE ARMADO DE PANEL TCI .....	69-82
TABLA 4.11 MEJORAS REALIZADAS AL GABINETE DE CONTROL .....	82-84
TABLA 4.12 REEMPLAZO DE COMPONENTES POR BACK ORDER .....	85-89
TABLA 4.13 CRONAGRAMA DE APLICACIÓN DEL PROYECTO.....	90-93
TABLA 4.14 COSTO H-H PARA LA REPARACION DE GABINETES DE CONTROL .....	96
TABLA 4.15 COSTO DE REPARACION DE COMPONENTES .....	96-97
TABLA 4.16 RESUMEN DE COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO.....	97
TABLA 4.17 DISPONIBILIDAD ELECTRICA DE RECTIFICADOR PRE IMPLEMENTACION ...	99
TABLA 4.18 DISPONIBILIDAD ELEC. DE RECTIFICADOR POST IMPLEMENTACION .....	100
TABLA 4.19 DISPONIBILIDAD ELEC. DEL PANEL AFSE PRE IMPLEMENTACION.....	101
TABLA 4.20 DISPONIBILIDAD ELEC. DEL PANEL AFSE POST IMPLEMENTACION .....	102
TABLA 4.21 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR RP1 PRE IMPLEMENTACION .....	102
TABLA 4.22 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR RP1 POST IMPLEMENTACION.....	103
TABLA 4.23 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR RP2 PRE IMPLEMENTACION .....	103
TABLA 4.24 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR RP2 POST IMPLEMENTACION.....	104
TABLA 4.25 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR RP3 PRE IMPLEMENTACION .....	104
TABLA 4.26 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR RP3 POST IMPLEMENTACION.....	105
TABLA 4.27 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR GF PRE IMPLEMENTACION .....	105
TABLA 4.28 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONTACTOR GF POST IMPLEMENTACION.....	106
TABLA 4.29 DISPONIBILIDAD ELEC. DE BOBINA DIT PRE IMPLEMENTACION .....	106
TABLA 4.30 DISPONIBILIDAD ELEC. DE BOBINA DIT POST IMPLEMENTACION .....	107
TABLA 4.31 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONDENSADOR CIF PRE IMPLEMENTACION..	108
TABLA 4.32 DISPONIBILIDAD ELEC. DE CONDENSADOR CIF POST IMPLEMENTACION	108
TABLA 4.33 DISPONIBILIDAD ELEC. DE DC LINK BUS PRE IMPLEMENTACION .....	109
TABLA 4.34 DISPONIBILIDAD ELEC. DE DC LINK BUS POST IMPLEMENTACION.....	110
TABLA 4.35 DISPONIBILIDAD ELEC. DE MODULO DE FASE PRE IMPLEMENTACION.....	110
TABLA 4.36 DISPONIBILIDAD ELEC. DE MODULO DE FASE POST IMPLEMENTACION ...	111

TABLA 4.37 DISPONIBILIDAD ELEC. DE MODULO CHOPPER PRE IMPLEMENTACION ...	111
TABLA 4.38 DISPONIBILIDAD ELEC. DE MODULO CHOPPER POST IMPLEMENTACION	112
TABLA 4.37 DISPONIBILIDAD ELEC. DE PSC- TCI PRE IMPLEMENTACION .....	112
TABLA 4.38 DISPONIBILIDAD ELEC. DE PSC -TCI POST IMPLEMENTACION .....	113
TABLA 5.1 DISPONIBILIDAD EN HORAS TOTALES EN FUNCIONAMIENTO FASE PRE ...	114
TABLA 5.2 DISPONIBILIDAD EN HORAS TOTALES EN FUNCIONAMIENTO FASE PRE ...	115
TABLA 5.3 DISPONIBILIDAD EN HORAS TOTALES EN FUNCIONAMIENTO FASE POST.	115
TABLA 5.4 TABLA DE RESULTADOS Y COMPARACION DE DISPONIBILIDAD Y HF .....	116
TABLA 5.5 TABLA DE DISPONIBILIDAD EN TRATAMIENTO .....	117
TABLA 5.6 ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO .....	118-122
TABLA 5.7 ANALISIS ESTADISTICO EN GRUPO .....	122
TABLA 5.8 PRUEBA DE NORMALIDAD .....	125
TABLA 5.9 PRUEBA DE MUESTRAS INDEPENDIENTES.....	125

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 MOTOR QSK 60 CUMMINS .....	13
FIGURA 2.2 GABINETE DE CONTROL 930E-3.....	14
FIGURA 2.3 PANEL AFSE 17FM466.....	15
FIGURA 2.4 FUNCIONAMIENTO DE RETARDO RP-GF .....	17
FIGURA 2.5 PANEL DE TARJETAS ELECTRONICAS TCI.....	19
FIGURA 2.6 PANEL DE TARJETAS ELECTRONICAS PSC .....	20
FIGURA 2.7 ALTERNADOR PRINCIPAL GTA42 .....	22
FIGURA 2.8 MOTOR BLOWER 930E GDYL19.....	23
FIGURA 4.1 ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL .....	38
FIGURA 4.2 LISTA DE TORQUE DE PERNOS .....	39
FIGURA 4.3 IMAGEN MUESTRA DEL MANUAL DE REPARACION .....	40
FIGURA 4.4 CONJUNTO DE SOLDADURA BLANDA .....	42
FIGURA 4.5 REACTOR ASSEMBLY EN REPARACION .....	45
FIGURA 4.6 MANTENIMIENTO A REACTOR ASSEMBLY .....	46
FIGURA 4.7 PUNTOS DE CONTROL DE REPARACION DEL REACTOR ASSEMBLY .....	47
FIGURA 4.8 PRUEBA DE MEGADO CON BAKER STATICS.....	47
FIGURA 4.9 MEDIDAS PARA EMPAQUE DE ALTA TEMPERATURA .....	49
FIGURA 4.10 MEDIDAS PARA EMPAQUE DE BASE DE INVERSOR .....	51
FIGURA 4.11 MEDIDAS PARA EMPAQUE PEQUEÑO DE BASE DE INVERSOR .....	52
FIGURA 4.12 PUNTOS CRITICOS PARA BASE DE MODULO DE FASE .....	53
FIGURA 4.13 BUS BAR DC LINK .....	55
FIGURA 4.14 RECTIFICADOR PRINCIPAL 17FM528.....	56
FIGURA 4.15 DIAGRAMA DE SISTEMA DE ENTRADA Y SALIDAD DE SEÑALES .....	85
FIGURA 4.16 PROGRAMACION GANT DEL PROYECTO PARTE 1.....	94
FIGURA 4.17 PROGRAMACION GANT DEL PROYECTO PARTE 2 .....	95
FIGURA 4.18 PROGRAMACION GANT DEL PROYECTO PARTE 3.....	95
FIGURA 5.1 EVOLUACION DE LA VARIABLE DEPENDIENTE EN DISPONIBILIDAD.....	116
FIGURA 5.2 EVOLUACION DE LA VARIABLE DEPENDIENTE EN HS.....	116
FIGURA 5.3 EVALUACION DE PRUEBAS PARAMETRICAS .....	124

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio cuyo propósito fue diseñar e implementar un procedimiento de reparación para gabinetes de control para camiones repotenciados de producción Komatsu 930E, en el cual se ha podido aplicar una muestra en primera instancia a 20 (veinte) camiones de la flota Komatsu en las cuales se identificó las horas de funcionamiento de los componentes críticos a falla, esto ha generado la necesidad de realizar un el análisis de costos en el proyecto y cuando es el valor de retorno para la empresa encargada de la reparación, el procedimiento de reparación se ha dividido en tres etapas que son evaluación, armado, pruebas finales. Se realizó la utilización de manuales de servicio y taller para ayudarnos a crear Check list de evaluación, armado y pruebas, Así mismo se realizó un estudio estadístico sobre la disponibilidad en horas de servicio en componentes críticos reparados dándonos sustento técnico y probabilístico de falla que puedan tener y hacer un estudio del antes y después de implementar el procedimiento de reparación.

**Palabras clave:** Reparación, Disponibilidad, Critico, Procedimiento, Implementar.

## **ABSTRACT**

In the present research work has been developed a study has been developed and implemented a repair procedure for control cabinets for trucks rebooted Komatsu 930E production, in which a sample can be applied in the first instance to 20 (twenty) trucks of the Komatsu fleet in which are identified in the hours of operation of the components of a fault, this has generated the need to perform the cost analysis in the project and when it is the return value for the company in charge of the repair, The repair procedure has been divided into three stages that are evaluation, assembly, final tests. It is an instrument to use a service and a workshop to help create a list of evaluation, assembly and testing, as well as a statistical study, availability, a service, a technical service and probabilistic failure. That they can have and do a study before and after implementing the repair procedure.

**Keywords:** Repair, Availability, Critical, Procedure, Implement.

## **INTRODUCCION**

El presente trabajo de investigación evalúa los criterios para la implementación de un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, La presente investigación consta de 5 (cinco) capítulos.

Primer Capítulo se realiza el planteamiento del problema y la realización de los objetivos que se quieren alcanzar en la implementación de un procedimiento de reparación para gabinetes de control.

Segundo Capitulo Se presenta un marco teórico correlativo a la investigación que se realiza, también se detallan las variables a utilizar en el sustento de la presente investigación.

Tercer Capítulo Se detalla la metodología a seguir durante el proceso de investigación, aplicando una investigación de tipo Tecnológico que establece un nivel aplicativo, y un diseño pre-experimental en donde se realizaran estudios de pre y post prueba.

Cuarto Capítulo se presenta el desarrollo y los resultados de la investigación realizada, se ha realizado una base de datos de disponibilidad en horas de servicio por componentes críticos en valuados en una muestra de 20 (veinte) camiones de la flota Komatsu.

Quinto Capítulo Se realiza la comparación de los datos obtenidos en la investigación realizando así el análisis estadístico de los datos mediante la prueba de t de student, así como también analizar la tabla de costos por reparación realizada en cada etapa.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad en la gran y mediana minería se requiere el uso de un gran número de maquinaria pesada sea el caso de maquinaria principal (enfocada al proceso productivo) o maquinaria auxiliar (proceso auxiliar de minería), así mismo la optimización de recursos y la reusabilidad de equipos en este caso particular de acarreo de mineral (camiones mineros) juegan un papel importante en la organización de la minera freeport-mcmoran inc, Que muchas veces se realiza un análisis exhaustivo y determinante para la adquisición de equipos nuevos.

Los proyectos de expansión de las mineras a nivel nacional en particular de la ciudad de Arequipa tomando como ejemplo al del grupo freeport-mcmoran inc, involucra un aumento exponencial de equipos de gran tonelaje para poder cubrir el proceso satisfactoriamente, En base a equipos Usados en otra operación del grupo mencionado anteriormente. Cabe resaltar que la adquisición de equipos es un traslado desde otra instalación (Indonesia) operación ya terminada en dicho País. Los equipos llegan Perú para ser repotenciados en las Instalaciones de la empresa Komatsu. Se debe tener en consideración que la maquinaria para traslado tiene más de 90000 HRS de operación efectiva y se hace un requerimiento de overhaul completo de camión minero 930E-1.

Según requerimiento de reparación camiones eléctricos en el Perú, es una nueva etapa nunca antes realizada en el Perú o parte del mundo, por lo cual es un gran reto para las empresas del sector servicios. las cuales deberán evaluar el proceso de reparación de todos los componentes, como parte de nuestro proyecto de investigación nos enfocaremos al componente principal el cuál es el gabinete de control eléctrico y electrónico,

Cabe resaltar que como el modelo de camión 930E-1 es obsoleto se deberá realizar una serie de actualizaciones y/o mejoras en los diferentes sistemas en fin de mantener operativos dichos camiones, esta información no está disponible en manuales de reparación y mantenimiento, por ende, no se cuenta con un plan de reparación y mantenimiento de dicho componente como para realizar un overhaul completo al gabinete de control electrónico.

El inicio del proceso de reconstrucción y/o overhaul del camión eléctrico Komatsu 930E-1 comprende los siguientes sistemas (sistema eléctrico 24v, sistema hidráulico, sistema generación eléctrica, sistema de control, sistema de reducción (potencia y retardo dinámico)), La presente investigación se enfoca básicamente en el estudio de implementación de un procedimiento de reparación para el sistema de control (gabinete de control del camión eléctrico komatsu 930E-1).

Así mismo realizar un balance técnico y económico sobre los cambios que se realizaran en dicho sistema, así también conoceremos las ventajas de tener un sistema moderno 930E-3 acoplado a un sistema convencional antiguo de un camión de acarreo komatsu 930E-1.

### **1.1.2 Formulación del problema.**

¿Se puede implementar un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, Arequipa 2019?

### **1.1.3 Problema específico 1.**

¿Cómo podemos realizar la implementación de un procedimiento de desarmado, evaluación y armado de un gabinete de control?

### **1.1.4 Problema específico 2.**

¿Se puede establecer un procedimiento de pruebas eléctricas a los componentes principales del gabinete de control?

### **1.1.5 Problema específico 3.**

¿Es posible elaborar un análisis técnico y económico de la implementación del procedimiento de reparación de gabinetes de control en fin de garantizar la inversión en equipos por parte de la empresa minera?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

- a. Implementar el procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, Arequipa 2019.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- b. Realizar el procedimiento de desarmado, evaluación y armado de gabinete de control para camiones repotencias 930E-1.

- c. Establecer un procedimiento de pruebas eléctricas, check list de validaciones QA a los diferentes componentes que comprende el gabinete de control.
- d. Elaborar un análisis técnico y económico en base a un análisis estadístico inferencial para la implementación del procedimiento de reparación de gabinetes de control de camiones Komatsu 930E-1.

### **1.3 Justificación e Importancia**

En el marco de la presente investigación en realizar la implementación de un procedimiento de reparación para gabinetes de control, desde el punto de vista técnico y económico es muy beneficioso ya que realizarla establecerá la creación de un proceso estándar en el cual se puedan realizar reparaciones no solo en las instalaciones de Komatsu (Perú) sino en cualquier parte del mundo, además da un valor agregado a las operaciones de servicios de las empresas en el Perú ya que esto representa el ganar mercados no solo a nivel Nacional sino internacional además de trabajos de reparación adicionales en donde se ve el incremento de demanda de trabajo por equipos que se requieren reparar en sus diferentes componentes de los camiones mineros.

El Incremento de trabajo en las organizaciones por diferentes factores en este caso de requerimiento de maquinaria, reparaciones, etc. Hace referencia que el proceso de reparación en particular de gabinetes de control es factible y por ende requiere de personal altamente capacitado en el proceso por lo cual se requiere la inserción de personal adicional especialistas en el área de reparación de componentes en tanto esto ayuda o fomenta el aumento de trabajo en la sociedad.

En tanto la industria minera viene reflejando una constante variación de tecnologías que no solo les provee diversos tipos de máquinas para sus operaciones, sino que son más confiables y de mayor duración, esto refleja a veces el incremento de valor del equipo es así que, utilizando técnicas de gestión de equipos, valiéndose de análisis técnicos y económicos se hace la selección de camiones repotenciados Komatsu para las operaciones en tajo de abierto de mina sociedad minera cerro verde S.A.

En referencia al overhaul del camión minero Komatsu 930E-1, en particular al gabinete de control se hace referencia a que el sistema es obsoleto, por ende, no se fabrican componentes para su reparación ya que son muy antiguos están fueron fabricadas en el año 1990 en adelante. Uno de los obstáculos principales que se tendrá en el desarrollo del proyecto será El tema de logística y almacén el cual tendrá por inconveniente el Back Orden (Producto no disponible en fábrica con tiempo de atención a 5 meses a más), Nuestro proyecto sustentara en implementar en el procedimiento de reparación todas las actualizaciones con NP referidas a un camión 930E-3, el cual presenta la peculiaridad se tener todos los repuestos disponibles en fabrica para esto se tiene que realizar diferentes modificaciones y actualizaciones a un modelo 930E-3.

El overhaul al sistema de potencia eléctrico (gabinete de control electrónico PSC) no se ha realizado en anteriores oportunidades, En tanto esto representa un reto para validar modificaciones que deben sustentarse para poder ser ejecutados sin que modifiquen su estructura y funcionamiento. A esto deberemos sumarle que con la implementación del procedimiento de reparación del gabinete de control tendremos documentos que nos avale el proceso de reparación en adelante y así poder tener un estándar de reparación y medir los tiempos de reparación, KPI, entre otros.

El procedimiento de reparación del gabinete de control se deberá realizar utilizando todos los planos eléctricos y manuales de operación y de servicio que se tengan presentes acerca de la máquina y de los componentes en evaluación, cabe resaltar por la complejidad y al antigüedad del componente no se posee suficiente información, para lo nosotros realizares la búsqueda de información adicional para completar de manera técnica y concisa los valores que se requieren para la realización de nuestro proyecto, así mismo mucha información será realizada en base a norma técnica eléctrica IEEE, que nos ayudara a tener parámetros concisos para realizar nuestras evaluaciones así mismo al No Hoy de trabajo en talleres de reparación.

## 1.4 Hipótesis Y Variables.

### 1.4.1 Hipótesis General.

- a. Se puede implementar un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto.

### 1.4.2 Hipótesis Específicas.

- a. Podemos realizar la implementación de un procedimiento de desarmado, evaluación y armado de un gabinete de control.
- b. Se puede establecer un procedimiento de pruebas eléctricas a los componentes principales del gabinete de control.
- c. Es posible elaborar un análisis técnico y económico de la implementación del procedimiento de reparación de gabinetes de control en fin de garantizar la inversión en equipos por parte de la empresa minera.

### 1.4.3 Operacionalización de variables.

- a. **La variable independiente:** lo denotaremos como la implementación de un procedimiento de reparación. (ver tabla 1.1)
- b. **La variable Dependiente:** será el análisis de disponibilidad de componentes reparados en el gabinete de control (ver tabla 1.2).

Tabla 1.1 Operacionalización de la variable independiente.

<b>Variable Independiente: Implementación de un procedimiento de reparación</b>				
<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Actividades de investigación y tratamiento de la información</b>	<b>Fuente</b>
Se define a todas las acciones que se tienen que realizar para direccionar a la implementación del procedimiento de reparación, en fin de garantizar un disponibilidad alta por componente reparado.	Evaluar los procedimientos de reparaciones diseñados para mejorar el índice de disponibilidad.	Documentos de acciones de reparación en el proceso de desarmado, evaluación, armado y prueba eléctricas finales.	ETAPA 1 Aplicación del procedimiento realizado bajo estándar SGSSO.	Antony,2016,p.26.
	Ejecutar los controles de reparación como check list y formatos de reparación.	Documentos de control de procesos estándar SGSSO.	ETAPA 2 Optimización de proceso de investigación aplicada, asignación de mejora continua en el proceso (PSN)	
	Evaluar el sistema de funcionamiento en base a horas de disponibilidad en máquina por componente.	Base de datos de registro de reportes de funcionamiento la flota komatsu.	ETAPA 3 Análisis estadístico de la disponibilidad de componentes reparados en la flota komatsu, antes y después de la implementación del proyecto.	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 1.2 Operacionalización de la variable Dependiente.

Variable Dependiente: Análisis de disponibilidad de componentes reparados				
Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	instrumento	Fuente
<p>Es la disponibilidad de que los componentes reparados e instalados en la maquina superen el tiempo de garantía, y el indicador de disponibilidad sea próximo a 1.</p> <p>Definición Operacional:</p> $DE = \frac{HT - HPM}{HT}$ <p>DE: Disponibilidad</p> <p>HT: horas totales.</p> <p>HPM: hora en mantenimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad eléctrica de Rectificador principal.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Panel AFSE.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP1.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP2.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP3.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica de contactor de propulsión GF.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Bobina DIT.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Condensadores CIF</li> <li>• Disponibilidad eléctrica de bus bar DC LINK.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Modulo de fase PM.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica Modulo chopper.</li> <li>• Disponibilidad eléctrica de Panel PSC-TCI</li> </ul>	<p>HT: es el indicar de horas totales que el camión opera, por componentes en falla, determinando así el ciclo de cambio y determinando el impacto hacia el proceso de reparación.</p> <p>HPM: significa el número de horas de mantenimiento de los componentes realizados en los PM respectivos.</p> <p>Base de datos de registro de reportes de funcionamiento de la flota komatsu.</p>	<p>Hodómetro de máquina.</p>	<p>Antony, 2016, p. 27.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema.**

En presente proyecto de investigación establece como puntos importantes de estudio el mantenimiento de flota de equipos de minera, reparación de componentes, implementación de procedimientos de reparación en un centro de servicios, estandarización de procedimientos para reparación de componentes, En el desarrollo del presente proyecto de investigación se han tomado en cuenta diferentes referencias agrupándolas en: antecedentes operativos, antecedentes técnicos y servicios.

(ROJAS CORREA, 2014) en su tesis "Mejoras En La Gestión De La Planificación Y Pautas De Mantenimiento En Los Camiones De Carguío Diésel Komatsu 830e Y 930e En La Compañía Minera Doña Inés De Collahuasi" la present tesis aplica un criterio documental y exploratorio en donde el presente trabajo de título se desarrollan los pasos para identificar e implementar una oportunidad de mejora a la gestión en la planificación del mantenimiento de los camiones de carguío diésel para uso fuera de carretera, en base a la metodología de siete pasos del mejoramiento continuo.

La fuente en mención facilito el identificar la magnitud y la importancia del sector minero, dentro de nuestro proyecto nos apoyaremos en la información correlativo a camiones mineros de gran tonelaje komatsu 930E, así mismo el planteamiento de mejora continua con respecto al mantenimiento programados y correctivos.

(OLIVARES RAMOS, 2017) En su tesis “Propuesta de mejora del proceso de reparación de componentes electromecánicos de camiones eléctricos en el Perú” realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, realiza una investigación documental descriptiva En cuya temática abordo los temas relacionados con las reparaciones de componentes mayores, estandarización de procesos en el ámbito de servicios por parte de KOMATSU MITSUI MAQUINARIAS PERU S.A.

Así mismo el proyecto plantea demostrar que mediante la implementación de la metodología Lean manufacturing y sus distintas herramientas basadas en investigaciones, se puede logra el objetivo manteniendo los pilares base que mantiene la compañía que son seguridad y calidad. La presente fuente de información ha servido para la adquisición de datos por medio de la implementación de una metodología japonesa que es la metodología Lean manufacturing, en el cual se ha podido identificar los diferentes procesos de aplicación que puede tener en cada etapa de nuestro proyecto, el implementar un procedimiento de reparación también incluye aspectos del Sistema integrado de gestión en el cual tenemos que apoyarnos para garantizar que cumplan con los requerimientos del ISO 9001:2015, S OHSAS 18001:2007.

(CERNA NORIEGA, 2015) en su tesis “Diseño de un plan de mejora de la efectividad global de equipos en la flota de camiones komatsu HD 1500” realizado en la Universidad Nacional del Callao, realizo una investigación del tipo documental descriptiva en cuyo trabajo evaluó y realizo el análisis de cómo diseñar un plan de mejora de la efectividad global de la flota de camiones KOMATSU HD 1500 en una mina de tajo abierto.

Así mismo determinar las perdidas por paradas intempestivas de los camiones en operación, como adicional implementar estrategias de mejora para el indicador de efectividad de los procesos, se evaluado que lo documentos son de criterio documental y en tanto con la investigación se dio solución a los principales problemas que perjudicaban la efectividad global de las flotas de camiones, tales como: ineficiente mantenimiento preventivo, demora en procesos de carguío, tolvas muy pesadas, vías en mal estado. Utilizando herramientas de manufactura esbelta, TPM, Mantenimiento mejorativo (redise 401o de tolvas), 5S, SMED y otros se Logrando aumentar la productividad.”

La fuente en mención ayudo a poder analizar los sistemas de funcionamiento mecánico y los mantenimientos básicos que se realiza a un camión mecánico HD1500 y así poder evaluar y hacer una comparación técnica con nuestro planteamiento a un camión eléctrico 930E-AC

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 Campos Eléctricos.**

(A.SERWAY,2014) establece que la fuerza electromagnética entre partículas cargadas es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Comenzaremos por describir algunas propiedades básicas de una manifestación de la fuerza electromagnética, la fuerza eléctrica. A continuación, se analiza la ley de Coulomb, que es la ley fundamental que rige la fuerza eléctrica entre dos partículas cargadas. A continuación, se introduce el concepto de un campo eléctrico asociado a una distribución de carga y se describen sus efectos sobre otras partículas cargadas.

Dentro de los cuales podemos establecer:

- Propiedades de las cargas eléctricas.
- Ley de Coulomb
- Análisis de modelo: partícula en un campo (eléctrico).

### **2.2.2 Potencia Eléctrico.**

(A.SERWAY,2014) Al aplicar la ley de conservación de energía, es posible evitar el trabajar directamente con fuerzas al resolver diferentes problemas de mecánica. Además, el concepto de energía potencial es de gran valor para el estudio de la electricidad. Ya que la fuerza electrostática es conservativa, los fenómenos de esta clase pueden describirse de manera conveniente en términos de una energía potencial eléctrica. También se analizará los siguientes puntos:

- Diferencia de potencial y potencial eléctrico.
- Diferencia de potencial en un campo eléctrico uniforme.
- Potencial eléctrico y energía potencial debidos a cargas puntuales.
- Obtención del valor del campo eléctrico a partir del potencia eléctrica.

- Potencial eléctrico debido a distribuciones de carga continuas.
- Potencial eléctrico debido a un conductor con carga

### **2.2.3 Electricidad Y Electrónica De Potencia.**

(MUHAMMAD H.,1993) Los circuitos electrónicos de potencia convierten la energía eléctrica de un tipo en otro utilizando dispositivos electrónicos. Los circuitos electrónicos de potencia funcionan utilizando dispositivos semiconductores como interruptores, para controlar o modificar una tensión o una corriente. Los subtemas a analizar son:

- clasificación de los convertidores.
- interruptores electrónicos.
- los interruptores en PSC-TCI
- cálculos de potencia.
- Series de Fourier

### **2.2.4 Inversores: Conversión de continua en alterna.**

(AGUILAR PEÑA,2005) Los inversores son circuitos que convierten la corriente continua en corriente alterna. Más exactamente, los inversores transfieren potencia desde una fuente de continua a una carga de alterna. Los inversores se utilizan en aplicaciones tales como motores de alterna de velocidad ajustable, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) y dispositivos de corriente alterna que funcionen a partir de una batería de automóvil.

Temas a tocar para análisis y determinación para evaluaciones en el procedimiento de reparación de gabinete de control.

- El convertidor en puente de onda completa.
- El inversor de onda cuadrada
- Distorsión armónica total
- El inversor en medio puente
- Salida con modulación por anchura de impulsos
- Definiciones y consideraciones relativas a la modulación
- Inversores trifásicos
- Armónicos en la modulación PWM

## 2.2.5 Sistema del camión komatsu 930E.

El sistema eléctrico del camión es un modelo 17KG498 GE consta de dos sistemas (sistema de control electrónico y control de 24v).

### 2.2.5.1 Camión Y Motor.

El camión de tolva komatsu 930E Es un camión para uso fuera de carretera con mando eléctrico AC, el peso bruto del vehículo es de 501.673 kg. El motor es un cummins QSK60 P2700 HP @1900.

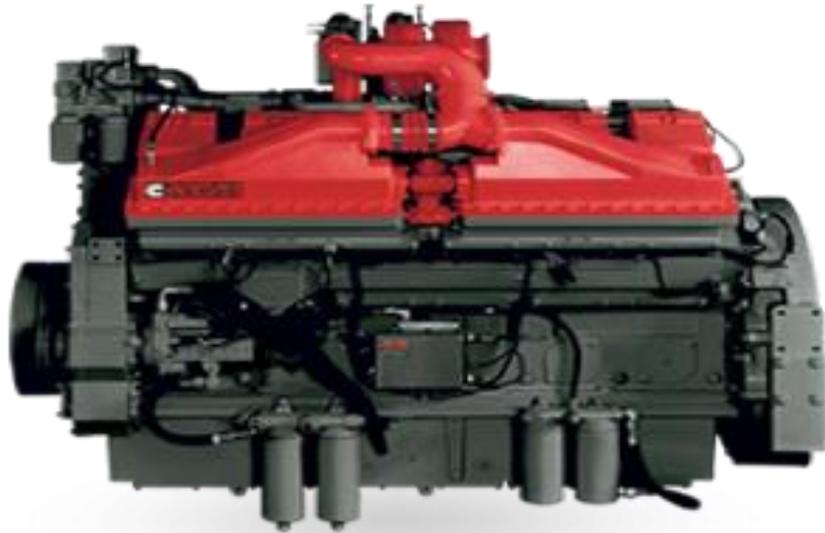


Figura: 2.1 motor QSK 60 Cummins.

Fuente: Distribuidora cummins Perú S.A.

### 2.2.5.2 Control Group GE.

(KOMATSU, 1998) El grupo de control modelo 17KG498 controla el funcionamiento de los motores de las ruedas de tracción, alternador, ventilador auxiliar, y retardando el conjunto dinámico basado en solicitudes de operador y retroalimentación de la operación.

El grupo de control 17KG498 se fabricó en seis modelos; 17KG498A1, 17KG498B1, 17KG498C1, 17KG498D1, 17KG498D2 y 17KG498E1. Todos los modelos 17KG498A1 y 17KG498B1 se actualizaron a 17KG498C1 como componentes mejorados fueron desarrollados.

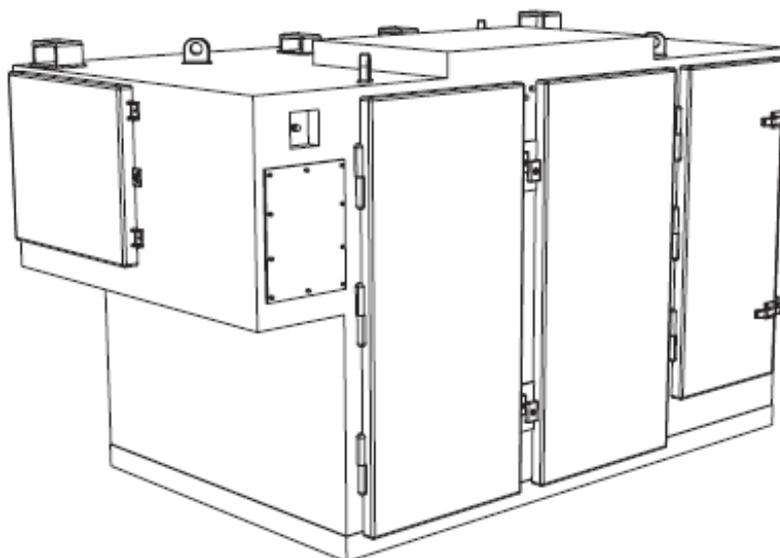


Figura: 2.2 Gabinete de control 930E-3.

Fuente: Curso de capacitación Anglo american 2015.

#### **2.2.5.3 Panel Rectificador (RD).**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) El panel 17FM528 consta de seis conjuntos de diodo / disipador térmico de alta potencia. Es usado para rectifique la salida de CA trifásica del alternador a CC. Este CD se llama "ENLACE" voltaje. Para buscar un diodo corto o abierto, se puede usar un óhmetro para medir el Impedancia de cada célula. Use un ohmímetro para medir la impedancia de cada celda. El + y - indican polaridades del medidor.

#### **2.2.5.4 Panel AFSE.**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) Alternador estático de campo excitador (AFSE). El trabajo del alternador estático excitador de campo es recibir CA alimente el bobinado terciario, rectifíquelo y suministre la CC rectificada al campo del alternador. Además del rectificador, el alternador estático del excitador de campo incluye los siguientes componentes: la compuerta módulo de disparo (GFM), que tiene un módulo LED montado encima de él; el transformador de pulso y cuatro resistencias Estas resistencias, junto con cuatro condensadores montados en el interior de la tapa, conforman Cuatro circuitos llamados "snubbers". La tarjeta GFM auxiliar contiene dos circuitos: el circuito de aumento de la batería y

el circuito de la palanca. Dentro del excitador están los SCR y los diodos utilizados para controlar el campo del alternador.

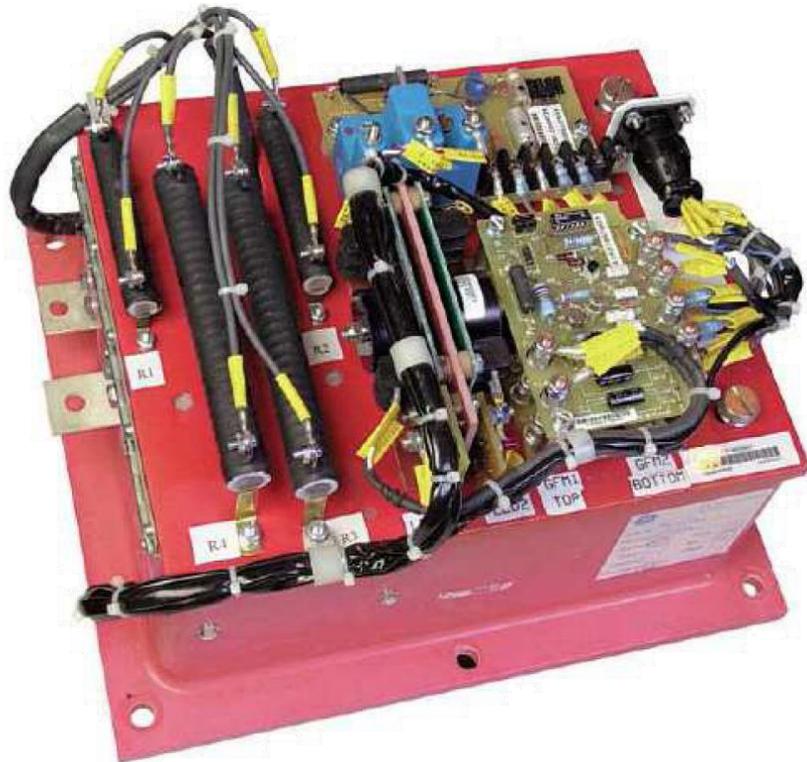


Figura: 2.3 Panel AFSE 17FM466.

Fuente: (Curso de sistemas de potencia camión 930E).

#### **2.2.5.5 Module Fase / Chopper (Gt0).**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) Los módulos de fase proporcionan la potencia de frecuencia variable a los devanados de la tracción. Hay dos tipos diferentes de módulos de fase. Los módulos de fase positiva son identificados por tubos de separación rojos y los módulos de fase negativa tienen separación negra tubos. Las placas de montaje están codificadas por lo que no se puede intercambiar un módulo positivo o negativo. Un módulo de fase se compone de un GTO controlado por un circuito controlador de puerta. La puerta El circuito del controlador es alimentado por la fuente de alimentación del controlador de puerta. Una señal de control de fibra óptica. Desde el panel PSC se aplica a los conectores azul y gris.

El módulo chopper controla el voltaje de CC aplicado a las resistencias de la red durante el retardo. operación por cortocircuito intermitentemente, lo que se conoce como "cortar", una sección de la Resistencias de rejilla. Se diferencian de los módulos de fase por el stand-off azul. tubos en comparación con los separadores rojos o negros en los módulos de fase.

#### **2.2.5.6 Contactores De Retardo Y Propulsión (RP –GF).**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) El contactor es un dispositivo de conmutación eléctrica que está adaptado para lograr la circulación de corriente y el corte de la misma una y otra vez. Este contactor incluye entre sus componentes principales una bobina Blowout conectado en serie con los contactos (Tip fijos y móvil), una cámara extintora de arco, una bobina de activación del mismo y contactores llamados tips.

#### **2.2.5.7 Ac Inverter Operación Básica.**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) El uso eficiente de un motor de rueda de inducción de corriente alterna (CA) requiere el uso de un controlador que permita al motor Produce un alto par en todo el rango de velocidad. Esto se puede hacer con un dispositivo llamado inversor de alimentación de CA, o simplemente inversor. Este sistema de accionamiento de CA utiliza dispositivos semiconductores de potencia en un inversor de energía "estático" para controlar la CA motores de ruedas. En su forma más simple, hay muy pocos componentes principales en un inversor estático. El inversor comprende una tensión continua. suministro, un filtro de CC (para el almacenamiento de energía), dos interruptores de alimentación y la electrónica de control (que controla la apertura y cierre de secuencia de los interruptores). Se muestra un circuito de potencia del inversor simple. Por simplicidad, los interruptores mecánicos se muestran en el lugar donde Los semiconductores de potencia son realmente utilizados. Este inversor alimenta un motor

de inducción de CA trifásico. Hay varios métodos diferentes de inversión de energía que pueden emplearse en un sistema inversor. Un método es Inversión de modulación pulso-ancho (PWM) y otra es la inversión de onda cuadrada. Ambos métodos de inversión son utilizados por este sistema de accionamiento.

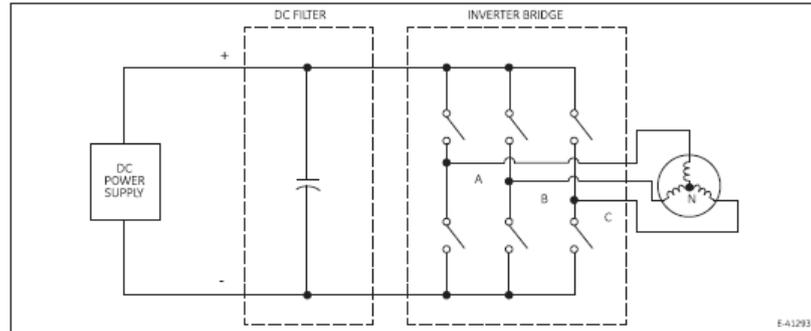


Figura: 2.4 Funcionamiento de retardo RP-GF.

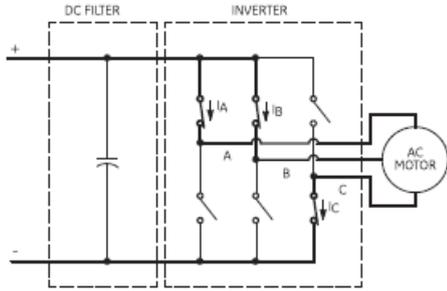
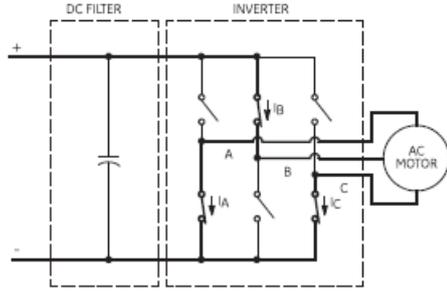
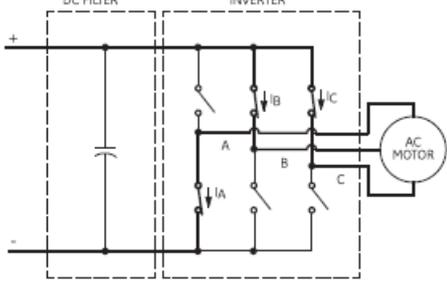
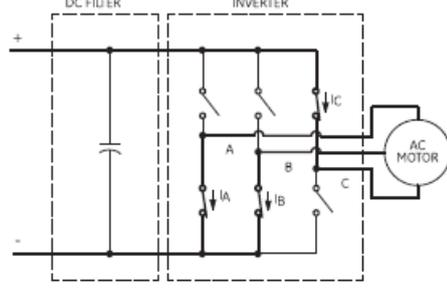
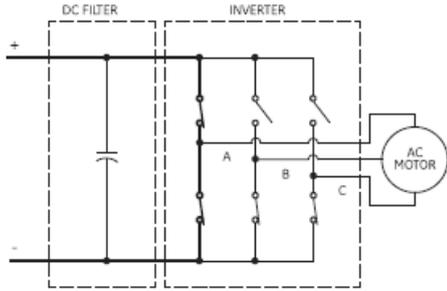
Fuente: Overhaul sistema de potencia 930E1 GE.

Tabla 2.1 Funcionamiento básico del sistema de propulsión Komatsu.

<p>Configuración del modo de accionamiento del sistema invertir en estado OFF.</p>	<p>The diagram shows the DC filter and inverter bridge. The inverter bridge is in an OFF state, with all transistors disabled. The AC motor is not receiving power.</p>
<p>Configuración de modo de accionamiento con fase A y C con línea positiva activa y retorno por la fase B a la línea negativa DCN Bus.</p>	<p>The diagram shows the DC filter and inverter bridge. The inverter bridge is in an active state. Phase A and C are active, with current <math>I_A</math> and <math>I_C</math> flowing out. Phase B is the return path, with current <math>I_B</math> flowing back to the negative DCN bus.</p>
<p>Configuración de modo de accionamiento fase A conduciendo por la línea positiva DCP bus, y la fase B Y C retornando a línea negativa DCN.</p>	<p>The diagram shows the DC filter and inverter bridge. The inverter bridge is in an active state. Phase A is active, with current <math>I_A</math> flowing out. Phases B and C are the return paths, with current <math>I_B</math> and <math>I_C</math> flowing back to the negative DCN bus.</p>

Fuente: Overhaul sistema de potencia 930E- 1

Tabla 2.1 Funcionamiento básico del sistema de propulsión Komatsu

<p>Configuración de modo de accionamiento con fase A y B con línea positiva activa y retorno por la fase C a la línea negativa DCN Bus.</p>	 <p>The diagram shows a DC power source with a positive (+) and negative (-) terminal. A DC FILTER is connected to the positive terminal. The INVERTER section contains three legs labeled A, B, and C. In this configuration, the top switches of legs A and B are closed, allowing current to flow from the positive DC bus through these switches to the motor's A and B terminals. The bottom switches of legs A and B are open. The top switch of leg C is open, and the bottom switch of leg C is closed, allowing current to return from the motor's C terminal to the negative DC bus.</p>
<p>Configuración de modo de accionamiento fase B conduciendo por la línea positiva DCP bus, y la fase A Y C retornando a línea negativa DCN.</p>	 <p>The diagram shows the same DC power source and filter. In this configuration, the top switch of leg B is closed, allowing current to flow from the positive DC bus through leg B to the motor's B terminal. The top switches of legs A and C are open, and the bottom switches of legs A and C are closed, allowing current to return from the motor's A and C terminals to the negative DC bus.</p>
<p>Configuración de modo de accionamiento con fase B y C con línea positiva activa y retorno por la fase A la línea negativa DCN Bus.</p>	 <p>The diagram shows the same DC power source and filter. In this configuration, the top switches of legs B and C are closed, allowing current to flow from the positive DC bus through these switches to the motor's B and C terminals. The top switch of leg A is open, and the bottom switch of leg A is closed, allowing current to return from the motor's A terminal to the negative DC bus.</p>
<p>Configuración de modo de accionamiento fase C conduciendo por la línea positiva DCP bus, y la fase A Y B retornando a línea negativa DCN.</p>	 <p>The diagram shows the same DC power source and filter. In this configuration, the top switch of leg C is closed, allowing current to flow from the positive DC bus through leg C to the motor's C terminal. The top switches of legs A and B are open, and the bottom switches of legs A and B are closed, allowing current to return from the motor's A and B terminals to the negative DC bus.</p>
<p>Configuración de modo de accionamiento cerrado, esto representa una corto circuito y una condición de evaluación del DC filter.</p>	 <p>The diagram shows the same DC power source and filter. In this configuration, all top switches (A, B, and C) are closed, and all bottom switches (A, B, and C) are also closed. This creates a direct short circuit from the positive DC bus to the negative DC bus through the inverter switches, bypassing the motor.</p>

Fuente: Overhaul sistema de potencia 930E.1 GE



publicación para conocer las funciones de la tarjeta electrónica. Una tarjeta de fibra óptica está unida al lado del panel del PCP como se muestra en la Figura 13. Las tarjetas de fibra óptica proporcionan comunicaciones y aislamiento de la señal de disparo para los inversores GTO n. ° 1 e inversores n. ° 2 GTO. Las señales son recibidas y enviadas por el panel de PCP. las señales de entrada y salida para Las versiones de panel PCP, 17FH41 para el panel del modelo 17KG498E1.

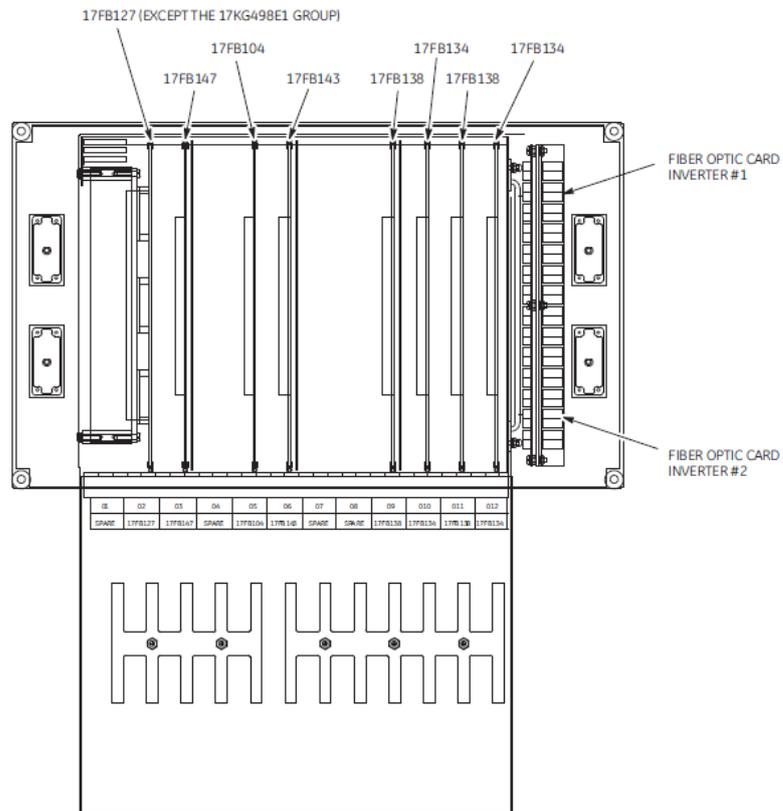


Figura: 2.6 Panel de tarjetas Electrónicas PSC

Fuente: overhaul sistema de potencia 930E.1 GE

### 2.2.5.10 Convertidor De Poder AC-DC

(GENERAL ELECTRIC, 2014) Los dispositivos eléctricos y electrónicos del sistema de accionamiento requieren energía eléctrica para su funcionamiento. La fuente de alimentación de El sistema de accionamiento proporciona la energía eléctrica a los dispositivos eléctricos y electrónicos. El poder del poder. el suministro debe estar "limpio" o libre de ondulaciones eléctricas, picos de potencia y ruido eléctrico. Cualquier variación en la

potencia suministrada. La fuente de alimentación puede provocar posibles errores en el funcionamiento del sistema de accionamiento. Las fuentes de alimentación utilizadas en el Grupo de control 17KG498 evolucionaron de varias fuentes de alimentación generales independientes a Una única fuente de alimentación general central para aumentar la fiabilidad. El propósito específico de la fuente de alimentación del controlador de puerta (GDPS) Se ha mantenido igual para todos los modelos del grupo control. Las siguientes secciones describen las fuentes de alimentación en Cada uno de los modelos del Grupo de Control 17KG498.

#### **2.2.5.11 Alternador**

(ROJAS CORREA, 2014) en su tesis determina que el motor diésel acciona un alternador en línea a velocidad del motor. El alternador produce corriente AC que es rectificadora a DC dentro del gabinete de control principal. La corriente DC rectificada se vuelve a convertir en AC por medio de grupos de dispositivos llamados “inversores”, también dentro del gabinete de control principal. Cada inversor consta de seis “módulos de fase” bajo el control de una “unidad de accionamiento de compuerta” (GDU). La GDU controla la operación de cada módulo de fase. Cada módulo de fase contiene un interruptor de estado sólido enfriado por aire conocido como “tiristor de desconexión de compuerta” (GTO). El GTO activa y desactiva un ciclo a diversas frecuencias para crear una señal de energía AC desde el suministro DC. La señal de energía AC producida por cada inversor es una señal de voltaje variable y secuencia variable (VWF). La frecuencia y el voltaje se cambian para ajustarse a las condiciones de operación. El aire de enfriado para el grupo de control / potencia y motores de rueda, así como también el alternador mismo, es proporcionado por ventiladores duales ubicados en el eje del alternador.



**Figura: 2.7** Alternador principal GTA 42

**Fuente:** Componentes only Pty Ltd abn.

#### **2.2.5.12 Ruedas Motorizadas**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) La salida del alternador suministra energía eléctrica a los dos motores de rueda que van en la caja del eje trasero. Las ruedas motorizadas utilizan motores de inducción AC trifásicos con energía AC de onda total. Los dos motores de rueda convierten la energía eléctrica de vuelta a energía mecánica a través de los trenes de engranaje incorporados dentro del conjunto del motor de la rueda. La dirección de los motores rueda es controlada por un interruptor selector manual de avance o retroceso ubicado en la consola central.

#### **2.2.5.13 Motor Blower**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) El Motor Soplador es una unidad modelo 5GY19AL6 corriente continua, de cuatro polos en serie con polos de conmutación que está montado dentro de la caja de los conjuntos de resistencias de retardo. Tiene montado dos ventiladores, uno en cada extremo del eje de la armadura, la cual suministra aire para disipar el calor del conjunto de resistencias durante la aplicación del Retardo Dinámico. Cada ventilador está parcialmente encerrado en una extensión de la estructura, la cual contiene guías que dirigen el aire en direcciones opuestas axialmente al eje del motor y hacia fuera en cada extremo.

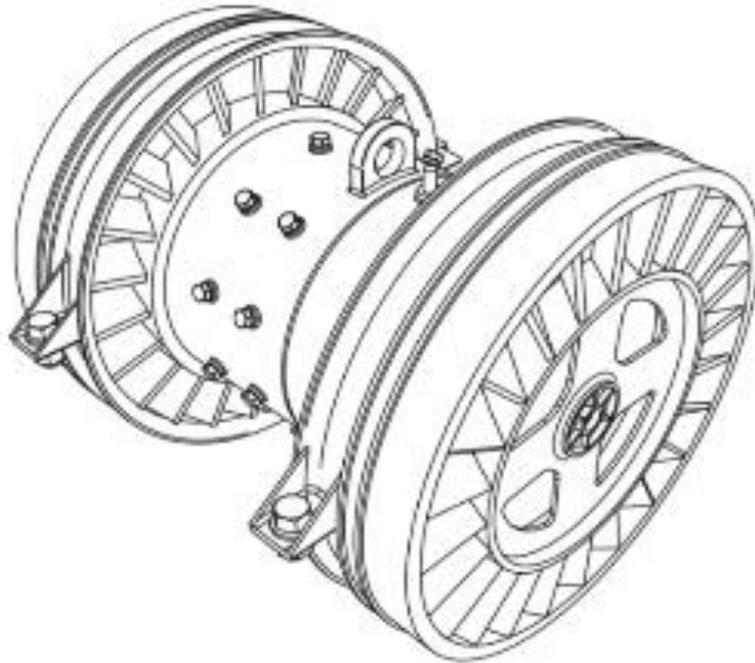


Figura: 2.8 motor blower 930E GDYL19.

Fuente: General electric Overhaul 17KG498.

#### **2.2.5.14 Conjunto De Retardo Dinámico**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) Se emplea un paquete de rejilla del resistor para disipar la energía proveniente de los motores de tracción (que operan como generadores), cuando están en el modo de retardo dinámico. La energía total de retardo producida por los motores de tracción es controlada por los dos Inversores del motor. La cantidad de energía de retardo disipada por el paquete de rejillas es controlada por un circuito Interruptor GTO y por contactores controlados por etapa.

#### **2.2.5.15 Cabina Del Operador**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) La cabina del operador ha sido diseñada para comodidad del operador y para permitir una operación segura y eficiente del camión. La cabina proporciona gran visibilidad, con una estructura integral ROPS/FOPS (sistema de protección contra volamientos), de 4 pilares, y un avanzado ambiente análogo para el operador. Incluye parabrisas de seguridad polarizado y ventanas laterales con alza vidrios, un interior de lujo con un asiento totalmente ajustable con soporte lumbar, un volante con función de inclinación/telescópico, controles

de fácil acceso para el operador, y un panel de instrumentos análogo que entrega al operador todos los instrumentos y medidores necesarios para controlar y/o monitorear los sistemas de operación del camión.

#### **2.2.5.16 Retardo Dinámico.**

(GENERAL ELECTRIC, 2014) El retardo dinámico se usa para reducir la velocidad del camión durante una operación normal o para controlar la velocidad al bajar por una pendiente. La capacidad del retardo dinámico del sistema eléctrico es controlada por el operador presionando el pedal retardador (o al operar una palanca en el volante de la dirección 930-E) en la cabina del operador y ajustando el RSC (Control de Velocidad del Retardador). El Retardo Dinámico se activa automáticamente si el camión excede el ajuste de sobre velocidad preestablecido.

#### **2.2.6 Ingeniería del mantenimiento mecánico.**

(DUFFUAA , 2002) determina que, en la actualidad, dentro de un sistema industrial flexible, las nuevas tendencias de mantenimiento están orientadas a los gras que los equipos alcancen los niveles de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad requeridos por las empresas. Buscando con ellos maximizas sus ganancias y mantener sus instalaciones en óptimas condiciones, estableciendo para eso nuevas tecnologías, técnicas y herramientas de gestión que permitan el mejoramiento continuo de la gestión de mantenimiento de sus procesos, son sin duda alguna la mejor alternativa con que se cuentan para llevar acabo los objetivos planteados, en los cuales se plantean estudios sobre:

- a. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- b. Objetivos del mantenimiento.
- c. Políticas del mantenimiento.

##### **2.2.6.1 Mantenimiento por falla.**

Se define como la atención a un sistema productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener un servicio adecuadamente dicho sistemas, minimizando sus tiempos de parada. La atención a las fallas debe ser de inmediato y por tanto no da tiempo a ser programada, pues implica el aumento en costos y de parada innecesarias de personal y equipos.

#### **2.2.6.2 Mantenimiento Correctivo.**

(ANTONIO ARMAS, 2016) establece en su tesis “Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a medio plazo. Las acciones más comunes de mantenimiento que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas del proceso, cambio de especificaciones, ampliaciones, revisión de los elementos básicos de mantenimiento y conservación.

#### **2.2.6.3 Mantenimiento Preventivo.**

(DUFFUAA , 2002), lo define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. Las estrategias convencionales de reparar cuando se produzca la avería ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costos excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, entre otros) y por ello las empresas industriales se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante adecuados programas de mantenimiento.

#### **2.2.6.4 Mantenimiento Predictivo.**

(DUFFUAA , 2002), lo define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. Las estrategias convencionales de reparar cuando se produzca la avería ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costos excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, entre otros) y por ello las empresas industriales se planteada este proceso.

### 2.2.6.5 Mantenimiento Rutinario.

(ANTONIO ARMAS, 2016) en su tesis lo define al cual comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras, la frecuencia de ejecución es hasta por periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operadores de los sistemas productivos y su objetivo es alargar y mantener la vida útil de dichos sistemas evitando su desgaste.

### 2.2.6.6 Cálculos e indicadores de disponibilidad.

(GARCIA GARRIDO, 2016) define a esto como una metodología en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

- a. La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada. Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas por parada de mantenimiento}}{\text{horas Totales}}$$

- b. Fiabilidad La fórmula de cálculo es muy parecida a la anterior, pero sustituyendo en el numerador las horas de parada por mantenimiento por horas de parada por mantenimiento no programado:

$$\text{fiabilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas no programadas}}{\text{Horas Totales}}$$

- c. Tiempo medio entre paradas (TMEP) Es el tiempo medio que ha transcurrido entre dos paradas de mantenimiento, y se requiere para su cálculo en el numerador las horas totales del periodo, y en denominador, el número de paradas:

$$TMEP = \frac{\text{Horas totales del periodo}}{\text{Numero de paradas}}$$

- d. Tiempo medio hasta puesta en marcha (TMPM) Representa el tiempo medio de duración de las diversas paradas ocurridas en el periodo e ítem analizado:

$$TMPM = \frac{\text{Horas totales de parada}}{\text{Numero de paradas}}$$

### **2.2.6.7 Mantenimiento Mayor.**

Según (DUFFUAA , 2002), es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

## **2.3 Definición de términos.**

### **2.3.1 Electricidad.**

La corriente eléctrica es un flujo ordenado de electrones que atraviesa un material. Algunos materiales como los “conductores” tienen electrones libres que pasan con facilidad de un átomo a otro.

### **2.3.2 Electrónica.**

La electrónica estudia los circuitos formados por componentes que están fabricados con materiales semiconductores.

### **2.3.3 Campo Magnético**

El campo magnético de un imán es más intenso en unas partes que en otras. Así, por ejemplo, el campo adquiere su máxima intensidad en los polos, disminuyendo paulatinamente según nos alejamos de ellos.

#### **2.3.4 Resistencia eléctrica.**

Es la oposición que ofrece un material al paso de los electrones (la corriente eléctrica). Cuando el material tiene muchos electrones libres, como es el caso de los metales, permite el paso de los electrones con facilidad y se le llama conductor.

#### **2.3.5 Mantenimiento.**

Los trabajos de Mantenimiento Preventiva, Reparación Programada o Imprevistos, realizados con calidad, es decir, bien hechos y a la primera - atacando la causa raíz - evitan consecuencias negativas, como las siguientes:

- a. Operativas: Si no hay buena mantención, los equipos fallarán.
- b. Económicas: Si no se resuelven los problemas de mantención de la forma óptima, se pueden desperdiciar importantes recursos económicos.
- c. Seguridad: El respeto a las normas de seguridad de forma estricta, evita que se produzcan accidentes que pueden tener repercusiones importantes en la salud de los trabajadores. • Éticas y Legales: El Mecánico de Mantenimiento, al firmar los documentos que avalan el cumplimiento de las Pautas de MP.

#### **2.3.6 Overhaul (reparación total).**

Procedimiento de reparación total de cualquier máquina en particular, cada una de estas dependerán de lo complicado que sean los subsistemas que los componen y el tamaño del mismo, el mantenimiento por overhaul es realizado en máquinas que presentan un desgaste por horas de servicio que comprometen varios sistemas del funcionamiento de la máquina.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Método de la investigación.**

“El método sintético es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de elementos distinguidos por el análisis; se trata a consecuencia de haber una explosión metódica y breve, en resumen. En otras palabras, debemos decir que la síntesis es un procedimiento mental que tiene como meta la comprensión cabal de la ausencia de lo que ya conocemos en todas sus partes y particularidades” (historia de la ciencia y método científico, 1999).

“Método sintético, Es un proceso mediante el cual se relacionan hechos aparentemente aislados y se formula una teoría que unifica los diversos elementos. Consiste en la reunión racional de varios elementos dispersos en una nueva totalidad, este se presenta más en el planteamiento de la hipótesis. El investigador sintetiza las superaciones en la imaginación para establecer una explicación tentativa que someterá a prueba.” (ANTONIO ARMAS, 2016, p.25).

“Mediante el método sintético procedemos a explicar o resolver un problema partiendo de lo conocido hasta llegar a lo desconocido. El término sintético se deriva de la palabra "síntesis" y la síntesis es el complemento del análisis” (BUJAN, 2017).

### **3.2 Tipo de investigación**

“Investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad” (ANTONIO ARMAS, 2016, p.25).

“Investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad” (ANTONIO, 2016, p.25).

### 3.3 Nivel de investigación.

Se toma un nivel de investigación Predictivo o experimental, Se da el asertividad del holopráxico en el nivel predictivo Posibles dificultades y limitaciones Ajuste de objetivos general y específicos y responde a las siguientes interrogantes, ¿Qué modificaciones se han realizado? ¿Qué mejoras se han logrado? ¿Cuál es la eficiencia del nuevo sistema?

### 3.4 Diseño De La Investigación.

“Diseño pre experimental: No puedo controlar los factores que influyen contra la validez interna y externa. Pero ilustran la forma en que las variables extrañas pueden influir en la validez interna. Nos muestra lo que se debe y no debe hacer” (ANTONIO ARMAS, 2016, p.26).

“La validez interna trata de responder: ¿La variable independiente produce un efecto significativo en la variable dependiente?” (ANTONIO ARMAS, 2016, p.26).

“La validez externa trata de responder: ¿Es posible aplicar los resultados obtenidos a una realidad con entornos similares?” (ANTONIO ARMAS, 2016, p.26).

“Con grupo con pre y post prueba: ya que se evalúa los efectos del tratamiento comparándolo con una medición previ” (ANTONIO ARMAS, 2016, p.26).

Su diseño es:



X: tratamiento aplicado al grupo experimental cuantitativo.

“implementación de procedimiento de reparación para mejorar la disponibilidad de componentes reparados dentro del gabinete de control”

O1: Observación de la variable dependiente antes de tratamiento.

“Observación de la disponibilidad en horas de servicio de los componentes críticos en el funcionamiento de los camiones de acarreo 930E-1 y análisis del tipo de cambio de cada componente crítico, antes de la implementación del procedimiento de la reparación”

O2: Observación de la variable dependiente después de tratamiento.

“Observación de la disponibilidad en horas de servicio de los componentes críticos en el funcionamiento de los camiones de acarreo 930E-1 y análisis del tipo de cambio de cada componente crítico, después de la implementación del procedimiento de la reparación”

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1 Proyecto**

Implementación de un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, Arequipa 2019.

#### **3.5.2 Población**

Según nuestro proyecto el número de camiones en evaluación y reparación (overhaul) serán sesenta y cuatro (39) camiones usados provenientes de indonesia, los cuales serán aplicados para trabajo en una mina de tajo abierto en la ciudad de Arequipa.

#### **3.5.3 Muestra**

Para nuestro estudio de implementación de un procedimiento de reparación, se analizará el impacto que se tiene sobre 20 camiones Minero de la Línea Komatsu, en el análisis de la disponibilidad en Horas de servicio en componentes críticos dentro del gabinete de control. (ver tabla 3.1)

Tabla 3. 1 Disponibilidad de componentes críticos de la Flota Komatsu  
(Disponibilidad de Componentes eléctricos de la flota Komatsu).

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	MODO DE CAMBIO	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL
C301BUS BAR DCLINK	C301	BUS BAR DCLINK	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	8,927
C301BUS BAR DCLINK	C301	BUS BAR DCLINK	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	12,422
C301BUS BAR DCLINK	C301	BUS BAR DCLINK	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	7,111
C301BOBINAS DIT	C301	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	3,802
C301BOBINAS DIT	C301	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	5,125
C301BOBINAS DIT	C301	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	12,422
C301BOBINAS DIT	C301	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	7,111
C301CONTACTOR RP1	C301	CONTACTOR RP1	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	4,123

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. 1 Disponibilidad de componentes críticos de la Flota Komatsu  
(Disponibilidad de Componentes eléctricos de la flota Komatsu).

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	MODO DE CAMBIO	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORASL DE COMPONENTE TOTAL
C301CONTACTOR RP1	C301	CONTACTOR RP1	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	24,337
C301CONTACTOR RP2	C301	CONTACTOR RP2	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	4,123
C301CONTACTOR RP2	C301	CONTACTOR RP2	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	24,337
C301CONTACTOR RP3	C301	CONTACTOR RP3	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	4,123
C301CONTACTOR RP3	C301	CONTACTOR RP3	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	24,337
C301CONTACTOR GF	C301	CONTACTOR GF	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	28,460
C301PANEL RECTIFICADOR	C301	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	PCR	6,000	3000 Hrs	4,914
C301PANEL RECTIFICADOR	C301	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	PCR	6,000	3000 Hrs	23,546
C301CONDENSADORES CIF	C301	CONDENSADORES CIF	930E-1_	COND	40,000	3000 Hrs	28,460
C301TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	C301	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	COND	30,000	3000 Hrs	28,460
C301TRUCK	C301	TRUCK	930E-1_	PCR	100,000	3000 Hrs	28,460
C301MODULO AFSE	C301	MODULO AFSE	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	2,196
C301MODULO AFSE	C301	MODULO AFSE	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	8,676
C301MODULO AFSE	C301	MODULO AFSE	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	18,388
C301INVERSOR PM	C301	INVERSOR PM	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	4,914
C301INVERSOR PM	C301	INVERSOR PM	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	23,546
C301MODULO CHOPPER	C301	MODULO CHOPPER	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	4,914
C301MODULO CHOPPER	C301	MODULO CHOPPER	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	23,546
C302BUS DCLINK	C302	BUS BAR DCLINK	930E-1_	PCR	16,000	6000 Hrs	13,172
C302BUS DCLINK	C302	BUS BAR DCLINK	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	16,266
C302BOBINAS DIT	C302	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	6000 Hrs	7,438
C302BOBINAS DIT	C302	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	6000 Hrs	7,012
C302BOBINAS DIT	C302	BOBINAS DIT	930E-1_	PCR	10,000	6000 Hrs	14,988
C302CONTACTOR RP1	C302	CONTACTOR RP1	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	677
C302CONTACTOR RP1	C302	CONTACTOR RP1	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	28,761

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 1 Disponibilidad de componentes críticos de la Flota Komatsu  
(Disponibilidad de Componentes eléctricos de la flota Komatsu).

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	MODO DE CAMBIO	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL
C302CONTACTOR RP2	C302	CONTACTOR RP2	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	677
C302CONTACTOR RP2	C302	CONTACTOR RP2	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	28,761
C302CONTACTOR RP3	C302	CONTACTOR RP3	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	677
C302CONTACTOR RP3	C302	CONTACTOR RP3	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	28,761
C302CONTACTOR GF	C302	CONTACTOR GF	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	841
C302CONTACTOR GF	C302	CONTACTOR GF	930E-1_	PCR	10,000	3000 Hrs	28,597
C302PANEL RECTIFICADOR	C302	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	PCR	6,000	3000 Hrs	2,418
C302PANEL RECTIFICADOR	C302	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	PCR	6,000	3000 Hrs	27,020
C302CONDENSADORES CIF	C302	CONDENSADORES CIF	930E-1_	COND	40,000	3000 Hrs	29,438
C302TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	C302	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	COND	30,000	3000 Hrs	29,438
C302TRUCK	C302	TRUCK	930E-1_	PCR	100,000	3000 Hrs	29,438
C302MODULO AFSE	C302	MODULO AFSE	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	6,951
C302MODULO AFSE	C302	MODULO AFSE	930E-1_	PCR	16,000	3000 Hrs	22,487
C302INVERSOR PM	C302	INVERSOR PM	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	2,418
C302INVERSOR PM	C302	INVERSOR PM	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	21,692
C302INVERSOR PM	C302	INVERSOR PM	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	5,328
C302MODULO CHOPPER	C302	MODULO CHOPPER	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	5,660
C302MODULO CHOPPER	C302	MODULO CHOPPER	930E-1_	PCR	20,000	3000 Hrs	23,778

Fuente: Elaboración Propia

### **3.6 Técnicas e instrumentos en la recolección de datos.**

#### **3.6.1 Técnicas de recolección de datos.**

- a. Para el análisis de la disponibilidad de los componentes críticos del gabinete de control en horas de funcionamiento antes de implementar el procedimiento de reparación, se utiliza la técnica documental denominada registro de reporte de horas de funcionamiento por componente de la flota komatsu del camión 1 -10.
- b. Para el análisis de la disponibilidad de los componentes críticos del gabinete de control en horas de funcionamiento Después de implementar el procedimiento de reparación, se utiliza la técnica documental denominada registro de reporte de horas de funcionamiento por componente de la flota komatsu del camión 11 -20.

#### **3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.**

- a. El instrumento de los registros de reportes de horas de funcionamiento de componentes de la flota komatsu es referenciada a la base de datos de monitoreo y trazabilidad por componentes críticos en funcionamiento (ver anexo D)
- b. El instrumento para evidenciar el motivo de reemplazo de componentes de la flota Komatsu es referenciada a la base de datos interna de monitoreo y trazabilidad. (ver anexo E)

### **3.7 Procedimiento de recolección de datos.**

El personal de planeamiento de la empresa minera a tajo abierto, posee información de reporte de horas de funcionamiento o factor de confiabilidad de componentes en las diferentes maquinas que ellos manejan, en tanto lo que se ha realizado es la revisión de la documentación de la muestra requerida por nuestro proyecto.

Se realizó el análisis de resultados de todos los componentes críticos de la maquina en enero del 2019, en el cual se pudo extraer solo componentes electrónicos y eléctricos que acarrear un costo de reparación alto y que tengan mayor criticidad en la máquina.

El análisis estadístico será basado en el T student que será justificada en el capítulo V de nuestro proyecto.

**CAPITULO IV**  
**DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA.**

## **4.1 Manipulación de la variable Independiente.**

### **4.1.1 Desarrollo del procedimiento de reparación de componentes.**

#### **4.1.1.1 Alcance.**

Este procedimiento puede ser aplicado para realizar reparaciones por overhaul en gabinetes de control pertenecientes a camiones eléctricos Komatsu 930E, Esta información contiene información aplicable para el desarme, evaluación y armado, así como pautas para pruebas con circuitos energizados y puesta en marcha con el equipo energizado, afianzándonos a un proceso de conservación de medio ambiente y cumpliendo con la normativa vigente de Seguridad y Salud Ocupacional.

#### **4.1.1.2 Responsabilidades.**

El siguiente procedimiento es aplicado para la reparación de gabinetes de control, para uso en talleres de reparación de componentes eléctricos y electrónicos, así como también el mantenimiento respectivo en cada una de las etapas que las establezcan dentro de cualquier organización dedicada a la reparación de estos componentes de la línea de camiones eléctricos Komatsu.

#### **4.1.1.3 Reglas Generales De Seguridad.**

Hacer el uso siempre de los implementos de seguridad de protección personal respectivos para cada tarea a realizar, el uso de EPP para cada tarea de desarmado, evaluación y mantenimiento y armado puede variar de acuerdo a la tarea específica que se esté desarrollando en un determinado proceso, así mismo hacer el uso las herramientas de control se seguridad como IPERC, ATS.

#### 4.1.1.4 Elementos de protección personal.



Figura 4.1 Elementos de protección personal.

Fuente: Epp mantenimiento industrial.

#### 4.1.1.5 Consideraciones Para El Proceso De Reparación.

Tabla 4.1 tabla de pesos del gabinete de control.

CONTROL GROUP MODEL 17KG 498			
Sub – Componentes	Cantidad	Peso en KG	Peso en lb
Gabinete de control ensamblado	1	3800	8360
Panel de control PCP Ensamblado	1	2850	6270
Panel de control TCI Ensamblado	1	950	2.090
Conjunto reactor DIT	6	168	369.6
Panel rectificador	1	55	121
Panel AFSE	1	45	99
Panel FP	1	15	33
Panel de tarjetas PCP	1	50	110
Panel de tarjetas TCI	1	35	77
Módulos de fase	12	420	924
Módulos Chopper	2	80	176
Condensadores de potencia CIF	12	480	1056.2
Fuente GDPC	1	35	77
Fuente SPS/PS	1	22	48.8
Fuente GDPS	1	50	120
Contactador de retardo RP.	3	90	198
Contactador de excitación de alternador GF	1	20	44
Harness Principal PCP	1	120	264
Harness de adaptación TCI	1	150	330

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.1.6 Tabla de torques en el proceso de reparación:



Grade 5

**TABLE I. -STANDARD TORQUE CHART  
SAE HEX HEAD CAPSCREW AND NUT ASSEMBLY  
(LUBRICATED THREADS) - TOLERANCES ±10%**

Grade 8



Cap-screw Thread Size	TORQUE - GRADE 5			TORQUE - GRADE 8			Cap-screw Thread Size	TORQUE - GRADE 5			TORQUE - GRADE 8		
	ft. lbs.	kg.m	N.m	ft. lbs.	kg.m	N.m		ft. lbs.	kg.m	N.m	ft. lbs.	kg.m	N.m
1/4-20	7	0.97	9.5	10	1.38	13.6	3/4-16	235	32.5	319	335	46.3	454
1/4-28	8	1.11	10.8	11	1.52	14.9	7/8-9	350	48.4	475	500	69.2	678
5/16-18	15	2.07	20.3	21	2.90	28	7/8-14	375	51.9	508	530	73.3	719
5/16-24	16	2.21	22	22	3.04	30	1.0-8	525	72.6	712	750	103.7	1017
3/8-16	25	3.46	34	35	4.84	47	1.0-12	560	77.4	759	790	109.3	1071
3/8-24	30	4.15	41	40	5.5	54	1.0-14	570	78.8	773	800	110.6	1085
7/16-14	40	5.5	54	58	8.0	79	1 1/8-7	650	89.9	881	1050	145	1424
7/16-20	45	6.2	61	62	8.57	84	1 1/8-12	700	96.8	949	1140	158	1546
1/2-13	65	9	88	90	12.4	122	1 1/4-7	910	125.9	1234	1480	205	2007
1/2-20	70	9.7	95	95	13.1	129	1 1/4-12	975	134.8	1322	1580	219	2142
9/16-12	90	12.4	122	125	17.3	169	1 3/8-6	1200	166	1627	1940	268	2630
9/16-18	95	13.1	129	135	18.7	183	1 3/8-12	1310	181	1776	2120	293	2874
5/8-11	125	17.3	169	175	24.2	237	1 1/2-6	1580	219	2142	2560	354	3471
5/8-18	135	18.7	183	190	26.2	258	1 1/2-12	1700	235	2305	2770	383	3756
3/4-10	220	30.4	298	310	42.8	420							

1 ft. lbs. = 0.138 kg.m = 1.356 N.m

Figura 4.2 Lista de torque de pernos.

Fuente: Manual de reparación SM 930E-1.

#### 4.1.1.7 Inspección previa al Proceso de Reparación.

- a. Evaluación del entorno de trabajo dentro de las instalaciones de taller en donde se desarrollará las reparaciones de componentes mayores, haciendo énfasis en zonas de trabajos y zonas de seguridad ante circunstancias no controlables.
- b. Revisión del procedimiento de izaje y traslado de componentes dentro de las instalaciones del taller de reparación.
- c. Coordinar el inicio del proceso de armado con el supervisor de taller y el planificador de taller asociado al área de trabajo, así mismo determinar responsabilidades al iniciar el proceso de armado de los gabinetes de control involucrando personal altamente capacitado por el grado de criticidad que tiene cada tarea a realizar.
- d. Revisión y coordinar con el personal administrativo de taller acerca de las diferentes herramientas y equipos a utilizar en el proceso de armado.

- e. El proceso de reparación de gabinetes de control, es un proceso abierto por el cual la mejora continua en el proceso se determina bajo evaluación del personal Técnico especialista, especialista de calidad y supervisor responsable del proceso, por lo cual el personal administrativo determinara las aprobaciones de las reparaciones y todo el personal operativo está enfocado a realizar las diferentes tareas rigiéndose en manuales de reparación, check list de pre armado, check list de liberación, servicio de trabajos terceros. Así mismo se irán teniendo mejorar las cuales estarán detallas en mejoras las cuales estarán detallan en boletines informativos.
  
- f. La utilización de los check list de reparación para cada uno de los componentes críticos deben desarrollarse en estricto control del personal de calidad responsable que se cumplan los puntos críticos descritos dentro del documento interno.

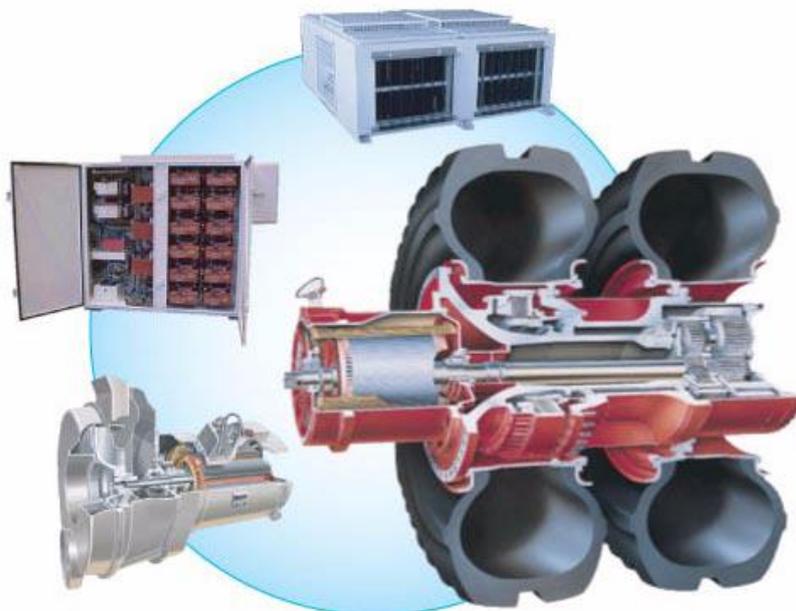


Figura 4.3 Imagen muestra del manual de reparación.  
Fuente: Manual de reparación sistemas de potencia 930E-1



**Advertencia:** Antes de realizar cualquier trabajo de izaje, se debe revisar los elementos de trabajo, estado físico, revisión periódica y llenar ficha de conformidad de uso, no utilizar elementos dañados. Potencial riesgo de aplastamiento y atrapamiento, en caso de encontrar elementos dañados por en fuera de servicio y derivar al área encargada.

#### 4.1.2 Procedimiento de armado.

Proceso de Pre armado de componentes críticos y reparación (Se desarrollará el proceso de Acondicionamiento de subcomponentes- Pre armado, Proceso de armado, Etapas de Pruebas Finales).

#### 4.1.3 Conjunto PSC.

##### 4.1.3.1 Acondicionamiento y Reparación de harness PCP.

Al iniciar el trabajo de reparación del harness principal, disponga de los equipos y herramientas adecuadas para realizar dicha tarea, se deberán evaluar los siguientes puntos críticos.

- a. Revisión de conductores de control de sistema de 24V, revisión de la resistencia entre conductores no debe ser mayor a 0.2 – 0.5  $\Omega$ .
- b. Revisión del estado del aislante de los cables de control y sistema de 24V, Reparar si es necesario (En la reparación de conductores no está permitido el uso de empalmes por conectores prensables debe usarse soldadura blanda se detalla a continuación el kit básico de soldeo.
  - Soldador de estaño con temperatura regulable
  - Estaño de 60% – 40%
  - Base de soldador y base para la pieza a soldar
  - Líquido o pasta de limpieza.

- Esponja de cobre o material áspero para limpieza de punta de contacto.
- Kit de pinzas para trabajos de presión.
- Herramienta de succión de estaño.
- Base y pinzas de sujeción multifunción.



Figura 4.4 conjunto de soldadura blanda.

Fuente: Soldadura con estado para electrónica.

- c. Revisión del etiquetado de conexiones, validar cada uno de los conductores en base al manual de mantenimiento y reparación (**Shop Manual 930E-2 A30296, A30297, A30300**).
- d. En la reparación de cables de potencia se debe verificar, estado del conductor interno, verificar el aislante térmico, verificar la flexibilidad del conductor esta debe mantener una rigidez media.
  - Uso de pistola de calor regulable HGH 630 DCE BOSH.
  - Cinta termoaislante WOER RFSR-H TUBE 125° Ø 8 ,10, 12.
  - Etiquetadora Brady BMP21-PLUS (Diferentes cartuchos, referirse a estándar M21-750-430-BL, M21-750-430-YL.



#### 4.1.3.2 Pre armado y acondicionamiento de cables de potencia.

EL proceso de acondicionamiento de cables de potencia con NP CH2205, debe realizarse bajo los siguientes criterios y mediciones para el corte del mismo.

- a. Realizar el corte de los cables de potencia a la medida especificada en la tabla N°12 (**medida de cables de potencia y codificación**)
- b. Instalación de prensaestopas de aseguramiento y posicionamiento en el chasis del gabinete de control.
- c. Se requiere el uso de los terminales Panduit de 250 amp con agujero de paso de 1/2" estañado, referido para cables de potencia de 313kcmil de diámetro de conductor.
- d. Uso de prensa terminal Hidráulico Modelo YQK-300 uso de los aditamentos para apriete para cable 313kcmil.
- e. Validar el asentamiento de los bloques de presión para asegurar un correcto prensado.
- f. Realizar el revestimiento de las puntas de los cables de potencia una vez prensado y realizar el etiquetado correspondiente para su instalación en el chasis del gabinete de control.

Tabla 4.2 tabla de medidas de cables de potencia.

MEDIDA DE CABLES DE POTENCIA Y CODIFICACION			
ITEM	CODIGO SEGÚN PLANO	MEDIDA ESTÁNDAR	UBICACIÓN
1	DIT2C3	118cm	REACTOR ASSEMBLY
2	DIT2B3	110cm	REACTOR ASSEMBLY
3	DIT2A3	115cm	REACTOR ASSEMBLY
4	DIT1B1	165cm	REACTOR ASSEMBLY
5	DIT2A1	172cm	REACTOR ASSEMBLY
6	DIT2B1	170cm	REACTOR ASSEMBLY
7	DIT1B3	196cm	REACTOR ASSEMBLY
8	DIT1A3	196cm	REACTOR ASSEMBLY
9	DIT1C1	176cm	REACTOR ASSEMBLY
10	DIT1C3	205cm	REACTOR ASSEMBLY
11	DIT2C1	173cm	REACTOR ASSEMBLY
12	DIT1A1	172cm	REACTOR ASSEMBLY
13	F201	208cm	CONTACTOR BOX
14	DCNF05	195cm	CONTACTOR BOX
15	DCN04	120cm	CONTACTOR BOX
16	DCN05	125cm	CONTACTOR BOX
17	DCN06	208cm	CONTACTOR BOX
18	DCN07	150cm	CONTACTOR BOX
19	BMFF05	110cm	CONTACTOR BOX
20	BMFF05	120cm	CONTACTOR BOX

**Referirse a plano y ubicación al Shop Manual 930E-2 A30296, A30297, A30300.**

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.3.3 Pre armado de reactor DIT.

El acondicionamiento de las bobinas DIT, es crítico y se tiene que tener varios puntos de monitoreo en fin de no tener reprocesos o fallas prematuras de los componentes.

- a. Revisión de los componentes evaluados, verificar que no presenten daño por erosión eléctrica, daños por impacto, suciedad excesiva por mal almacenamiento **(De encontrar alguna observación derivar al supervisor de taller para tomar una decisión).**

- b. Validación del trabajo tercero (se tiene 04 pernos de 5/16 - 18 UNC X 8 5/16" los cuales deben estar fijados a la base de Baquelita inferior, ajustar con una llave de torque a 15 Lb/ft y proceder al soldeo por arco eléctrico en la cabeza de la tuerca como traba, así mismo se tiene 02 espárragos de 5/16 -18 UNC X 8 5/16" los cuales deben estar ajustados a 15 Lb/ft, determinar el soldeo de la cabeza de la tuerca de sujeción.



Figura 4.5 Reactor assembly en reparación.

Fuente: Reparación de Reactor assembly DIT.

- c. Realizar la limpieza respectiva después de realizar los trabajos de reparación, uso de aire limpio para evitar impurezas al momento de realizar el pintado y barnizado correspondiente.
- d. Realizar el pintado de color negro oscuro, con pintura aislante negra de las siguientes características **Aerosol Scotch 1601** teniendo como cuidado aislar las zonas de contactor eléctrico.
- e. Barnizado en conjunto con **Barniz aislante insulater sealing 3M-16 oz**, Se sugiere utilizar **dos capas** protectoras para preservar la presentación y la calidad del trabajo.



Figura 4.6 Mantenimiento del Reactor Assembly.

Fuente: Reparación de Reactor Assembly DIT.

- f. Instalación de barras de potencia de unión entre fase (validar la rugosidad del material adicionado esta de estar entre 0.1-0.5  $\mu\text{m}$ ).
- g. Instalar los pernos de sujeción de  $\frac{1}{2}$ " – 18 UNC x 2.5", validar el ajuste de los mismos a un torque de 60 Lb/ft +/- 5, Realizar el procedimiento de marca estándar según manual de ruteo de conexiones (para evidenciar que se cumpla el Procedimiento de garantía si es que hubiese).
- h. Realizar los test finales de prueba en vacío. La prueba de megado de las bobinas una vez realizado el mantenimiento, para lo cual utilizamos un **equipo megómetro digital inteligente MD-5060x MEGABRAS o BAKER DX SKF Static Motor Analyzers** el valor de megado mínimo ser a de **20G $\Omega$** .
- i. Realizar el rotulado y embalado correspondiente y almacenar para realizar su instalación correspondiente, así mismo todo el registro fotográfico de las pruebas realizadas en el proceso de reparación y adjuntarlo en el informe final.



Figura 4.7 Puntos de control en la reparación del Reactor Assembly.

Fuente: Reparación de Reactor assembly DIT

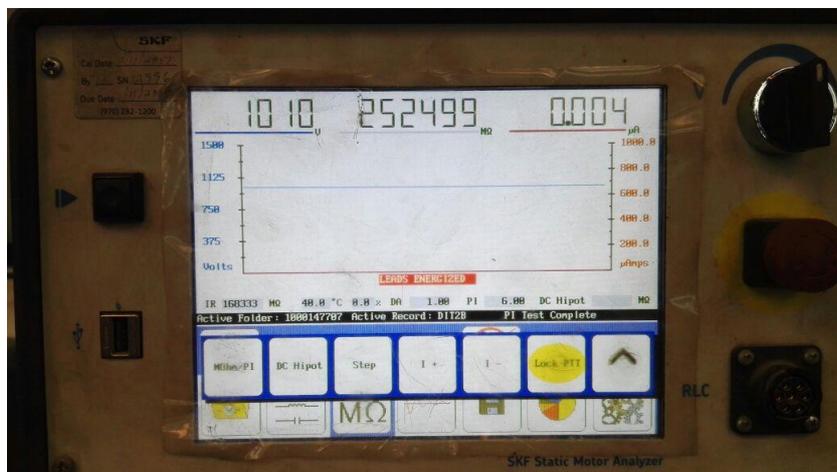


Figura 4.8 Prueba de megado con Baker SKF Statics

Fuente: Reparación de Reactor assembly DIT

- j. La prueba de megado debe realizarse en referencia a masa siempre que el equipo presente la ficha de inspección actualizada (nunca utilizar equipos descalabrados esto puede acarrear fallas catastróficas)

- k. Luego de realizar el conexionado se procede a energizar el Reactor assembly a 1000 V durante un periodo de 10 min para determinar el IP Y DAR.
- l. Regirse para el análisis final a las tablas de índice de absorción dieléctrica e índice de polarización.

Tabla 4.3 tabla de pruebas de índice de polarización.

Índice de polarización de la condición de aislamiento	
<1	Pobre
1-2	Cuestionable
2-4	OK
>4	Bueno

Fuente: Batería de test eléctricos de reparación de componentes.

Tabla 4.4 tabla de prueba de DAR.

Índice de absorción del dieléctrico	Calificación del aislamiento
$IA < 1$	Insatisfactorio
$1 < IA \leq 1.25$	Dudoso
$1.25 < IA \leq 1.4$	Aceptable
$1.40 < IA < 1.6$	Bueno
$IA \leq 1.6$	Muy bueno

Fuente: Batería de test eléctricos de reparación de componentes.

#### 4.1.3.4 Pre armado de condensadores de Potencia.

El acondicionamiento de condensadores de potencia es fundamental para garantizar que la carga del sistema en base a energía reactiva.

- a. Revisión de los componentes evaluados, verificar que no presenten daño por erosión eléctrica, daños por impacto, suciedad excesiva por mal almacenamiento (*De encontrar alguna observación derivar al supervisor de taller para tomar una decisión*).
- b. Revisión de los cables de potencia Cant. 24 en un modelo de gabinete 17KG498A-B-C y 16 en un modelo 17KG498D-E, Validar que el aislante se encuentre sin fisura, contaminación o erosión eléctrica, se deberá verificar la

flexibilidad del aislante esta debe presentar una rigidez normal; verificar los terminales, realizar limpieza del terminal de conexión.

- c. Instalación de los empaques de asentamiento de la base de los condensadores realizar el proceso con espuma elastomerica con las siguientes dimensiones.

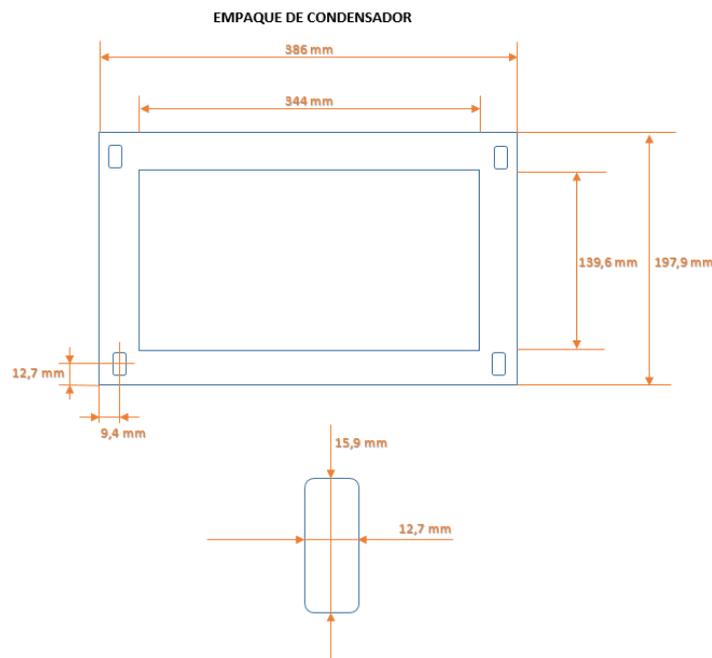


Figura 4.9 Medidas para empaque de alta temperatura.

Fuente: Elaboración Propia.

- d. Validar el estado de las barras de soporte de los cables de potencia, Estas deben presentar una rugosidad entre 0.1 – 0.5 um determinarlo con un rugosímetro calibrado.
- e. Trasladar a un área segura de trabajo los condensadores para su preparación, validar el estado de los marcos y el encapsulado por fisuras y fuga de líquido electrolítica.

- f. Instalar los cables de potencia, realizar el ajuste con una llave calibrado de torque a un valor de 15Lb/ft +/- 3 a los pernos de 5/16"- 18 UNC 3/4".
- g. Instalar los adaptadores de protección.

Tabla 4.5 Evaluación y validación de condensador de potencia.

	
<p>Prueba del swicht de presión del condensador valor de referencian 0.2-0.5 Ω</p>	<p>Prueba de capacitancia del condensador de potencia valor de referencia 2160uf +/- 5</p>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.3.5 Acondicionamiento de bases de módulos de fase PM1-2.

El acondicionamiento de las bases de los módulos de fase representa un punto crítico en fin de poder garantizar el correcto funcionamiento en la fase de prueba en el gabinete de control, se recomienda el seguimiento de cada una de las pautas en fin de evitar fallas prematuras.

- a. Revisión de los componentes evaluados, verificar que no presenten daño por erosión eléctrica, daños por impacto, suciedad excesiva por mal almacenamiento **(De encontrar alguna observación derivar al supervisor de taller para tomar una decisión).**

- b. Instalación de los espárragos con NP GE0254 con características STUD -5/8" -11 NC X 15 3/4", utilizar LOCTITE 242 en la periferia inferior del esparrago en forma moderada, aplica un torque referencial de 60Lb/ft +/- 10 (El torque es referencial ya que la base de asentamiento es cónica y de un material de cobre estañado).
- c. Instalación de empaque inferior 01 y superior 04 de la base de módulo de fase en base a los siguientes planos adjuntos.

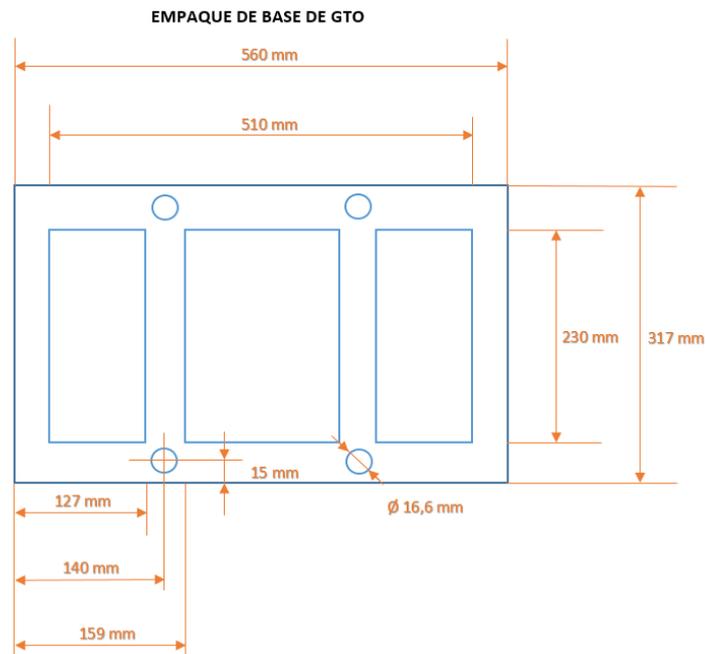


Figura 4.10 Medidas para empaque de base de inversor.  
Fuente: Elaboración Propia.

**EMPAQUE DE ALTA TEMPERATURA DE BASE DE GTO**

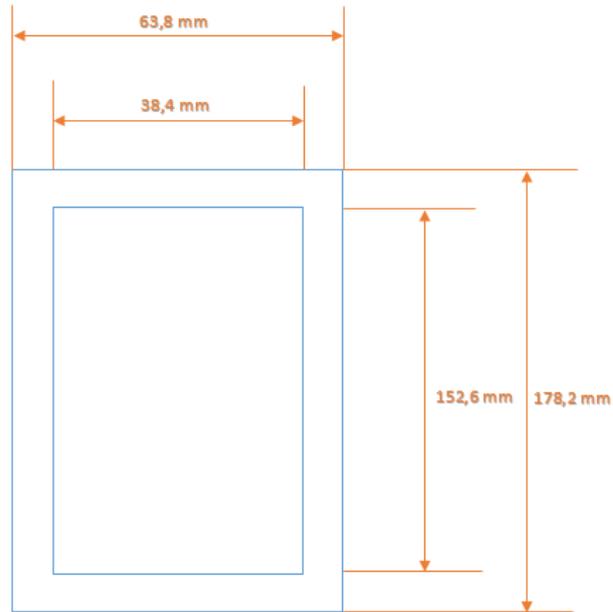


Figura 4.11 Medidas para empaque pequeño de base de inversor.

Fuente: Elaboración Propia.

- d. Instalación de barras en L, revisar el trabajo tercero de recuperación de partes, estas deben estar lisos sin presencia de irregularidades en la superficie de contacto, la rugosidad de las barras debe estar en un valor de 0.1-0.5um

Tabla 4.6 Insumos para reparación de bases de módulos de fase.

	
<p>Uso de loctite 242 para pernos de <math>\frac{1}{2}'' - \frac{3}{4}''</math></p>	<p>Uso de espuma elastómera de <math>\frac{3}{8}''</math> thermoflex</p>

Fuente: Elaboración Propia.

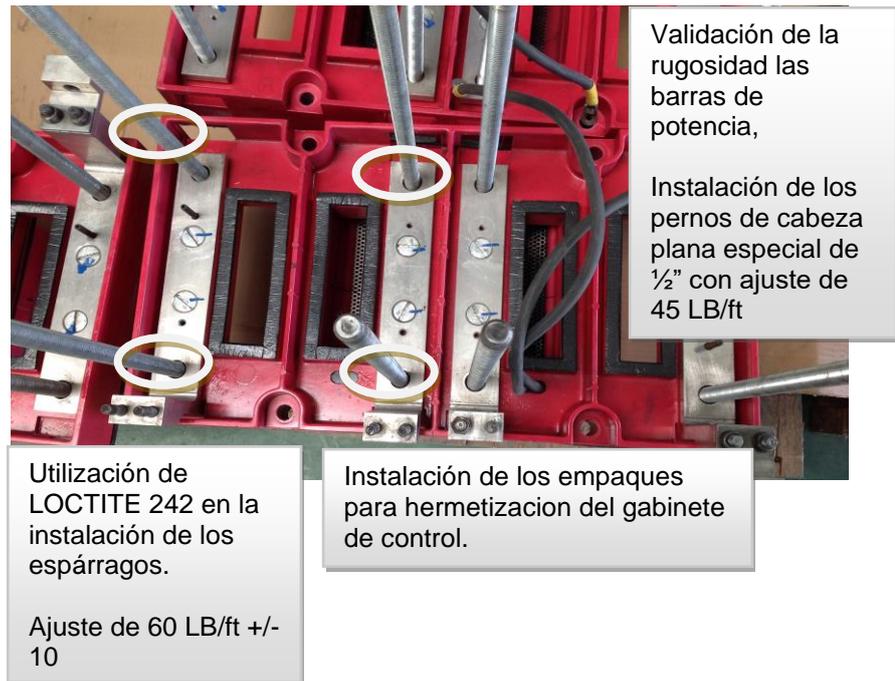


Figura 4.12 Puntos críticos para base de módulo de fase.

Fuente: Elaboración Propia.

- e. Realizar las pruebas finales a las resistencias de disipación de energía, el valor de referencia es 0.30-0.40  $\Omega$  en las bases de módulos de fase, y el valor de resistencia en las bases de los módulos chopper es 6 – 6.5  $\Omega$ .

Tabla 4.7 Mediciones de resistencias para bases PM.

<p>Validar la resistencia de panel debe estar entre <b>0.30-0.40 <math>\Omega</math></b></p>	<p>Validar la resistencia del panel chopper debe estar entre <b>6 – 6.5 <math>\Omega</math></b> la disposición de las resistencias está en paralelo.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.3.6 Acondicionamiento de bus bar MT1-MT2.

El acondicionamiento de los bus bar DC link es un proceso crítico que debe ser realizado por personal capacitado, se recomienda realizar cada uno de los puntos mencionados para realizar las tareas de mantenimiento y preparación para instalación, Los componentes a acondicionar son 2 (dos).

- a. La revisión de componentes que han sido evaluados, debe realizarse minuciosamente ya que el material aislante es delicado y cualquier golpe en el almacenamiento podría dañar este material. **(De encontrar alguna observación derivar al supervisor de taller para tomar una decisión.**
- b. Verificar el informe de evaluación, para validar si no se tiene trabajos terceros pendiente en los componentes a realizar los trabajos, tener conformidad sobre los repuestos a utilizar en todo el proceso de pre armado.
- c. Realizar el proceso de limpieza con aire **seco a 50 psi**, luego trasladar a la zona de pintado que este fuera del área de contacto con el personal de taller, realizar el barnizado de la parte aislante con **Barniz rojo aislante en spray 3M-16 oz**, realizar el barnizado en forma constante para no tener capas superpuestas y se tenga una calidad deficiente.
- d. Realizar la limpieza de los espárragos de 5/16" luego instalas los bloques de asentamiento de las barras de potencia a un torque referencia de **15/LB/ft +/-3**.
- e. Realizar el test de pruebas finales, realizar la prueba de Megado a **1000 V** a la barra de potencia el valor referencia de prueba es **50 GΩ**, además realizar la prueba de **HYPOT a 2800V** en un tiempo de **1 min**, verificar la corriente de fuga en el sistema no debe ser superior a **30ma**.

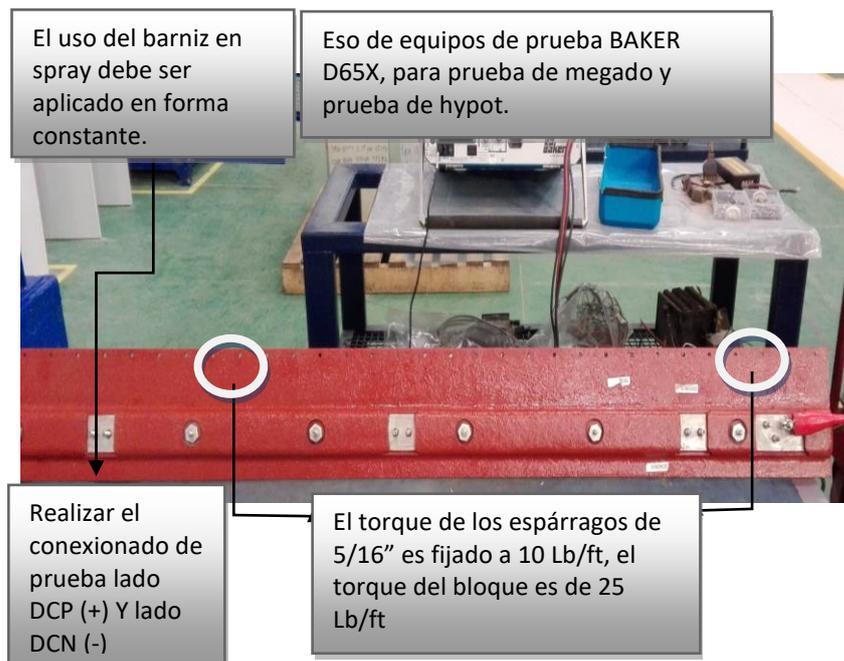


Figura 4.13 Bus bar DC LINK.

Fuente: Elaboración propia.

- f. Realizar el etiquetado correspondiente y el registro fotográfico de los códigos información y garantía de los componentes de taller **(En caso no obtener los resultados de las pruebas informar al supervisor para proceder a un reproceso).**

**PRECAUCION:** Use guantes adecuados para la realización de las tareas de prueba con alto voltaje como es la prueba de Megado y La prueba de Hypot. Potencial riesgos de electrocución, se recomiendo el uso de guantes dieléctricos para realizar las pruebas.

#### 4.1.3.7 Pre armado del panel rectificador RD 17FM528.

El pre armado de panel rectificador es fundamental ya que es el encargado de rectificar la corriente trifásica y enviarla a barras link DC, cada uno de los pasos de mantenimiento y regulación **(las principales fallas en el sistema de potencia son ocasionados por malas reparaciones en el panel Rectificador)**



Figura 4.14 Rectificador Principal 17FM521

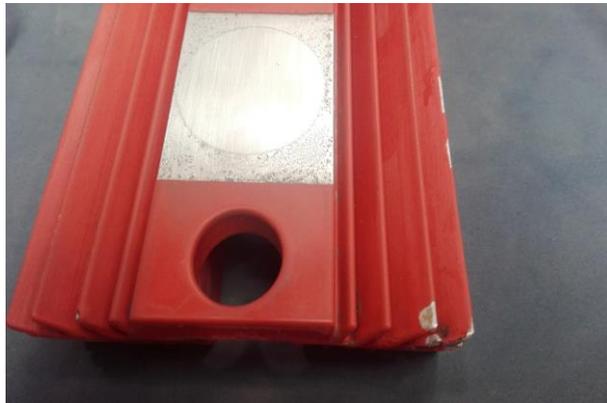
Fuente: Elaboración Propia

- a. Antes de iniciar el proceso de armado verificar los repuestos a utilizar por overhaul, validar el correcto estado de las partes a reutilizar (que estén limpios de material contaminante, daños por impacto y electroerosión).
  
- b. Realizar el armado del conjunto Heat Sink, para lo cual debemos tener los repuestos con **NP XA2154 cant. 06**, aplica **SILICON OIL (250 ml) PRODUCT CODE 5FSE704857-28** y aplicar la siguiente metodología de armado básico del Panel.
  
- c. Una vez realizada la prueba dinámica final, realizar el llenado del check list y almacenarla en la documentación de la reparación; Realizar el rotulado y etiquetados del panel Rectificador y enviarlo a zona de instalación de componentes.

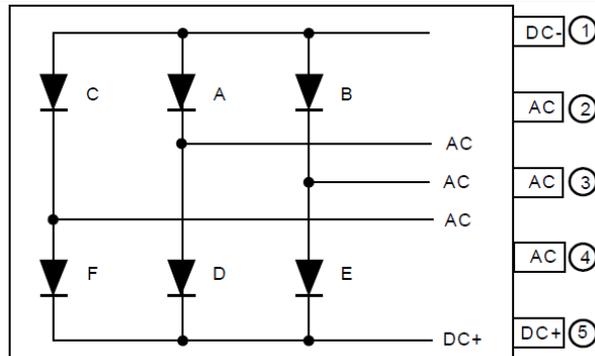
Tabla 4.8 Proceso de ensamble y Pruebas de panel rectificador.



1. Revisión de la caja del panel rectificador e instalar las barras de soporte y traslado.



2. Revisión de los disiparos de calor a reutilizar, reparar en el caso que así aplique con resina epoxica con NP GE2531.



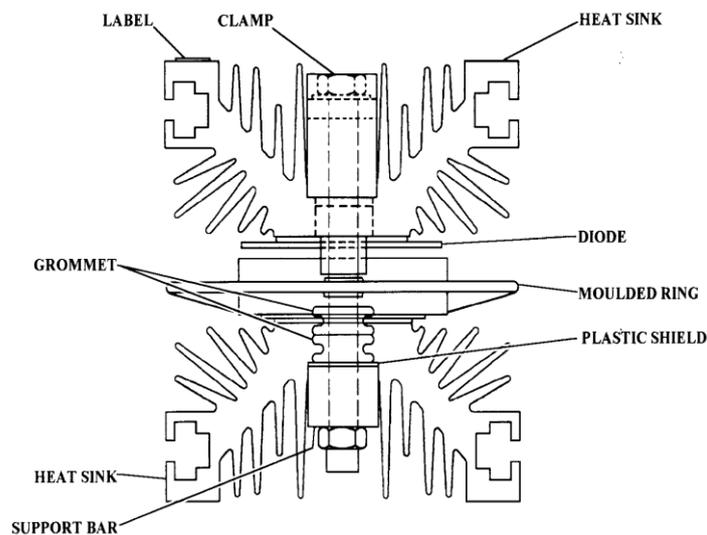
3. El siguiente esquema eléctrico es la disposición de los diodos dentro de la caja de panel rectificador, así que la disposición y polaridad de los diodos de potencia deben determinarse respetando el esquema eléctrico.



4. Validar la rugosidad de la cara de contacto de los diodos de potencia esta debe estar entre Ra. 0.1-0.5  $\mu\text{m}$ , así misma las barras de potencia que serán instaladas en Panel.



. Ajustar los pernos de sujeción del clamp de soporte alternadamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta a la vez, el ajuste angular debe estar dado a un valor de  $0.044'' \pm 0.004$ , Registrar en CL.



6. EL siguiente diagrama básico es la disposición de las placas disipadoras y el semiconductor de potencia y cada uno de los componentes con las que está conformado, realizar el ajuste alternadamente en base al manual de servicio.



7. Realizar la instalacion de lo heat sink de forma equitativa, todos bloques deben estar centrado se sugiere las siguiente medidas (lado AK : 15mm, lado disipador de calor : 8.5 mm y 10.5mm respectivamente).



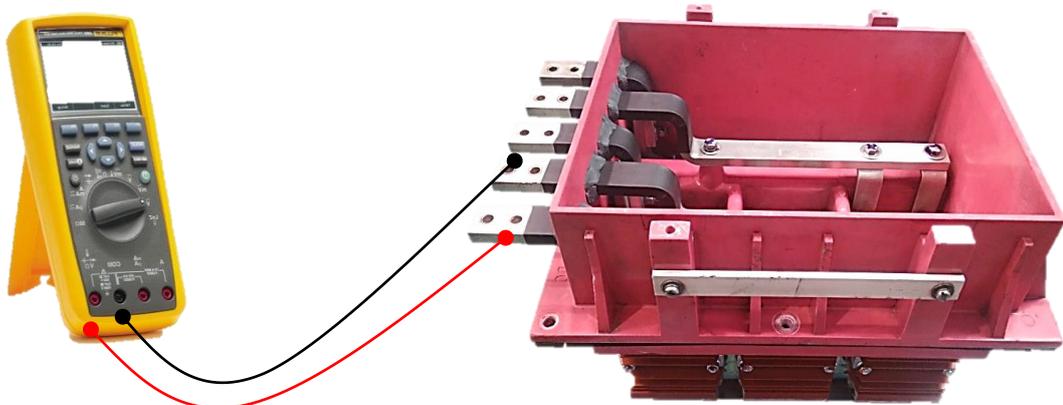
8. La separación interna está definido de la siguiente manera lado AK: 10.5mm y lado vertical superior entre heat sink: 3.5 mm



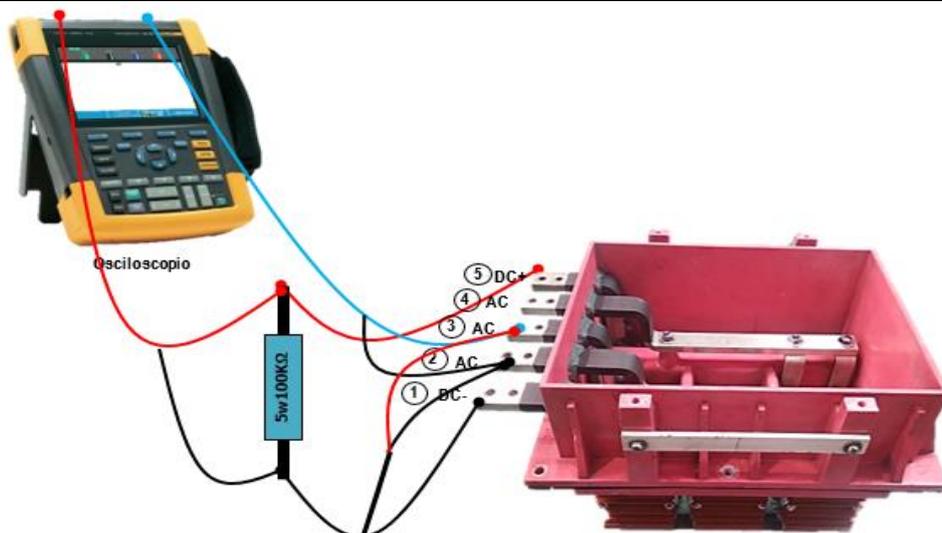
9. Ajustar los pernos de 5/16" – 18 UN X 1 ½" con una llave de torque calibrada a un valor de 15 Lb/ft en forma alternada, seguir lo siguiente perno torqueado perno marcado.



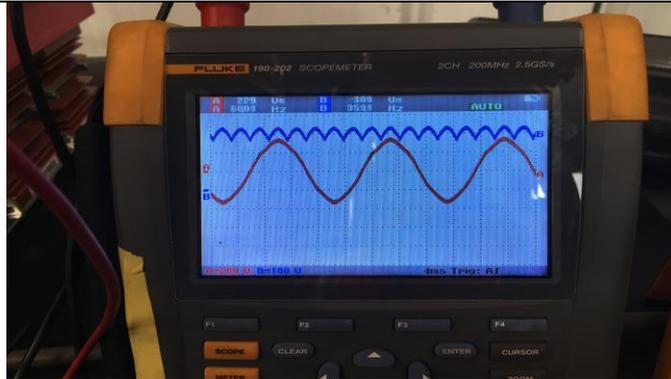
10. Ajustar los pernos de 5/16" – 18 UN X 3" con una llave de torque calibrada a un valor de 15 Lb/ft en forma alternada, seguir lo siguiente perno torqueado perno marcado. Así mismo dar un apriete de 25 Lb/ft a los pernos de 3/8"-18 NC X2".



11. Realizar las pruebas finales en vacío, revisando la polaridad de los diodos y viendo en la escala de diodo a un valor de referencia de 0.300 -0.350 VDC, Así mismo registrando el valor resistencia en escala de Ohmios  
valor en directa baja resistencia en  $K\Omega$  , en inversa se tiene una valor de alta resistencia en  $M\Omega$ .



12. Realizar el proceso de prueba dinámica del panel rectificador, conecte en los terminales AC1, AC2, AC3, la conexión alterna trifásica de línea de 220 VAC aprox, conecte el canal A del osciloscopio en ajuste de lectura de AC/RMS, Luego instale en los terminales (+) Y (-) Una resistencia de una potencia de 5w para evacuar la corriente retenida en la prueba; Instale el canal B del osciloscopio de 5 K $\Omega$  en los terminales (+) y (-) realizar el ajuste necesario.



14. El valor resultante de la prueba dinámica debe ser: Alimentación de línea 220 VAC a 60Hz y una salida rectificada de 305-315 VDC a una frecuencia de 350-360 HZ en DC.



15. Verificar la temperatura de los componentes internos después de la prueba dinámica realizada el valor de referencia por NOW HOW debería estar entre 20-30 °C en un periodo de tiempo de 30 Minutos de prueba.

Fuente: Elaboración Propia

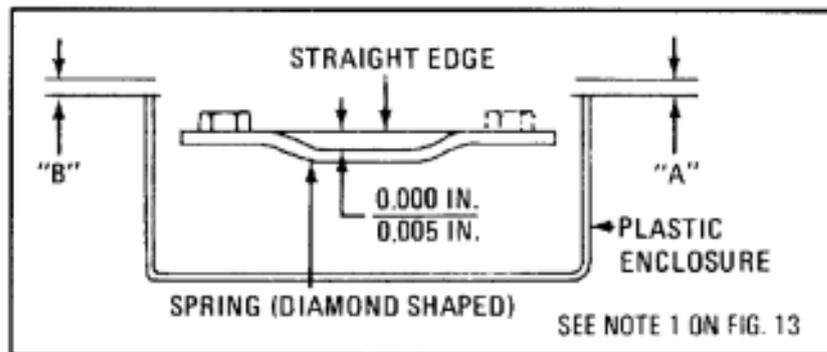
#### 4.1.3.8 Pre armado de Panel AFSE 17FM466.

El proceso de acondicionamiento de armado de panel AFSE es Critico ya que es el encargado de suministrar la energía al sistema de excitación del camión Komatsu, los puntos mencionados para realizar el pre armado de componentes que son críticos y deben realizarse por personal técnico capacitado.

- a. Revisar los repuestos dispuestos para la reparación (**referirse al informe técnico de evaluación**), validar el estado de la caja del panel AFSE, revisión de cableado interno del panel (reparar si es necesario con cable **14 AWG 2000vdc a 125°C**”).
- b. Conteo y selección de repuestos del panel AFSE, realizar la limpieza de la carcasa y subcomponentes para su instalación correspondiente use (**limpia contactos 16 oz 3M, y 3 en 1 Limpiador en base a espuma.**); **Validar el estado de las barras del rectificador (2um de espesor de zinc).**
- c. Para el proceso de regulación de los tiristores de potencia y los diodos de rectificación y ruteo de cables seguir los siguientes pasos, así como para las pruebas finales.

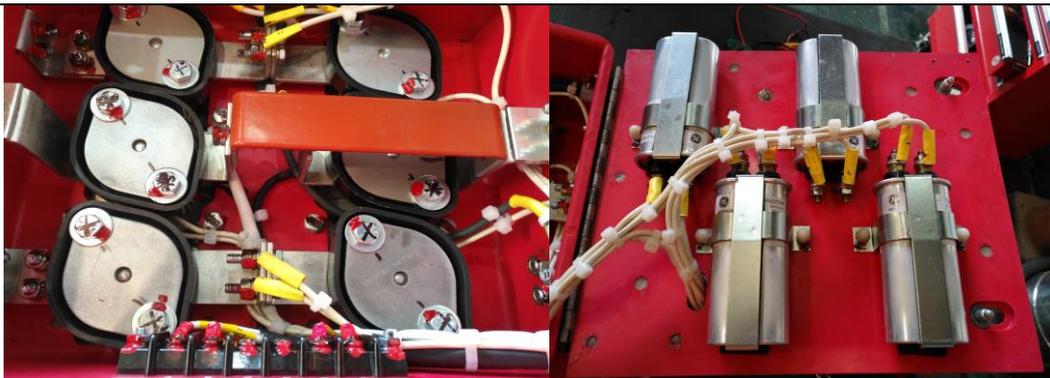
Tabla 4.9 Proceso de ensamble y Pruebas al panel AFSE.





Instalación y ajuste de los diodos rectificadores (D1, D2), tiristores (SCR1, SCR2, SCR3, SCR4). Validar asentamiento correcto de los diodos usando SILICON OIL (5FSE704857-28).

**Validar el ajuste de HEAT SINK ASSEMBLY, la medición debe estar en 8 lb ft +/- 2, verificar la planitud correcta de la placa de flexión (0.002in entre la zona superior) (2).**



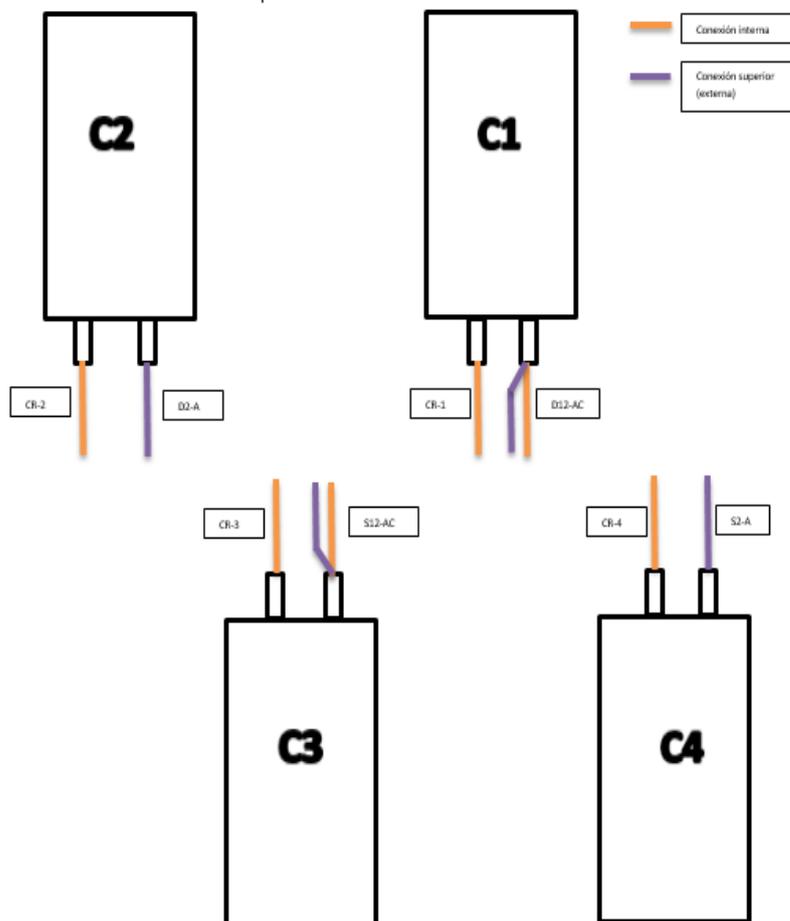
Acondicionamiento, limpieza de terminales (cambio de terminales de resistencia R1, R2, R3, R4), conductores de 24v. Acondicionamiento, limpieza de terminales y condensadores (C1, C2, C3, C4), conductores de 24v (realizar cualquier reparación con el cable 14 AWG 2000vdc a 125°C).

**Validar conexión (realizar el punto a punto) según el manual (INTRUCCIONS ALTERNATOR FIELD STATIC 17FM466) Aplica para 930E-1(2). (3) (seguir el cableado correspondiente al siguiente ejemplo gráfico.**

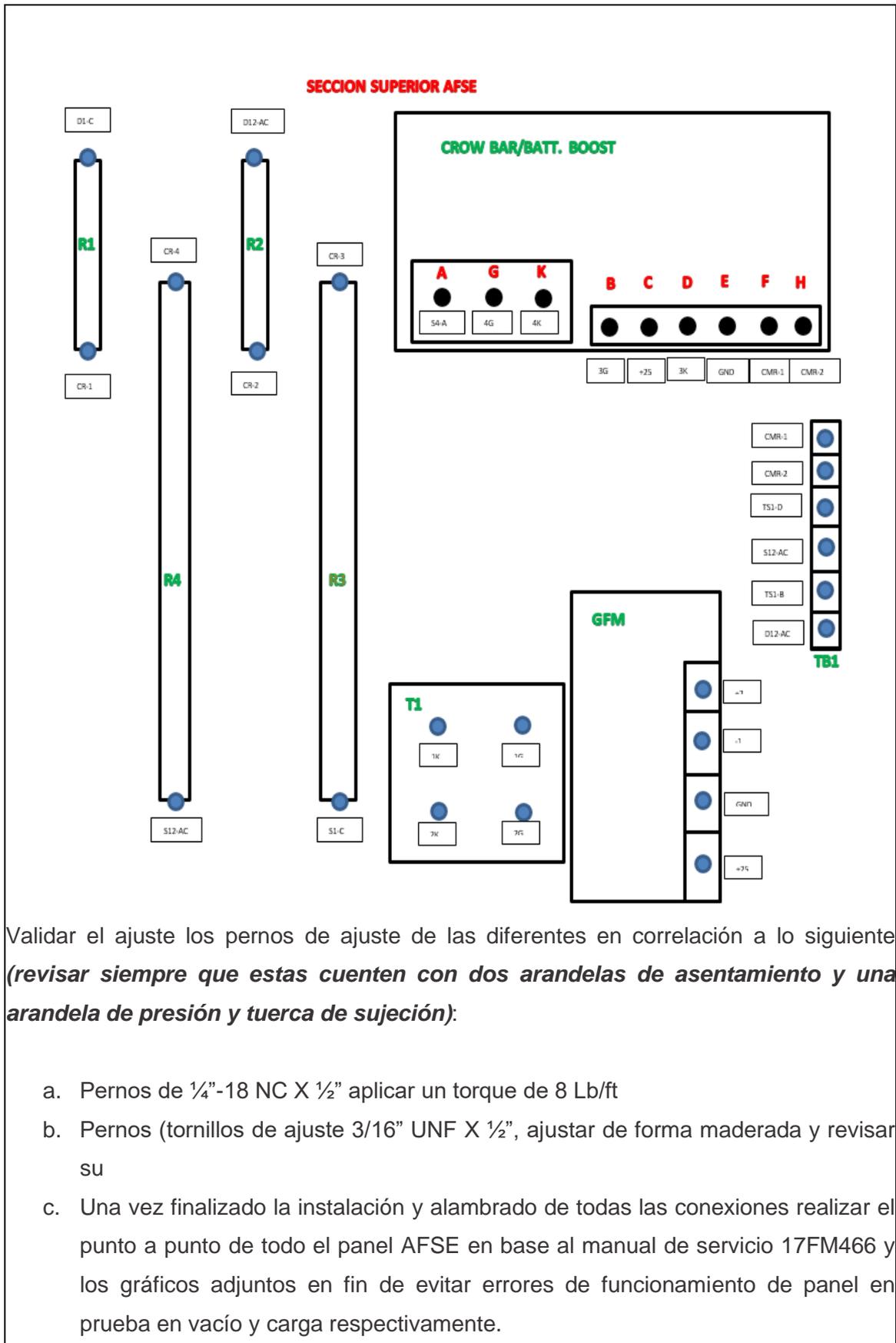


Las unidades de Presspak tienen una abrazadera de resorte integral (acero en forma de diamante) que debe ser comprimido uniformemente a un valor específico. Incluso la presión específica permite la conductividad adecuada sin daños. La presión de montaje desigual o incorrecta puede causar

### CONDENSADORES (INTERIOR AFSE)



Hay un circuito de condensador / resistencia a través de los semiconductores SCR1, SCR2, D1 y D2. Estos condensadores pueden ser Compruebe si hay un circuito abierto o cortocircuito con un analizador de condensadores. El analizador de capacitores debe tener rangos de escala de ohmios de 0 a 10,000, 0 a 100,00, 0 a 1 megas, y 0 a 10 megas





## GENERAL ELECTRIC

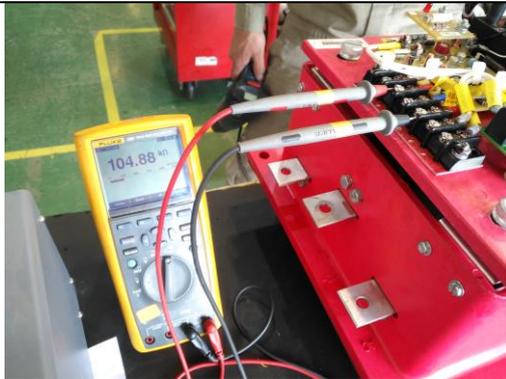
- f. Realizar el conexionado de prueba de GFM
- g. Validar la alimentación en fuente de 25VDC en terminales (+25) Y (GND-)
- h. Validar la frecuencia de disparo la cual varia en 5KHz en (+2) (-1)
- i. Validar el disparo de onda a 20v RMS en (+2) (-1).



Revisión del valor de resistencia de los tiristores (una regulación adecuada debe tener entre  $0.1-0.3\Omega$ )



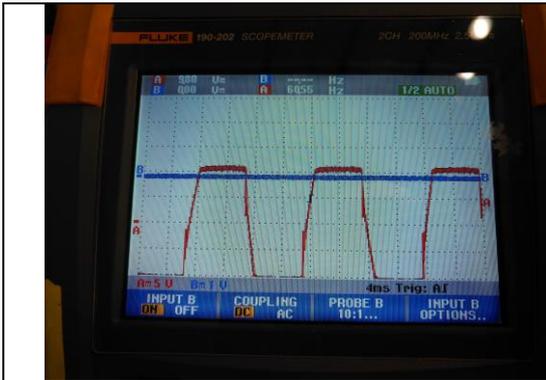
Revisión de la tensión de conducción de los diodos D1-D2 el valor debe estar entre  $0.3-0.4$  VDC.



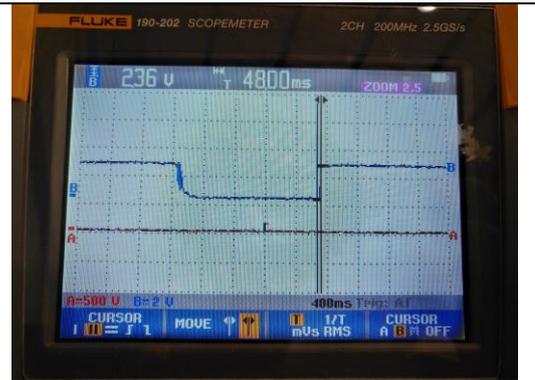
Revisar el funcionamiento del sensor de temperatura, El sensor es un tipo NTC su valor debe variar entre ( $140$  K $\Omega$  hasta  $80$  K $\Omega$ ) a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ .



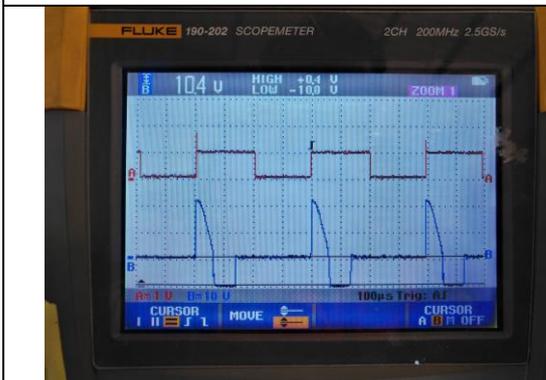
Preparación para prueba en vacío de las tarjetas de control battery boost y GFM (*se requiere de un osciloscopio y generador de funciones y fuente eléctrica variable de 30VDC.*)



El valor de corte del tiristor SCR3 debe dar a un valor de **10 VAC rms**, cuando se da la autoexcitación del alternador, el valor de regulación del Resistencia variable P1 debe estar entre 6000  $\Omega$ .



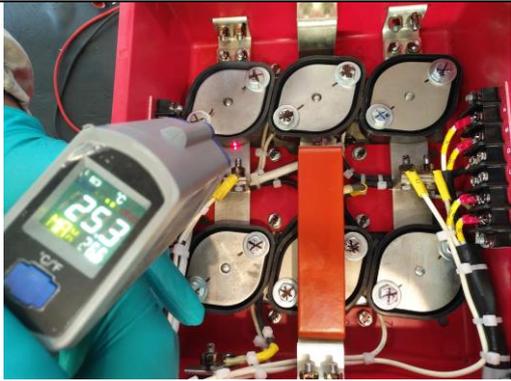
El tiempo de respuesta para el disparo del tiristor SCR3 debe estar comprendido entre **40-60 ms**, un tiempo mayor podría generar que la autoexcitación se retrase.



La prueba de la tarjeta GFM del panel del alternador representa la amplificación del pulso enviado por la tarjeta 17FB143 Analógica, esta debe tener un ancho de pulso constante de 20VDC (+) con un tensión inversa de -10VDC, la entrada de voltaje está representada en 0.2 VDC a una frecuencia de 3.5 KHz.



Realizar el disparo de los tiristores SCR1, SCR2, SCR3, SCR4 en vacío el valor de referencia es 0.8-0.9 VDC, a un valor de disparo de 16 VDC, esto debe ser registrado y validado.

	
<p>Verificación la temperatura de los componentes después de la prueba, estas deben estar en el parámetro correcto entre 20-30°C.</p>	<p>Finalizar el armado del panel AFSE, instalando los dos pernos de sujeción de la tapa y la esponja de la base auto adherente par instalación.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

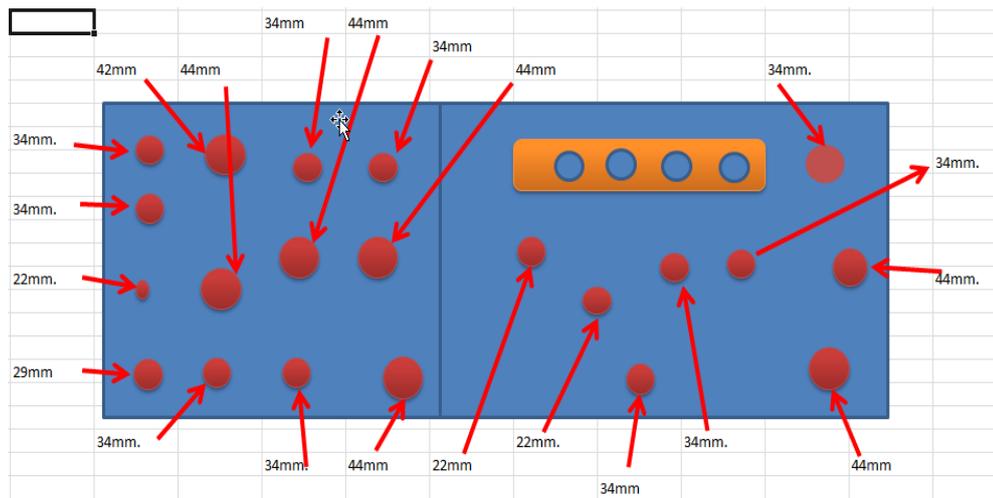
- d. Realizar el rotulado correspondiente en base a los códigos de identificación de cada componente y punto de contacto, así mismo realizar el registro fotográfico e instalación del código de garantía del componente y enviar a la zona de alistamiento de componentes.

#### 4.1.3.9 Procedimiento de armado del panel TCI (Truck control interface).

Tabla 4.10 Procedimiento de armado del panel TCI.



- Instalación de protectores plásticos en los soportes de los cables y arneses (se recomienda tubo de plástico Plastic flex 3/8" cantidad 15 metros).
- Retiro de la pintura de los puntos de tierra del gabinete (02), y de los pernos de regletas y tarjetas.
- Verificar los agujeros de la placa de entrada de Harness en base a los números de parte establecido en la imagen adjunta.
- Validar la medida de cada uno de harness de instalación, verificar el número de parte de cada Harness de control de cabina de control.



KIT de harness estándar para instalación en panel			
1	SI	EK2303	
2	SI	EJ9244	
3	SI	EJ9242	
4	SI	EJ9245	
5	SI	EJ9243	
6	SI	EK2304/EK2308	Bloque de fusibles

#### Harness para adicionar en el panel TCI

1	EG7727	ACUMULADORES DE DIRECCION/PSW BAJA PRESION DIRECCIÓN/TEMP FRENOS
2	EG0652	HARNESS STR
3	EG8342	RB5P3/DB1P1/RB3P5/RB1P3
4	EH8417	PLM
5	EG7734	LH DECK-RB2P6
6	EG7736	RH DECK-RB2P5
7	EJ2126	ARRANQUE
8	EJ8329	OEM CUMMINS
9	EF9209	GABINETE DE FRENOS
10	XB5398	LUCES SOBRE GABINETE POTENCIA

CABINA



- e. Montar las 14 regletas, en el panel TCI, en el cual validar el estado de los separadores aislantes de cada una de los TAGS,
- f. Montar las 06 tarjetas RB (Sistema de luces, sistema de levante, Sistema de frenos entre otros.
- g. Montar la tarjeta DB1.
- h. Colocar las etiquetas de las regletas según el plano “Modificación de regletas 930E-3”.
- i. Colocar las etiquetas de las regletas según el plano “Modificación de regletas 930E-3”.
- j. Revisar cada uno de las especificaciones de las regletas y conexiones en base a la modificación a 930E-3, Aislar cada uno de los puntos que no apliquen para el modelo de camión a utilizar.

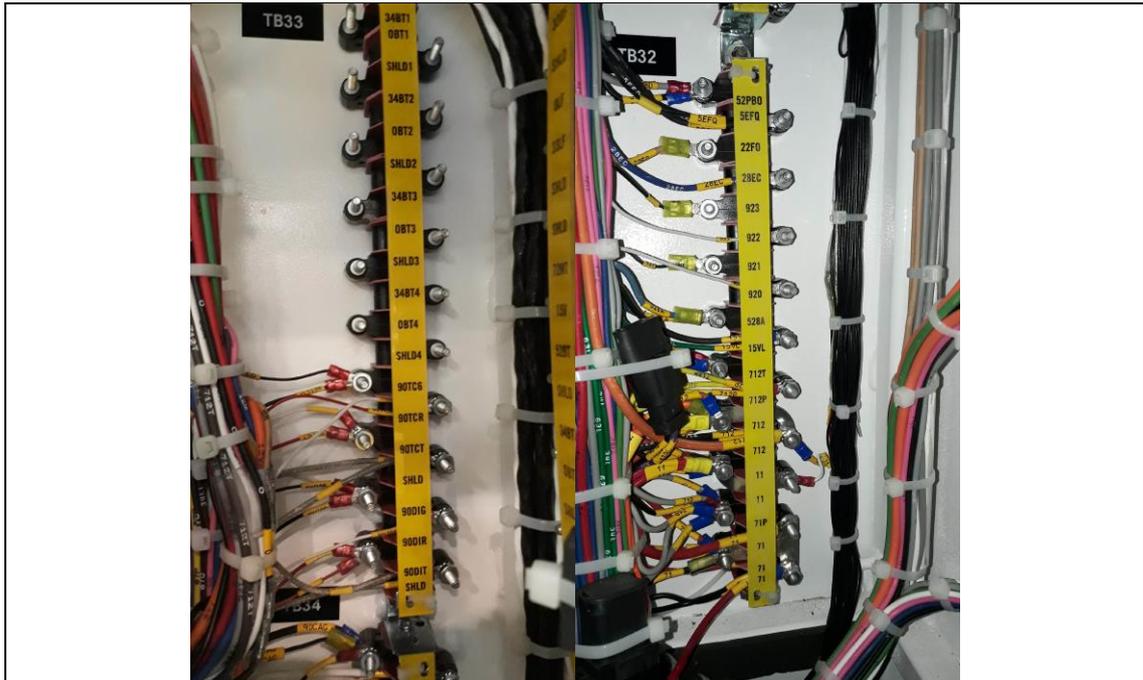
TB21	TB22	TB23	TB24	TB25	TB26	TB27	TB28	TB29	TB30	TB31	TB32	ADICARRIBA	ADICABAJO
77A*	11L	47S	714P	439	72NR	41TL	65S	15PV	44LL	90MMG	52PB0	34BT1	90CAG
77**	41TS	0RET	714G	33	34TW	45LL	51A	11RB	72FB	90MMT	5EFQ	0BT1	90CAR
0RF	11D	74N	714A	23F	75-6P	45RL	39	69M	908M	90MMR	22FO	SHLD1	90CAT
33RF	41L	SHLD	714DP	21A	79W	41TR	31A	712BL(712BL)	72E	SHLD	28EC	34BT2	SHLD
SHLD	41H	72CPU	714B	52A	31TS	33J	53H	28E	0	90SPG	923	0BT2	12V
0LF	48F	BLANCO/712*	714DN	70LS*	41T	48F	11SL(11SL)	74K1K	77S2	90SPT	922	SHLD2	65
33LF	47L	12H	72E	70MS*	52B	79A	218SR (218SR)	11SM2	77S1	90SPR	921	34BT3	12F
SHLD	23L1	63	0	52S	31PS	71F	65SS	21SL	11A	SHLD	920	0BT3	12M
SHLD	11H	44DL	908M	34H**	742A	33Z	11ST*	18B(18B)	510E	11R	528A	SHLD3	73V
72MT	71GE	23L	916N/M	71H	31RR	47	68	115MI	73AP*	11TD	15VL	34BT4	79V
15V	74XS	0ACL/0RSP/0**	SHLD	72RQ	36	44D	34L	11KS	11S	21C	*712T	0BT4	528
52BT	SHLD	77P	542M	73DS	52CS	33F	712H(Sin uso)	712K	439E*	31MTR	712P	SHLD4	68LLP**
SHLD	74Z	77G	556	79B	31MT	65T	34TG(34TG)	712H	509	419(4191)	712	90TC6	34LL
34BT	74X	77C	952M	75NP	419	38	48	712E	419M	72ES	712	90TCR	33K
0BT	SHLD	77DP	953	83RR	52C	72AM	10V	712G	927	72A	11	90TCT	33L
SHLD	45R	77B	544	72PR	11HS	0AMB	42	63	928	23D	11	SHLD	33A
44L	45L	77DN	541M	76LR	31CB	SHLD	42A	75A1(SORT)	929	21GE*(21B)	71P	90D1G	34TL
63L	SHLD	900	900	72	44	38G	42B	0MP(71PP)	0	531SC	71	90DIR	67C
21SL	0LEV	SHLD	901	72LP	73S	48A	21PT	10MP(21GE)	0	90DT	71	90DIT	67P
31R	52R	SHLD	SHLD	75LE	48B*	48B		SHLD	0	90DR	71	SHLD	67R
WB2920	WB2921	WB2922	WB2923				WB2924	WB2925	WB2926	WB2927	WB2928	WB2929	WB2930

**Respetar la disposición de los diodos en el DB1:**

Posición	Componente	Referencia 930E-1	Referencia 930E-3	Comentario
DB1P7	R=0,27K/2W	P6/E7		APLICA
DB1P8	DIODO	P9/B5		APLICA
DB1P9	R=100K	P6/F3		MTU-NA
DB1P10	R=1K/C=2,7uF(100V)		Conectado al PVM	PVM no se usa
DB1P11	R=1K	P6/F3		MTU-NA
DB1P12	R=22.1K	P9/C10		MTU-NA



- k. La regleta TB30 tiene una "T" en las tres últimas tuercas: un terminal a la izquierda y dos a la derecha. Conectados a GND para enseriar señales digitales del motor Cummins QSK60.
- l. La regleta TB32 tiene tres "T" en las nueve últimas tuercas. (Los 3 últimos TAGS no se encuentran disponibles para el modelo de panel de control.
- m. En vez de las uniones "T", deben colocarse 02 uniones "L" disponer de las conexiones en base a lo indicado en el paquete de conexiones de TCI.
- n. Las uniones "L" vienen en el Kit de conversión de cabina aplicarlos ala regleta TB33.
- o. Las uniones "L" van con los cables 712 y 11 en la regleta TB34.
- p. La unión "T" antigua con los cables 71 permanece en los TAGS de la regleta TB34.



- q. Las uniones “L” van con los cables 712 y 11 en la regleta TB34.
- r. La unión “T” antigua con los cables 71 permanece en los TAGS de la regleta TB34.
- s. Las uniones “L” vienen en el Kit de conversión de cabina aplicarlos ala regleta TB33.
- t. Las uniones “L” vienen en el Kit de conversión de cabina aplicarlos ala regleta TB33.
- u. Deben colocarse primero los tres arneses internos del gabinete.
- v. El primer arnés a ser montado contiene los conectores rectangulares CNA, CNB y cuatro conectores redondos que van hacia el gabinete de potencia. Entre estos conectores se encuentran el CNI y el del Inversor auxiliar (desactivado).

w. Solo en caso de gabinetes de control de modelo 17KG498 D-E el sistema de control tendrá un harness CNLPS.

x. El conexionado adjunto es representado para realizar el punto a punto del conector CNA.

8 of 13

17FB160	SLOT	4						
CNA	PIN	SALIDA	PIN	SALIDA	PIN	SALIDA	PIN	SALIDA
	46	SHLD	28	SHLD	99	SHLD	38	SHLD
	34	0MPH	15	RS3GND	98	0LF	51	422BD
	61	78MP	2	RXD3	97	33LF	50	422BE
			1	TXD3	8	SHLD	53	SHLD
					7	0RF	67	422BC
					6	33RF	66	422BB
							104	SHLD
							103	90MMG
							91	90MMR
							90	90MMT
							27	SHLD
							26	90DIG
							14	90DIR
							13	90DIT

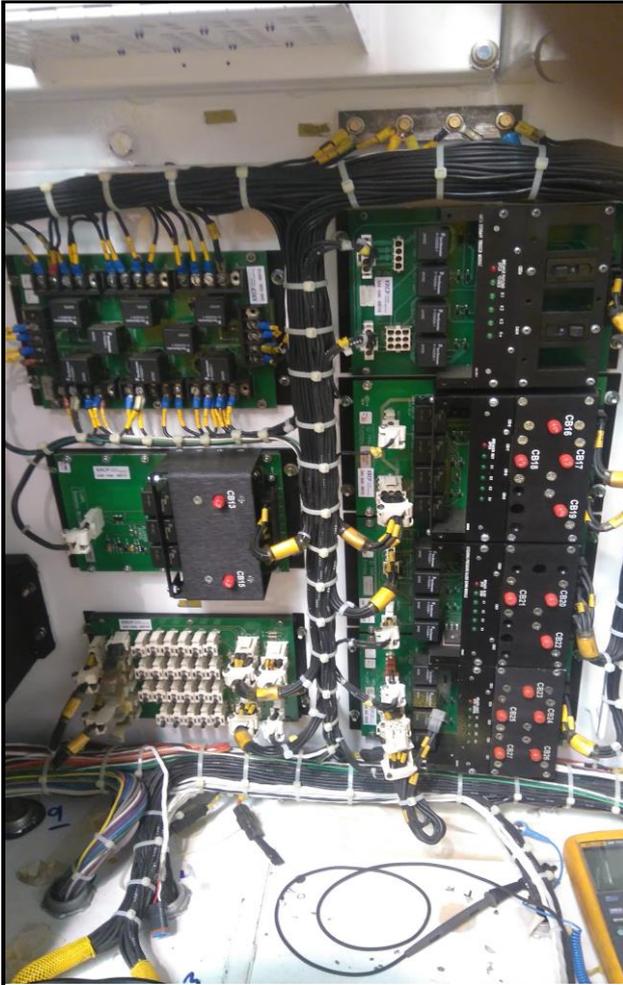
7 of 13

17FB160	SLOT	4
CNA	PIN	SALIDA
	9	72AM
	10	OAMB





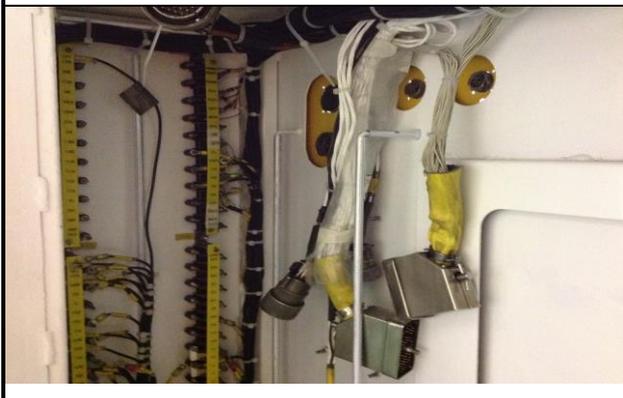
- y. El primer arnés debe tener un encintado previo antes de montarse y un encintado no muy denso de sujeción puesto que en algunos puntos será provisional. Se recomienda que el alambrado sea unificado al final uno a uno y verificar cada cable en la instalación.
- z. Debe trabajarse con cuidado ya que contiene en su mayor parte cables de comunicación a tarjetas validar el valor de Resistencia de los cables de control 0.2-0.5  $\Omega$ .
- aa. Instalar los protectores y aislantes de los harness de las tarjetas de control.



bb. El segundo arnés interno a montar (EG8328-3) contiene gran parte de los conectores a las tarjetas RB y DB1, verificar los conectores de tres puntas y diferentes vías de conexión, ya que de no tener los seguros estas pueden causar intermitencia en el funcionamiento del camión.

cc. Un arnés pequeño con los conectores P301, R300, RB5P5, RB5P4 y GND, puede desprenderse del segundo arnés. Contiene conectores desde las tarjetas RB y DB1 hacia el exterior del gabinete TCI, reparar si es necesario para no tener alteraciones en el funcionamiento.

dd. Verificar las conexiones de la RB4, modificar en base a los requerimientos estipulados en el plano SM930-E A 31228.



ee. Con el punto centro ubicado de este segundo arnés, procedemos a montarlo.

ff. Este arnés es extenso y voluminoso. Prácticamente da la vuelta al gabinete tanto hacia la izquierda como a la derecha.



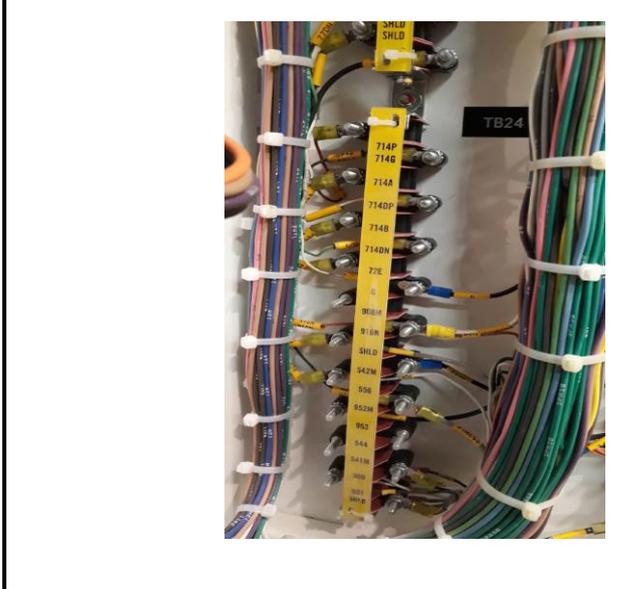
gg. El arnés tiene una ruta marcada por su forma, pero si se decide modificarla debe procurarse no cargar los soportes de la parte media.

hh. Por la parte inferior deben conectarse unos cables al aislador de 24V que se une a las baterías.



ii. Por el lado derecho, gran parte del arnés va por los soportes del medio y una parte por los soportes más externos, Uso de aislantes fijos y móviles dependiendo de grado de junta a realizar.

jj. Este encintado debe hacerse con cintillos de mediano grosor. Tener cuidado al realizar el corte de los cintillos. No dejar extremos filosos uso de alicata de corto frontal.



kk. Una gran parte del arnés cambia de dirección hacia las tarjetas RB.

ll. No fijar completamente este arnés ya que van a pasar más cables de otros arneses por su parte posterior.



mm. El arnés continúa por la parte inferior y debe ser asegurado a sus soportes.

nn. Una parte se conecta a la columna de tarjetas RB2, RB3, RB4 y RB5; otra a la columna RB6, RB1 y DB1.

oo. Una parte final se enrumba hacia el extremo izquierdo.



pp. El extremo final se conecta al Relay "CONTROL POWER RELAY".

qq. Realizar las siguientes conexiones en los puntos de contacto GNDB01-GNDB02-GNDB03.



rr. El Kit de conversión de cabina /1 a /3 AK4901 contiene accesorios para ser colocados en el gabinete TCI. Vienen en el Kit: soporte de la porta fusibles, relays, resistencias-diodos, etiquetas y arneses. También incluye una pieza de metal tipo ángulo para soportar las resistencias.



. Este Kit proporciona 06 arneses para ser instalados en el gabinete TCI:

EK2303 (contiene los conectores a los nuevos relays y al AID).

EK2304 (contiene la porta fusibles).

EJ9242-1.

• EJ9243-0.

• EJ9244-0

• EJ9245-1.

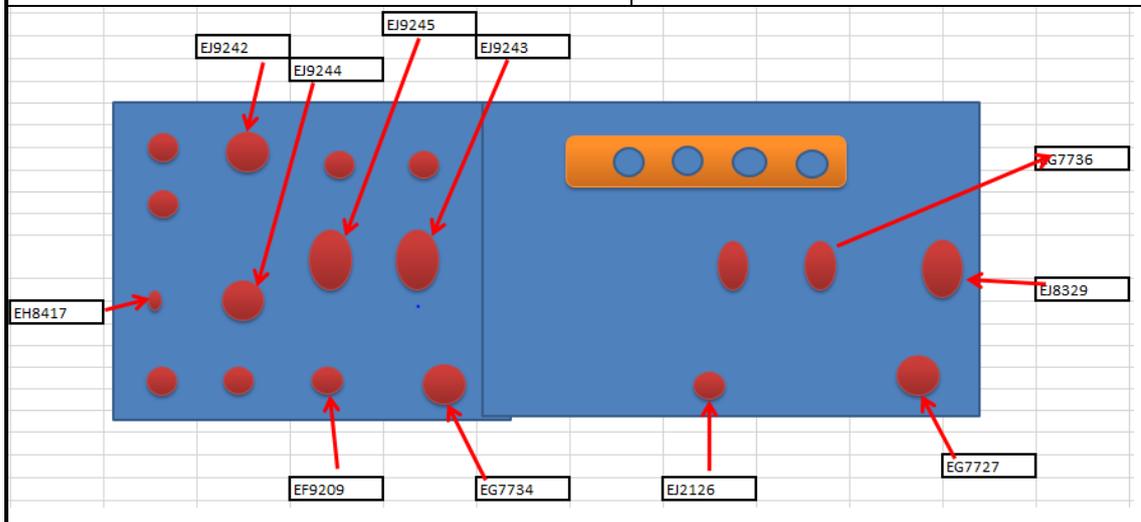
uu. En las fotografías se muestra también el arnés Cummins EJ8329 (cubierta amarilla)



vv. Los siguientes arneses a instalar son los internos del Kit: el EK2303 (contiene los conectores a los nuevos relays y al AID), y el EK2304 (contiene la porta fusibles). Debe instalarse primero el que tiene más cables, el EK2303.

ww. Para la instalación de los arneses siguientes, recomendamos montar primero los más cargados de cables. Un orden como ejemplo: EJ9244-0, EJ9242-1, EJ9245-1, EJ9243-0 y EJ8329.

xx. Una posición sugerida para estos arneses con conexión al exterior, es la que se muestra en las fotografías. La posición y el número de los agujeros puede diferir en los gabinetes, Definir las ubicaciones de los harness de la siguiente manera.



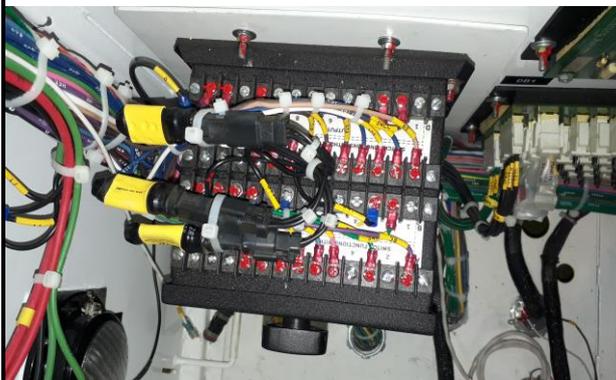


yy. De acuerdo a la sugerencia, se prosigue a instalar los arneses EJ9244-0 y luego el EJ9242-1 validar el estado de los harness realizando el punto a punto a cada uno de ellos valor de referencia 0.2-0.5  $\Omega$ .

zz. El arnés EJ9242-1 ya debe tener corregido el conector que alimenta la tarjeta CPU TCI (ver instructivo referente).

aaa. Se prosigue con los arneses EJ9245-1 y EJ9243-0 referente a la ubicación en las regletas adjuntas.

bbb. Continuar con el arnés EJ8329 que pertenece al motor CUMMINS. Tener cuidado en dejar accesible en el gabinete el conector a la red CAN que es empleado por el Dispatch.



ccc. Finalmente se instala la parte original del arnés EG8342 del gabinete que nos interesa (ver instructivo referente).

ddd. Se debe realizar el cableado al Panel AID, en el cual se debe realizar en base al plano adjunto de conexionado.

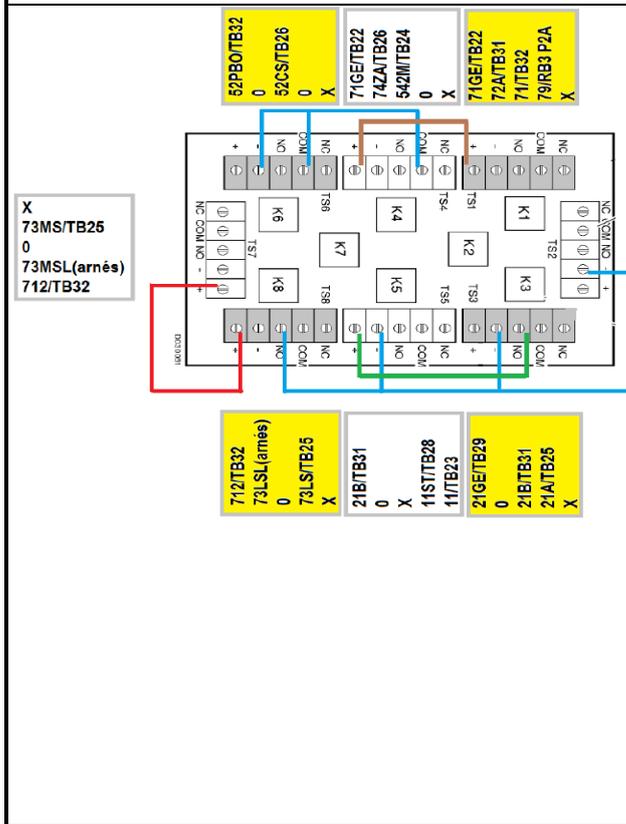
Term A	Cable	Función	Term B	Cable	Función	Term C	Cable	Función	Term D	Cable	Función
1*	38	Low fuel	1**			1***	39	Hyd filter	°1		
2*			2**	34L	Low hyd level	2***	33F	Brake warning	°2	34LL	Low hyd level
3*	63L	Body up	3**	34T	Nota: Resistencia 2K entre este 34T y GND.		AC3				
4*	SPR6D	Reserva	4**			4***	44DL				
5*	31MT	Stop engine	5**			5***	52A				
6*	419	Check engine	6**			6***	33				
7*	79V	Elect syst fault	7**			7***	47L				
8*	AA8	GE warning syst lights	8**	31T	Nota: Resistencia 2K entre 31T y GND	8***	31CB				
9**	44	Service brake	9**			°9	44L				
10**	31RR	Retard speed control	10**	51A	Low steer. acc pressure	°10	31R				
11**			11	31CL	Cool level input/ Nota: Resistencia 2K entre 31CL y GND	°11					
12**			12	12F	Flash output/Sonalert	°12					
13**			13	12M	Battery Pos +Battery power	°13					

*SWITCH FUNCTIONS WITH SOUND	Nota: Modelos /4 llevan una resistencia de 2K entre este terminal y gnd(A30795-50)
**INPUT	
***SWITCH FUNCTIONS WITHOUT SOUND	
°OUTPUT	

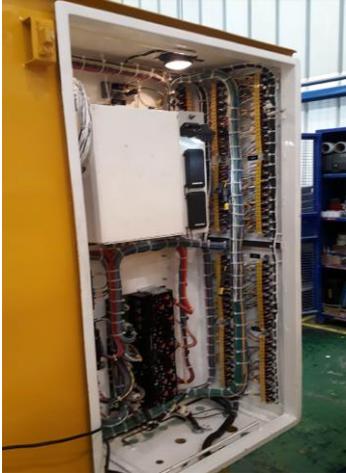


### Coneccionado del panel AID



eee. Finalmente se realizado el cableado del relé RB6, en el cual se tiene que realizarse el coneccionado de cada uno de los relés que comandan cada uno de los sistemas (Arranque, PLM, levantamiento de tolva. (seguir las siguientes consideraciones)

- 21GE\* (930E-3) =21B(930E-1) designación en el arnés original
- 21B\*\* Viene del arnés de arranque 930E-3
- 73MSL\*/al aire (viene de caja auxiliar PLM)
- 73LSL\*\*/al aire (viene de caja auxiliar PLM)

 <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar la revisión del conexionado referente al manual de reparación SM930E-3 SB.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar la finalización del llenado del check list de armado y reparación del panel TCI.</li> </ul>
<p>Fuente: Elaboración Propia.</p>	

#### 4.1.4 Procedimiento De Armado De Gabinete De Control (Upgrade – A Realizar En El Componentes Mayor – Cabina De Operador) Consideraciones En La Reparación.

La siguiente presentación tiene por finalidad conocer los cambios realizados en los sistemas de control komatsu (930E-1).

Tabla 4.11 Mejoras realizadas en los gabinetes de control.

MODEL	ACTUALIZACION/MODELO	DESCRIPCION/APLICACION
<b>Serie de gabinete de control modelo 17KG498</b>		
17KG498A1	No presenta	Designación inicial para sistemas de control principal para camiones de 320ton AC OHV (convencional)
17KG498B1	17KG498A1	Modificación en los pestillos de la puerta delante de gabinete de control, se instala un soporte con perno de sujeción para cada puerta y cubierta con bisagras.
17KG498C1	17KG498B1	Aplicación y mejora en la soldadura del soplador auxiliar amortiguador y fabricación de una nueva cubierta asociada con el inductor auxiliar de control de ventilación.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.11 Mejoras realizadas en los gabinetes de control.

MODEL	ACTUALIZACION/MODELO	DESCRIPCION/APLICACION
17KG498D1	17KG498C1	<p>El modelo en referencia se modifica en:</p> <p>Aplicación de nuevo panel de control de propulsión a versión 17FL300 cuya <b>back plane</b> modificado suministra alimentación a sistema de control electrónico vía harness CNLS al panel TCI, no se necesita tarjeta 17FB127A2 en el panel TCI.</p> <p>-</p> <p>Reubicación de relés de control GFR Y CPR, desde el compartimiento de la caja de contactores hacia el lado frontal (cerca del rectificador principal).</p> <p>Adición del 01 diodo de protección del sistema de 24v.</p> <p>Adición de 01 resistencia de contacto en paralelo al contactor GFR.</p> <p>Modificación en el revestimiento de cable de fibra óptica y el sistema de 24v.</p> <p>Método revisado para asegurar las puertas del armario, incluidas las disposiciones para un candado de cerrojo único en cada puerta.</p>
17KG498D2	17KG498D1	<p>Modelo presenta variación en:</p> <p>Condensadores de filtro de enlace de alimentación CC modificados a 2700 microfaradios (uf), en tanto se evidencia la reducción de condensadores de potencia de 12 a 8, el sistema principal testea 21 000 uf en el cual no evidencia anomalías y pasa a modo <b>ready</b>.</p> <p>Extracción de los sensores monitores de presión del condensador de potencia, ya que los condensadores modificados no presentan este sensor, además se evidencia que el testeo de capacitancia el sistema lo realizar automáticamente en el paso de <b>MODO REST A MODO READY</b>.</p> <p>Presenta 02 Paneles VAM, de bajo voltaje de activación, adicionados con una toma rápida (conector enroscable)</p>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.11 Mejoras realizadas en los gabinetes de control.

MODEL	ACTUALIZACION/MODELO	DESCRIPCION/APLICACION
17KG498E2	17KG498D2	<p>Modelo presenta variación en:</p> <p>El contactor GF cambia de 17CM53 a 17CM55.</p> <p>Nuevo diseño del conductor de aire al compartimiento del contactor de retardo y propulsión.</p> <p>Refuerzos de las puertas auxiliares.</p> <p>Modificación de los LEM de corriente en los modelos AKP2 a AKP7.</p> <p>Sensor de temperatura ambiente reubicado en el interior del compartimiento de contactor de retardo y propulsión.</p> <p>Modificación de los módulos de supresión de los contactores de propulsión y retardo dinámico.</p> <p>El suministro de energía se ha modificado de un modelo 17FH36A1 a 17FH41A1.</p>
17KG526A1	17KG498D2	Diseño inicial de OHV de 320 toneladas, el grupo de control principal del sistema de accionamiento de 3500 HP, se hace el uso de módulos de fase vertical.
17KG526B1	17KG526A1	Excepto por la eliminación y adición de dispositivos de control asociados con el nuevo sistema de control del alternador.
17KG526C1	17KG526B1	Excepto por las modificaciones del grupo de control para facilitar un mayor acceso al cable de alimentación y acceso al contactor de potencia.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5 Componentes Principales Establecidos Para Análisis.

El diseño del sistema de control se basa en representar todos los componentes que serán parte del gabinete de control, en tanto no se modifique el funcionamiento del sistema **PSC (Control del sistema de propulsión) – TCI (interface del control de camión)**.

Para analizar los componentes críticos, se mencionará y resaltara todos aquellos que han sido variados en base a su número de parte por otro alternativo para poder integrarlo dentro de los componentes propios del gabinete de control.

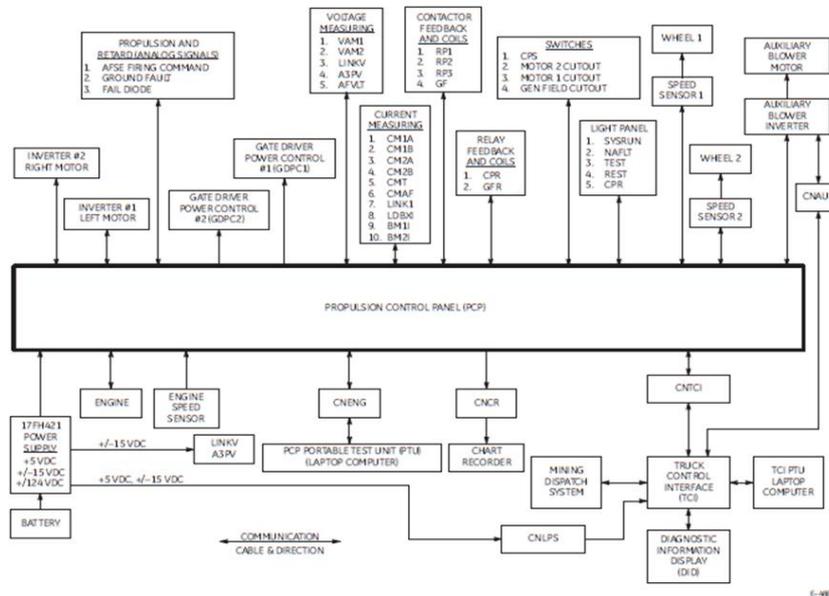


Figura 4.15 Diagrama de sistema de entrada y salida de señales.

Fuente: Manual de reparación general electric 17KG498

Tabla 4.12 Reemplazo de componentes por Back order.

COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA PSC-TCI				
SISTEMA	COMPONENTE	ESTADO	DISPONIBILIDAD	FUNCIONAMIENTO
PROPULSION	RD/RECTIFICADOR PRINCIPAL	PARA REPARACION	MODELO EN FABRICA / 17FM528 <b>SE REEMPLAZA HEATSINK ASSEMBLY.</b>	convierte las señal alterna que proviene del alternador principal a señal continua para el control de los inversores de potencia.
	PM1A+, 1B+, 1C+/MODULO DE FASE INVERSOR	PARA REPARACION	MODELO EN FABRICA / 17FM628, 17FM629 <b>SE REEMPLAZA TYRISTORES, DF, DS</b>	Proporcione voltajes de conducción positivos y negativos (PWM u onda cuadrada, dependiendo de la velocidad del camión) para cada uno de los tres devanados del motor de tracción 1 - 2 .

Tabla 4.12 Reemplazo de componentes por Back order.

COMPONENTE	ESTADO	DISPONIBILIDAD	FUNCIONAMIENTO
VAM1-2	REUTILIZAD O	MODELO EN FABRICA/ 17FM702	Atenúa las tres salidas de alto voltaje aplicadas a cada devanado de fase del Motor de tracción 1-2 a un nivel aceptable para usar con la tarjeta de E / S analógica en el PSC.
DIT MT1-2	REUTILIZAD O	DI/DT TRANSFORMADOR	Reduzca los sobre impulsos de corriente o picos en la fase A, B y Potencia C para el motor de tracción 1-2.
CM1A-CAM1B	NUEVO	SE MODIFICA A 17FM630 /VERSIÓN MODERNA SP7	Detecta la cantidad de flujo de corriente a través de A y B fases del motor de tracción 1.
CM2A-CAM2B	NUEVO	SE MODIFICA A 17FM630 /VERSIÓN MODERNA SP7	Detecta la cantidad de flujo de corriente a través de A y B fases del motor de tracción 2.
DC LINK 1-2	REUTILIZAD O	DC BUS	El bus de CC conecta la salida del alternador, Chopper Circuitos de rejilla de módulo / resistencia e inversores de tracción.
LINKV	REUTILIZAD O	MODELO EN FABRICA / 17FM458	Atenúa el alto voltaje del enlace de CC a un

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.12 Reemplazo de componentes por Back order.

	COMPONENTE	ESTADO	DISPONIBILIDAD	FUNCIONAMIENTO
<b>EXITACION</b>	AFSE	PARA REPARACION	MODELO EN FABRICA / 17FM466	Regular la corriente de excitación hacia el rotor del alternador de potencia en base a pulsos de la PSC.
	TARJ, GFM	NUEVO	SE MODIFICA A VERSION 17FM416	Recibe pulsos de la tarjeta análoga 17FB143, es activada para accionar a los tiristores SCR1-2 para el circuito de excitación afse.
	CMT, CMAF	NUEVO	SE MODIFICA A 17FM630 /VERSIÓN MODERNA SP7	Detecta la corriente que pasa a través de las líneas de excitación del alternador y líneas terciaria monofásicas.
	THI	NUEVO	VARISTOR	Descarga el alternador cuando el afse se encuentra en primera instalación apagado.
	LDBXI	NUEVO	SENSOR DE CARGA	monitorea la corriente durante la prueba de caja de carga.
	ASYN	REUTILIZADO	TRANSFORMADOR	Monitorea la frecuencia de circuito terciario monofásico con el cual se sincroniza el paso a cero, de panel de control AFSE.
	CONTACTOR GF	NUEVO	SE MODIFICA A CM53	Contactador de cierre para realizar la excitación del sistema, su accionamiento esta validada por la tarjeta 17FB104 digital.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.12 Reemplazo de componentes por Back order.

RETARDO	COMPONENTE	ESTADO	DISPONIBILIDAD	FUNCIONAMIENTO
	CONTACTOR RP1-2-3	NUEVO/UPGRADE		SE MODIFICA A CM55
CHOPPER CM1-2	REUTILIZADO		MODELO EN FABRICA / 17FM630 SE REEMPLAZA TYRISTORES, DF, DS	controla el voltaje que se genera en la grillas en retardo.
CONDENSADORES CIF	NUEVO/UPGRADE		SE MODIFICA A CAPACIDAD DE 2700 UF	Absorbe y libera corriente al enlace DC para los Motores de Tracción cuando se produce un incremento
SISTEMA DE 24V	CONTACTOR CPR/GFR	NUEVO	SE MODIFICA / LV66	Capta cuando el Interruptor de Partida y el Interruptor de Energía de Control se cierran.
	FUENTE PS	NUEVO/UPGRADE	SE MODIFICA ALA FUENTE SPS-PS	Un convertidor DC a DC que proporciona salidas de $\pm 24VDC$ reguladas desde el suministro de batería no filtrada. Suministra energía al PSC, TCI y LEMS.
	BLFP	REUTILIZADO	MODELO DE FABRICA 17FM311	Atenúa picos de voltaje anómalos, para proteger la alimentación de voltaje a las tarjetas electrónicas, sensores de corriente.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.12 Reemplazo de componentes por Back order.

<b>CONTROL</b>	DID	NUEVO/UPGRADE	CABINA DE OPERADOR 930E-3	Entrega al personal de mantenimiento la capacidad de monitorear el estado operacional de ciertos sistemas del camión y ejecutar la prueba de diagnóstico
	GDP	REUTILIZADO	MODELO EN FABRICA /17FM670	Convierte 19 a 95 VDC desde la Fuente de Poder de Accionamiento de Compuerta a energía de onda cuadrada de 25kHz, 100 VRMS para accionar los Módulos del Interruptor GTO.Fase GTO del Inversor 1.
	<b>COMPONENTE</b>	<b>ESTADO</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>FUNCIONAMIENTO</b>
	INVERTER CARD 1-2	NUEVO/UPGRADE	SE MODIFICA POR TARJETA 17FB172	Genera comandos de encendido/apagado del Módulo de Fase para el Inversor Monitorea voltajes y corrientes de diversas áreas para el Inversor 1. Monitorea la velocidad del Motor de Tracción 1-2
	BACKPLANE 930E-2	NUEVO/UPGRADE	SE INSTALA LA NUEVA PLACA DE TARJETAS MODELO G7 PARA PSC Y MODELO G3	Encargado de entregar las señales que se generan en las tarjetas electrónicas.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.6 Cronograma Del Proyecto.

El proyecto realizado es un procedimiento de reparación para gabinete de control del camiones repotenciados Komatsu, es un diseño alternativo de un sistema de control, basándose en el criterio de máxima reusabilidad y corregir el tema de back Order, modificando los componentes por otros de iguales características, en tanto como el proyecto es de aplicación en una parte de la reparación del gabinete de control, nuestro cronograma establecerá un tiempo de reparación del gabinete de control, los siguientes pasos son determinantes para aplicarlos en reparaciones en talleres.

#### 4.1.7 Procesos De Reparación.

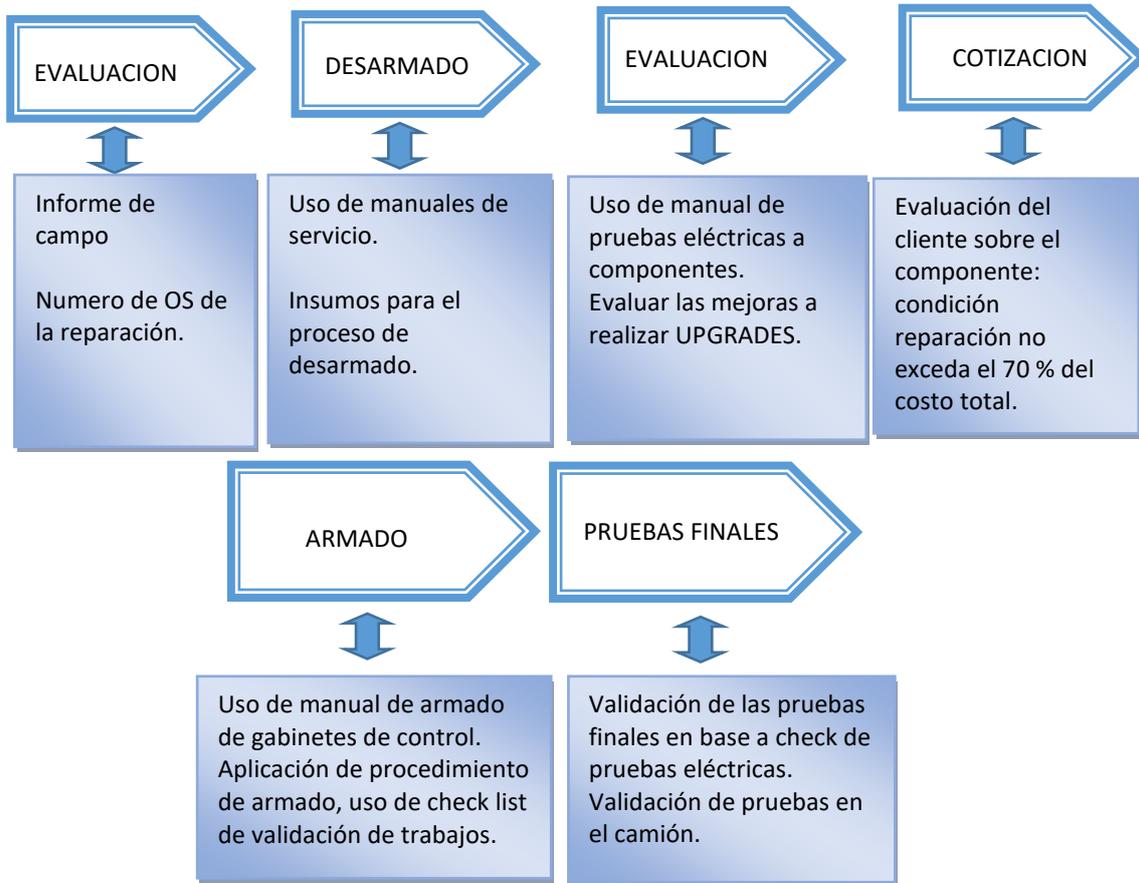


Tabla 4.13 Cronograma De Aplicación Del Proyecto en reparación.

Prioridad	Nombre de la tarea	Cantidad técnicos	HH - Aplicados	Duración	Requerimiento para proceso
	<b>ARMADO DE GABINETE DE CONTROL PSC-TCI</b>			15d	
	<b>Recepción de Trabajo Tercero y Repuestos</b>			<b>2d</b>	
<b>alta</b>	recepción de chasis de gabinete de control	1	8	1d	
<b>alta</b>	conteo y selección de repuestos	2	16	2d	Repuestos al 100% o seleccionado por prioridad
<b>alta</b>	verificación de componentes evaluados para armado	1	8	1d	Revisión de préstamos de componentes

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.13 Cronograma De Aplicación Del Proyecto en reparación.

Prioridad	Nombre de la tarea	Cantidad técnicos	HH - Aplicados	Duración	Requerimiento para proceso
Alta	Reparación de harness principal PSC -TCI	2	16	3d	insumos para reparación (terminales, equipos de soldeo)
Media	Acondicionamiento de chasis de gabinete de control	1	5	1d	tubo automotriz de 3/8" y 1/2"
Media	Acondicionamiento de barras de potencia / Barra vertical assembly	1	5	1d	thermoretractil Ø 25-30-35-50-60
Alta	Acondicionamiento de cables de potencia DIT-MT	2	5	1d	
Alta	condicionamiento de bobinas DIT	1	6	2d	(Maleta de pernos especiales)
Alta	condicionamiento de condensadores de potencia	2	4	1d	
Alta	condicionamiento de bases de módulos de fase	2	4	2d	
Alta	condicionamiento de bus bar	1	9	2d	
Alta	Pre armado de contactor GF y resistencia variable R1	1	16	1d	
Alta	Pre armado de Rectificador RD	1	16	2d	
Alta	Pre armado de fuente PS (930E-2)	1	16	2d	
Alta	Pre armado de módulos de fase	3	16	4d	
Alta	Pre armado de panel AFSE	1	16	3d	
	<b>Fase de armado de gabinete de control TCI</b>			<b>13d</b>	
Alta	armado de panel TCI	2	14	13d	
	<b>etapa de armado de gabinete de control fase 1</b>			<b>5d</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.13 Cronograma De Aplicación Del Proyecto en reparación.

Prioridad	Nombre de la tarea	Cantidad técnicos	HH - Aplicados	Duración	Requerimiento para proceso
media	instalación de harness principal ruteo en base a estándar GE	2	16	3d	
media	instalación de bobinas DIT - cables de potencia	2	18	2d	
media	instalación de condensadores de potencia	2	18	1d	
media	instalación de bases de módulos de fase	2	13.5	1d	
media	Alambrado de parte inferior LEM-MT (incluye VAM1-2), condensadores de potencia (930E-1)	1	11	2d	
	<b>etapa de armado de gabinete de control fase 2</b>			<b>2d</b>	
media	instalación de contactores de retardo RP1-RP2-RP3	1	8	1d	
media	Instalación de resistencia variable R1	1	8	1d	
media	Instalación de lem de potencia LDBXI assembly	1	8	1d	
media	alambrado de conexiones de control y potencia	1	15	2d	
media	Instalación de contactores GF	1	15	1d	
	<b>etapa de armado de gabinete de control fase 3</b>			<b>5d</b>	
media	instalación de panel rectificador	2	15	1d	
media	instalación de barras de potencia	2	8	2d	
media	Instalación de conjunto GFR.CPR	1	6	1d	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.13 Cronograma De Aplicación Del Proyecto en reparación.

Prioridad	Nombre de la tarea	Cantidad técnicos	HH - Aplicados	Duración	Requerimiento para proceso
media	Instalación de conjunto LINKV-A3PV	1	6	1d	
media	Instalación de lem de corriente LINKI assembly	1	6	1d	
media	Instalación de periféricos GFIP-AFVLT-CMT-CMAF-CT-FDT-FDP-ASYNN	2	12	2d	
media	instalación de fuente de control PS-SPS	1	6	1d	
media	instalación y alambrado de fuente GDPS	1	12	1d	
media	conexión de componentes superiores y de la parte frontal GFIP-AFVLT-CMT-CMAF-CT-FDT-FDP-ASSYN	2	15	2d	
media	Alambrado de harness de fibra óptica y cables de la GDPC	1	12	1d	
media	Instalación de módulos de fase y conexión respectivo	3	30	1d	
media	instalación de panel AFSE	1	12	1d	
	<b>etapa de armado de gabinete de control fase 4</b>			<b>3d</b>	
media	Realización de punto a punto de gabinete	4	24	2d	
alta	pruebas eléctricas con 24 v	3	24	2d	
alta	Inspección final por QA y liberación	4	12	1d	

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.8 Programación de tarea en Formato Gantt.

La simulación realizada esta definida entre fechas de abril y mayo en un margen de 15 días calendarios en que es el estándar de reparación del componente mayor en general.

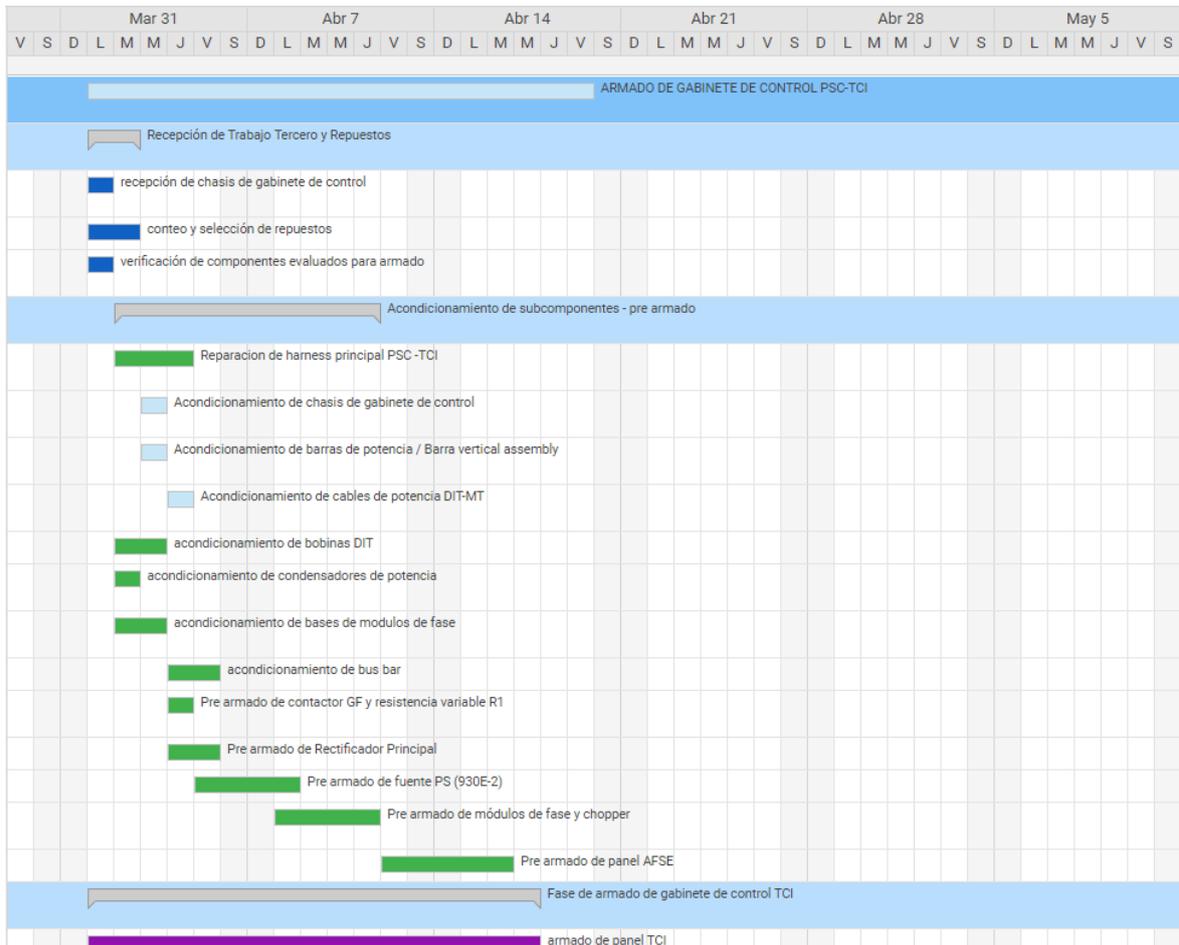


Figura 4.16 Programación Gantt del proyecto parte 1

Fuente: Elaboración propia.

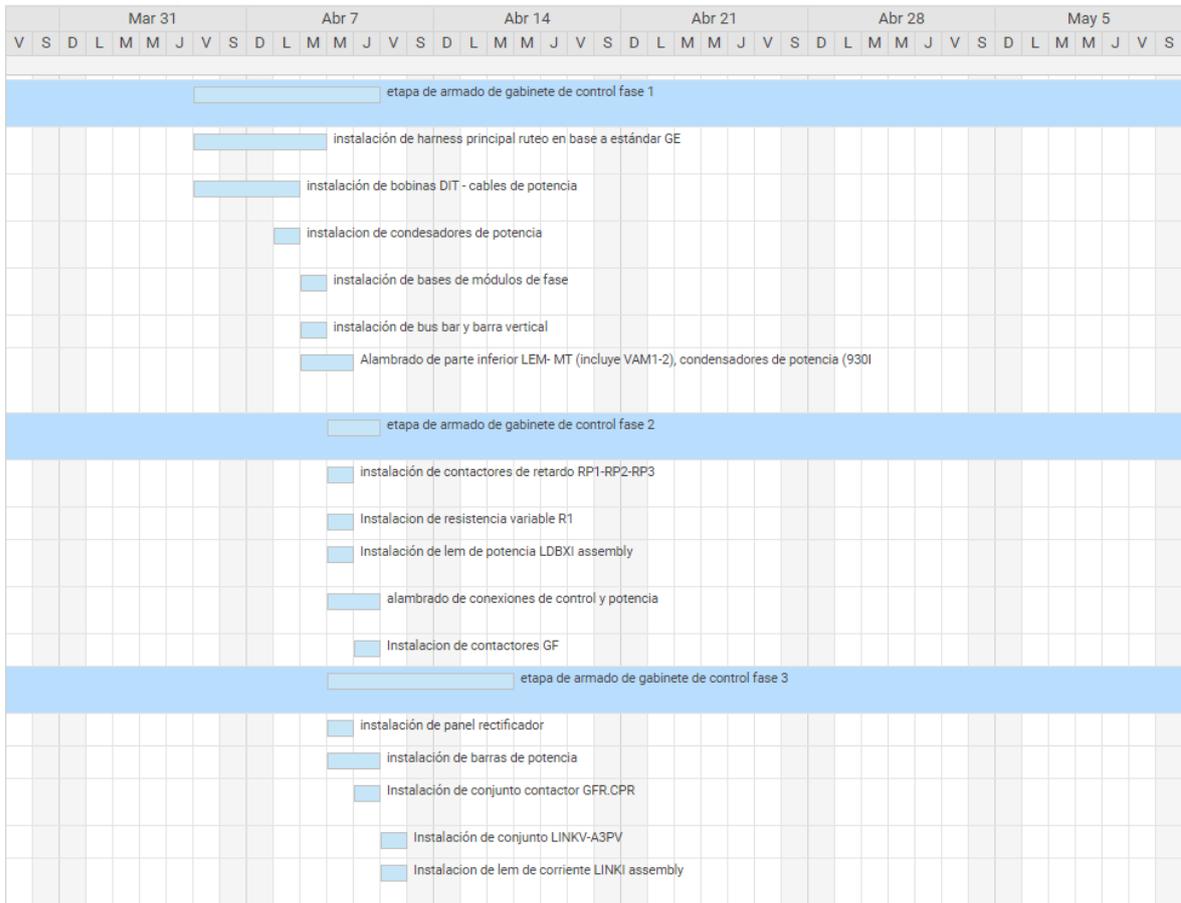


Figura 4.17 Programación Gantt del proyecto parte 2

Fuente: Elaboración propia.

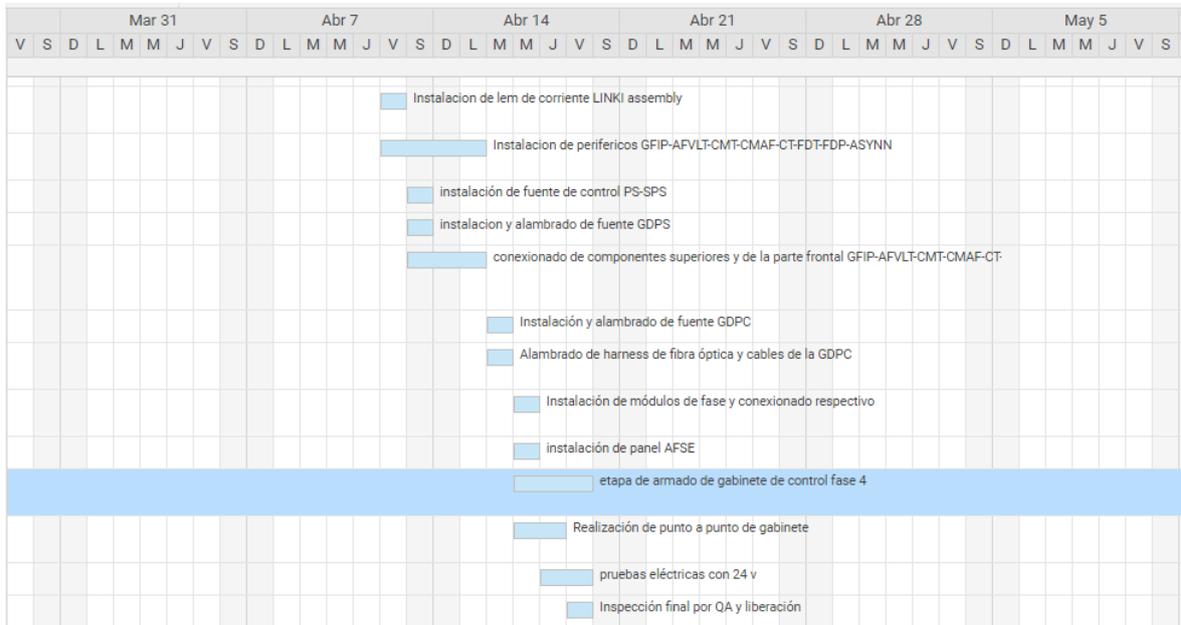


Figura 4.18 Programación Gantt del proyecto parte 3

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.9 Presupuesto del proyecto.

En el tema presupuestal se dará un balance obtenido, base a costos referencial a una empresa leader de la marca komatsu, en el cual detalla el costo de reparación de un gabinete de control que abarca todas las etapas de realización.

Tabla 4.14 Costo H-H para la reparación de gabinetes de control.

ANALISIS DE COSTO H-H DE REPARACION						
ETAPA DE PROCESO	# TECNICOS	NUMERO DE HORAS	COSTE H-H	COSTE H-H ST	COSTO TOTAL IDEAL	COSTO TOTAL REAL
Desarmado y evaluación	4	525	\$8.52	\$11.50	\$4,473.00	\$6,038.55
armado de control group	6	787.5	\$8.52	\$11.50	\$6,709.50	\$9,057.83
comisioning de camiones	2	262.5	\$8.52	\$11.50	\$2,236.50	\$3,019.28
				TOTAL	\$13,419.00	\$18,115.65

Fuente: Elaboración propia – reporte de costo KRCP.

Tabla 4.15 Costo De reparación por componente.

Análisis de costo por reparación de componente mayor -upgrade						
Sistema	Sub sistemas	Numero ítem (modificados)	Estándar	Upgr de	Costo aprox	Costo real+igv
Sistema de 24v	Baterías	4		x	\$1,800.00	\$2,124.00
	panel de alimentación	1	x		\$1,100.00	\$1,298.00
	convertoras de 24v y 12v	2	x		\$500.00	\$590.00
Sistema de propulsión	inversores de corriente	14	x		\$15,400.00	\$18,172.00
	cables de potencia	4		x	\$3,500.00	\$4,130.00
	condensadores de potencia	8		x	\$18,000.00	\$21,240.00
	bases de inversor	7	x		\$8,750.00	\$10,325.00
	barras de potencia	2	x	x	\$1,000.00	\$1,180.00
Sistema retardo dinámico	contactores de retardo	3		x	\$17,575.00	\$20,738.50
	chopper	2	x		\$5,025.00	\$5,929.50
	caja de grillas	1	x		\$6,532.00	\$7,707.76
Sistema de interface	cabina de operador	1		x	\$120,670.00	\$142,390.60
Sistema de excitación	AFSE	1	x	x	\$11,226.00	\$13,246.68
	sensores de corriente	2		x	\$4,165.00	\$4,914.70
	Varistor de sistema de excitación	1		x	\$1,225.00	\$1,445.50
	Contacto P60	1		x	\$652.00	\$769.36

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.15 Costo De reparación por componente.

Sistema	Sub sistemas	Numero ítem (modificados)	Estándar	Upgr de	Costo aprox	Costo real+igv
Upgrade sistema de control	Back plane 84D710731G7 PSC back plane 84D712731G3 TCI	2		x	\$7,500.00	\$8,850.00
	Tarjeta electrónica 17FB172	2		x	\$57,263.00	\$67,570.34
	Panel de alimentación PS	1		x	\$32,152.00	\$37,939.36
	harness de señal	2		x	\$2,150.00	\$2,537.00
					<b>COSTO REPARACION</b>	<b>\$373,098.30</b>

Fuente: Elaboración propia – reporte de costo Leader de komatsu.

Tabla 4.16 Resumen de costo beneficio del proyecto.

ANALISIS DE COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO					
Proceso	Utilidad Bruta	COSTE H-H	COSTE DE INSUMOS	Costo de repuestos	Total
Desarmado y evaluación	\$ 373,098.30	\$ 18,115.65	\$ 2,000.00	\$ 285,036.00	\$ 67,946.65
Proceso de armado	\$ 80,050.00	\$ 10,000.00	\$ 1,000.00	\$ -	\$ 69,050.00
entrega y pruebas	\$ -	\$ 2,000.00	\$ 500.00	\$ 15,000.00	\$ 17,500.00
utilidad neta					\$ 119,496.65

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Análisis de la variable dependiente:

### 4.2.1 Estudio de los resultados de la variable dependiente.

En el proceso de implementación del procedimiento de reparación de componentes del gabinete de control, establece resultados beneficiosos en la variable dependiente, la disponibilidad de cada componente reparado y las horas de servicio que presenta en cada camión han sido establecidas con un indicador de horas de funcionamiento y horas de para por PM programado.

Evaluando los parámetros medidos en la base de datos se ha podido establecer tablas en las cuales se determinan el grado de disponibilidad de cada uno de los componentes críticos en estudio, el análisis será retrospectivo, en primera etapa tendremos un análisis de disponibilidad a los 10 primeros camiones de la flota komatsu analizados, analizando la base de datos descritas en las (tablas 4.17 – 4.40) del presente estudio estadístico.

En segunda etapa de análisis obtendremos los datos comparativos para nuestro análisis, evaluando los siguiente 10 camiones en la flota, en esta evaluación determinamos un periodo post y pre implementación del nuestro diseño de procedimiento de reparación.

#### 4.2.1.1 Disponibilidad.

La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado. Las horas de parada por mantenimiento que deben computarse son tanto las horas debidas a paradas originadas por mantenimiento programado como el no programado.

Tabla 4.17 Disponibilidad eléctrica de Rectificador principal pre implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS EN PM EN 6000 HRS	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C302PANEL RECTIFICADOR	C302	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	3000 Hrs	277 Hrs	27,020	99%
C303PANEL RECTIFICADOR	C303	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	269 Hrs	25,083	99%
C301PANEL RECTIFICADOR	C301	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	3000 Hrs	269 Hrs	23,546	99%
C304PANEL RECTIFICADOR	C304	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	266 Hrs	23,323	99%
C307PANEL RECTIFICADOR	C307	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	258 Hrs	19,246	99%
C310PANEL RECTIFICADOR	C310	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	249 Hrs	15,776	98%
C308PANEL RECTIFICADOR	C308	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	255 Hrs	15,928	98%
C305PANEL RECTIFICADOR	C305	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	263 Hrs	16,147	98%
C306PANEL RECTIFICADOR	C306	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	261 Hrs	14,193	98%
C309PANEL RECTIFICADOR	C309	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	252 Hrs	13,338	98%
C305PANEL RECTIFICADOR	C305	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	265 Hrs	8,635	97%
C306PANEL RECTIFICADOR	C306	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	262 Hrs	8,059	97%
C309PANEL RECTIFICADOR	C309	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	253 Hrs	7,363	97%
C308PANEL RECTIFICADOR	C308	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	256 Hrs	2,564	89%
C301PANEL RECTIFICADOR	C301	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	3000 Hrs	270 Hrs	2,769	89%
C302PANEL RECTIFICADOR	C302	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	3000 Hrs	281 Hrs	2,418	88%
C304PANEL RECTIFICADOR	C304	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	268 Hrs	1,766	85%
C307PANEL RECTIFICADOR	C307	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	259 Hrs	1,699	85%
C310PANEL RECTIFICADOR	C310	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	250 Hrs	1,314	81%
C303PANEL RECTIFICADOR	C303	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	1 año	265 Hrs	980	73%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.18 Disponibilidad eléctrica de Rectificador principal post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS EN PM EN 6000 HRS	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K312PANEL RECTIFICADOR	K312	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	275 Hrs	1 año	15,291	98%
K318PANEL RECTIFICADOR	K318	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	252 Hrs	1 año	13,783	98%
K314PANEL RECTIFICADOR	K314	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	258 Hrs	1 año	13,997	98%
K313PANEL RECTIFICADOR	K313	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	266 Hrs	1 año	14,358	98%
K311PANEL RECTIFICADOR	K311	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	269 Hrs	1 año	13,279	98%
K317PANEL RECTIFICADOR	K317	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	267 Hrs	1 año	12,534	98%
K316PANEL RECTIFICADOR	K316	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	263 Hrs	1 año	12,334	98%
K319PANEL RECTIFICADOR	K319	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	265 Hrs	1 año	11,388	98%
K320PANEL RECTIFICADOR	K320	PANEL RECTIFICADOR	930E-2_	6,000	261 Hrs	1 año	10,428	97%
K315PANEL RECTIFICADOR	K315	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	268 Hrs	1 año	7,917	97%
K315PANEL RECTIFICADOR	K315	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	249 Hrs	1 año	5,670	96%
K311PANEL RECTIFICADOR	K311	PANEL RECTIFICADOR	930E-1_	6,000	277 Hrs	1 año	1,060	74%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.19 Disponibilidad eléctrica Panel AFSE pre implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C304MODULO AFSE	C304	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	23,323	261 Hrs	99%
C302MODULO AFSE	C302	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	22,487	258 Hrs	99%
C308MODULO AFSE	C308	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	6000 Hrs	21,281	281 Hrs	99%
C301MODULO AFSE	C301	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	18,388	269 Hrs	99%
C310MODULO AFSE	C310	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	15,776	235 Hrs	99%
C306MODULO AFSE	C306	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	16,828	253 Hrs	98%
C303MODULO AFSE	C303	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	16,477	255 Hrs	98%
C305MODULO AFSE	C305	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	16,575	265 Hrs	98%
C307MODULO AFSE	C307	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	14,502	256 Hrs	98%
C309MODULO AFSE	C309	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	12,986	265 Hrs	98%
C303MODULO AFSE	C303	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	9,586	249 Hrs	97%
C305MODULO AFSE	C305	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	8,207	252 Hrs	97%
C301MODULO AFSE	C301	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	8,676	269 Hrs	97%
C309MODULO AFSE	C309	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	6,979	250 Hrs	96%
C302MODULO AFSE	C302	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	6,951	266 Hrs	96%
C307MODULO AFSE	C307	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	6,443	270 Hrs	96%
C308MODULO AFSE	C308	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	5,917	268 Hrs	95%
C306MODULO AFSE	C306	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	3,789	262 Hrs	89%
C301MODULO AFSE	C301	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	2,196	277 Hrs	87%
C304MODULO AFSE	C304	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	1,766	263 Hrs	85%
C310MODULO AFSE	C310	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	1,314	268 Hrs	80%
C309MODULO AFSE	C309	MODULO AFSE	930E-1_	16,000	3000 Hrs	736	259 Hrs	65%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.20 Disponibilidad eléctrica Panel AFSE post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	Est	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311MODULO AFSE	K311	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	14,339	AI	275 Hrs	98%
K312MODULO AFSE	K312	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	15,291	AI	252 Hrs	98%
K313MODULO AFSE	K313	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	4,649	AI	258 Hrs	94%
K313MODULO AFSE	K313	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	16,154	R	266 Hrs	98%
K314MODULO AFSE	K314	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	13,997	AI	269 Hrs	98%
K315MODULO AFSE	K315	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	13,587	AI	267 Hrs	98%
K316MODULO AFSE	K316	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	11,551	AI	263 Hrs	98%
K316MODULO AFSE	K316	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	783	R	265 Hrs	66%
K317MODULO AFSE	K317	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	12,534	AI	261 Hrs	98%
K318MODULO AFSE	K318	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	13,783	AI	268 Hrs	98%
K319MODULO AFSE	K319	MODULO AFSE	930E-1	6000 Hrs	11,388	AI	249 Hrs	98%
K320MODULO AFSE	K320	MODULO AFSE	930E-2	6000 Hrs	10,428	AI	277 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.21 Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP1 pre implementación

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C301CONTACTOR RP1	C301	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	3000 Hrs	4,123	277 Hrs	93%
C301CONTACTOR RP1	C301	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	3000 Hrs	24,337	269 Hrs	99%
C302CONTACTOR RP1	C302	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	3000 Hrs	677	269 Hrs	60%
C303CONTACTOR RP1	C303	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	980	258 Hrs	74%
C303CONTACTOR RP1	C303	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	25,083	249 Hrs	99%
C304CONTACTOR RP1	C304	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	25,089	255 Hrs	99%
C305CONTACTOR RP1	C305	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	395	263 Hrs	33%
C305CONTACTOR RP1	C305	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	24,387	261 Hrs	99%
C306CONTACTOR RP1	C306	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	22,252	252 Hrs	99%
C307CONTACTOR RP1	C307	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	581	265 Hrs	54%
C307CONTACTOR RP1	C307	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	20,364	262 Hrs	99%
C308CONTACTOR RP1	C308	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	20,755	253 Hrs	99%
C309CONTACTOR RP1	C309	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	20,701	256 Hrs	99%
C310CONTACTOR RP1	C310	CONTACTOR RP1	930E-1	10,000	1 año	17,090	270 Hrs	98%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.22 Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP1 post implementación.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311CONTACTOR RP1	K311	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	14,339	275 Hrs	98%
K312CONTACTOR RP1	K312	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	15,291	252 Hrs	98%
K313CONTACTOR RP1	K313	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	14,358	258 Hrs	98%
K314CONTACTOR RP1	K314	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	13,997	266 Hrs	98%
K315CONTACTOR RP1	K315	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	13,587	269 Hrs	98%
K316CONTACTOR RP1	K316	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	12,334	267 Hrs	98%
K317CONTACTOR RP1	K317	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	12,534	263 Hrs	98%
K318CONTACTOR RP1	K318	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	13,783	265 Hrs	98%
K319CONTACTOR RP1	K319	CONTACTOR RP1	930E-1_	10,000	1 año	11,388	261 Hrs	98%
K320CONTACTOR RP1	K320	CONTACTOR RP1	930E-2_	10,000	1 año	10,428	268 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.23 Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP2 pre implementación.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C301CONTACTOR RP2	C301	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	3000 Hrs	4,123	277 Hrs	93%
C301CONTACTOR RP2	C301	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	3000 Hrs	24,337	269 Hrs	99%
C302CONTACTOR RP2	C302	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	3000 Hrs	677	269 Hrs	60%
C302CONTACTOR RP2	C302	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	3000 Hrs	28,761	266 Hrs	99%
C303CONTACTOR RP2	C303	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	980	258 Hrs	74%
C303CONTACTOR RP2	C303	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	25,083	249 Hrs	99%
C304CONTACTOR RP2	C304	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	25,089	255 Hrs	99%
C305CONTACTOR RP2	C305	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	395	263 Hrs	33%
C306CONTACTOR RP2	C306	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	22,252	252 Hrs	99%
C307CONTACTOR RP2	C307	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	581	265 Hrs	54%
C307CONTACTOR RP2	C307	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	20,364	262 Hrs	99%
C308CONTACTOR RP2	C308	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	20,755	253 Hrs	99%
C309CONTACTOR RP2	C309	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	20,701	256 Hrs	99%
C310CONTACTOR RP2	C310	CONTACTOR RP2	930E-1_	10,000	1 año	17,090	270 Hrs	98%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.24 Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP2 post implementación.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311CONTACTOR RP2	K311	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	14,339	275 Hrs	98%
K312CONTACTOR RP2	K312	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	15,291	252 Hrs	98%
K313CONTACTOR RP2	K313	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	14,358	258 Hrs	98%
K314CONTACTOR RP2	K314	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	13,997	266 Hrs	98%
K315CONTACTOR RP2	K315	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	13,587	269 Hrs	98%
K316CONTACTOR RP2	K316	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	12,334	267 Hrs	98%
K317CONTACTOR RP2	K317	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	12,534	263 Hrs	98%
K318CONTACTOR RP2	K318	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	13,783	265 Hrs	98%
K319CONTACTOR RP2	K319	CONTACTOR R RP2	930E-1_	10,000	1 año	11,388	261 Hrs	98%
K320CONTACTOR RP2	K320	CONTACTOR R RP2	930E-2_	10,000	1 año	10,428	268 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.25 Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP3 pre implementación.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C301CONTACTOR RP3	C301	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	3000 Hrs	4,123	277 Hrs	93%
C301CONTACTOR RP3	C301	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	3000 Hrs	24,337	269 Hrs	99%
C302CONTACTOR RP3	C302	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	3000 Hrs	677	269 Hrs	60%
C302CONTACTOR RP3	C302	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	3000 Hrs	28,761	266 Hrs	99%
C303CONTACTOR RP3	C303	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	980	258 Hrs	74%
C303CONTACTOR RP3	C303	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	25,083	249 Hrs	99%
C304CONTACTOR RP3	C304	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	25,089	255 Hrs	99%
C305CONTACTOR RP3	C305	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	395	263 Hrs	33%
C306CONTACTOR RP3	C306	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	22,252	252 Hrs	99%
C307CONTACTOR RP3	C307	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	581	265 Hrs	54%
C307CONTACTOR RP3	C307	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	20,364	262 Hrs	99%
C308CONTACTOR RP3	C308	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	20,755	253 Hrs	99%
C309CONTACTOR RP3	C309	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	20,701	256 Hrs	99%
C310CONTACTOR RP3	C310	CONTACTOR R RP3	930E-1_	10,000	1 año	17,090	270 Hrs	98%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.26 Disponibilidad eléctrica Contactores de retardo RP3 post implementación

ID INTERNO	TRUC K ID	COMPONEN TE INTERNO	Model o	HORAS REEMPLA ZO POR CONDICIO N	HORAS DE GARANT IA	HORAS DE COMPONEN TE TOTAL	HORA S EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDA D EN FUNCIONAMIE NTO
K311CONTACTOR RP3	K311	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	14,339	275 Hrs	98%
K312CONTACTOR RP3	K312	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	15,291	252 Hrs	98%
K313CONTACTOR RP3	K313	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	14,358	258 Hrs	98%
K314CONTACTOR RP3	K314	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	13,997	266 Hrs	98%
K315CONTACTOR RP3	K315	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	13,587	269 Hrs	98%
K316CONTACTOR RP3	K316	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	12,334	267 Hrs	98%
K317CONTACTOR RP3	K317	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	12,534	263 Hrs	98%
K318CONTACTOR RP3	K318	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	13,783	265 Hrs	98%
K319CONTACTOR RP3	K319	CONTACTO R RP3	930E- 1_	10,000	1 año	11,388	261 Hrs	98%
K320CONTACTOR RP3	K320	CONTACTO R RP3	930E- 2_	10,000	1 año	10,428	268 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.27 Disponibilidad eléctrica de contactor de propulsión GF pre implementación

ID INTERNO	TRUC K ID	COMPONEN TE INTERNO	Model o	HORAS REEMPLA ZO POR CONDICIO N	HORAS DE GARANT IA	HORAS DE COMPONEN TE TOTAL	HORA S EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDA D EN FUNCIONAMIE NTO
C302CONTACTOR GF	C302	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	3000 Hrs	28,597	269 Hrs	99%
C301CONTACTOR GF	C301	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	3000 Hrs	28,460	277 Hrs	99%
C304CONTACTOR GF	C304	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	25,089	249 Hrs	99%
C303CONTACTOR GF	C303	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	25,757	258 Hrs	99%
C305CONTACTOR GF	C305	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	24,387	263 Hrs	99%
C306CONTACTOR GF	C306	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	22,252	261 Hrs	99%
C309CONTACTOR GF	C309	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	20,701	253 Hrs	99%
C308CONTACTOR GF	C308	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	20,755	262 Hrs	99%
C307CONTACTOR GF	C307	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	20,364	265 Hrs	99%
C310CONTACTOR GF	C310	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	17,090	256 Hrs	99%
C302CONTACTOR GF	C302	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	3000 Hrs	841	269 Hrs	68%
C307CONTACTOR GF	C307	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	581	252 Hrs	57%
C305CONTACTOR GF	C305	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	395	255 Hrs	36%
C303CONTACTOR GF	C303	CONTACTO R GF	930E- 1_	10,000	1 año	306	266 Hrs	13%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.28 Disponibilidad eléctrica de contactor de propulsión GF post implementación

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORASL DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311CONTACTOR GF	K311	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	637	269 Hrs	58%
K311CONTACTOR GF	K311	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	13,702	277 Hrs	98%
K312CONTACTOR GF	K312	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	15,291	249 Hrs	98%
K313CONTACTOR GF	K313	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	14,358	258 Hrs	98%
K314CONTACTOR GF	K314	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	13,997	263 Hrs	98%
K315CONTACTOR GF	K315	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	13,587	261 Hrs	98%
K316CONTACTOR GF	K316	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	12,334	253 Hrs	98%
K317CONTACTOR GF	K317	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	12,534	262 Hrs	98%
K318CONTACTOR GF	K318	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	13,783	265 Hrs	98%
K319CONTACTOR GF	K319	CONTACTOR GF	930E-1_	10,000	1 año	11,388	256 Hrs	98%
K320CONTACTOR GF	K320	CONTACTOR GF	930E-2_	10,000	1 año	10,428	269 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.29 Disponibilidad eléctrica Bobina DIT pre implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORASL DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C301BOBINAS DIT	C301	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	12,422	249 Hrs	98%
C302BOBINAS DIT	C302	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	6000 Hrs	14,988	258 Hrs	98%
C303BOBINAS DIT	C303	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	6000 Hrs	10,778	263 Hrs	98%
C303BOBINAS DIT	C303	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	12,225	261 Hrs	98%
C304BOBINAS DIT	C304	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	17,490	253 Hrs	99%
C305BOBINAS DIT	C305	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	16,661	262 Hrs	98%
C306BOBINAS DIT	C306	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	11,494	265 Hrs	98%
C307BOBINAS DIT	C307	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	14,538	256 Hrs	98%
C308BOBINAS DIT	C308	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	17,258	261 Hrs	98%
C309BOBINAS DIT	C309	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	16,178	253 Hrs	98%
C310BOBINAS DIT	C310	BOBINAS DIT	930E-1_	10,000	3000 Hrs	15,776	262 Hrs	98%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.30 Disponibilidad eléctrica Bobina DIT post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORASL DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K314BOBINAS DIT	K314	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		13,997	263 Hrs	98%
K312BOBINAS DIT	K312	BOBINAS DIT	930E-1	10,000	6000 Hrs	13,671	266 Hrs	98%
K316BOBINAS DIT	K316	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		11,073	249 Hrs	98%
K311BOBINAS DIT	K311	BOBINAS DIT	930E-1	10,000	1 AÑO	11,538	275 Hrs	98%
K313BOBINAS DIT	K313	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		9,786	267 Hrs	97%
K319BOBINAS DIT	K319	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		9,786	275 Hrs	97%
K315BOBINAS DIT	K315	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		11,184	369 Hrs	97%
K320BOBINAS DIT	K320	BOBINAS DIT	930E-2	10,000		7,987	295 Hrs	96%
K318BOBINAS DIT	K318	BOBINAS DIT	930E-1	10,000	6000 H	5,805	265 Hrs	95%
K317BOBINAS DIT	K317	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		4,721	269 Hrs	94%
K313BOBINAS DIT	K313	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		4,572	269 Hrs	94%
K317BOBINAS DIT	K317	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		4,436	277 Hrs	94%
K318BOBINAS DIT	K318	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		6,738	458 Hrs	93%
K311BOBINAS DIT	K311	BOBINAS DIT	930E-1	10,000	1 AÑO	2,801	252 Hrs	91%
K320BOBINAS DIT	K320	BOBINAS DIT	930E-2	10,000		2,441	252 Hrs	90%
K315BOBINAS DIT	K315	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		2,403	265 Hrs	89%
K317BOBINAS DIT	K317	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		3,377	425 Hrs	87%
K312BOBINAS DIT	K312	BOBINAS DIT	930E-1	10,000	6000 Hrs	1,620	258 Hrs	84%
K316BOBINAS DIT	K316	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		1,261	268 Hrs	79%
K318BOBINAS DIT	K318	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		1,240	267 Hrs	78%
K319BOBINAS DIT	K319	BOBINAS DIT	930E-1	10,000		1,602	359 Hrs	78%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.31 Disponibilidad eléctrica Condensadores CIF pre implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C301CONDENSADORES CIF	C301	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	28,460	249 Hrs	99%
C302CONDENSADORES CIF	C302	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	29,438	258 Hrs	99%
C303CONDENSADORES CIF	C303	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	26,063	263 Hrs	99%
C304CONDENSADORES CIF	C304	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	25,089	261 Hrs	99%
C305CONDENSADORES CIF	C305	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	24,782	253 Hrs	99%
C306CONDENSADORES CIF	C306	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	22,252	262 Hrs	99%
C307CONDENSADORES CIF	C307	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	20,945	265 Hrs	99%
C308CONDENSADORES CIF	C308	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	20,755	256 Hrs	99%
C309CONDENSADORES CIF	C309	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	20,701	261 Hrs	99%
C310CONDENSADORES CIF	C310	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	3000 Hrs	17,090	253 Hrs	99%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.32 Disponibilidad eléctrica Condensadores CIF post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311CONDENSADORES CIF	K311	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		14,339	275 Hrs	98%
K312CONDENSADORES CIF	K312	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000	6000 Hrs	15,291	252 Hrs	98%
K313CONDENSADORES CIF	K313	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		14,358	258 Hrs	98%
K314CONDENSADORES CIF	K314	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		13,997	266 Hrs	98%
K315CONDENSADORES CIF	K315	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		13,587	269 Hrs	98%
K316CONDENSADORES CIF	K316	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		12,334	267 Hrs	98%
K317CONDENSADORES CIF	K317	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		12,534	263 Hrs	98%
K318CONDENSADORES CIF	K318	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		13,783	265 Hrs	98%
K319CONDENSADORES CIF	K319	CONDENSADORES CIF	930E-1_	40,000		11,388	261 Hrs	98%
K320CONDENSADORES CIF	K320	CONDENSADORES CIF	930E-2_	40,000		10,428	268 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.33 Disponibilidad eléctrica de bus bar DC LINK pre implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C301BUS BAR DCLINK	C301	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	8,927	261 Hrs	97%
C301BUS BAR DCLINK	C301	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	12,422	258 Hrs	98%
C301BUS BAR DCLINK	C301	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	7,111	281 Hrs	96%
C302BUS BAR DCLINK	C302	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	6000 Hrs	13,172	269 Hrs	98%
C302BUS BAR DCLINK	C302	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	16,266	235 Hrs	99%
C303BUS BAR DCLINK	C303	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	3,837	253 Hrs	93%
C303BUS BAR DCLINK	C303	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	6,804	255 Hrs	96%
C303BUS BAR DCLINK	C303	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	15,422	265 Hrs	98%
C304BUS BAR DCLINK	C304	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	4,119	256 Hrs	94%
C304BUS BAR DCLINK	C304	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	3,480	265 Hrs	92%
C304BUS BAR DCLINK	C304	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	17,490	249 Hrs	99%
C305BUS BAR DCLINK	C305	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	8,121	252 Hrs	97%
C305BUS BAR DCLINK	C305	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	16,661	269 Hrs	98%
C306BUS BAR DCLINK	C306	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	11,251	250 Hrs	98%
C306BUS BAR DCLINK	C306	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	11,001	266 Hrs	98%
C307BUS BAR DCLINK	C307	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	6,391	270 Hrs	96%
C307BUS BAR DCLINK	C307	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	14,554	268 Hrs	98%
C308BUS BAR DCLINK	C308	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	3,497	262 Hrs	93%
C308BUS BAR DCLINK	C308	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	17,258	277 Hrs	98%
C309BUS BAR DCLINK	C309	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	4,523	263 Hrs	94%
C309BUS BAR DCLINK	C309	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	16,178	268 Hrs	98%
C310BUS BAR DCLINK	C310	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	1,314	259 Hrs	80%
C310BUS BAR DCLINK	C310	BUS BAR DCLINK	930E-1_	16,000	3000 Hrs	15,776	269 Hrs	98%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.34 Disponibilidad eléctrica de bus bar DC LINK post implementación de procedimientos.

D INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311DC LINK BUS BAR	K311	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		14,339	281 Hrs	98%
K312DC LINK BUS BAR	K312	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000	6000 Hrs	15,291	269 Hrs	98%
K313DC LINK BUS BAR	K313	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		3,412	235 Hrs	93%
K313DC LINK BUS BAR	K313	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		10,946	253 Hrs	98%
K314DC LINK BUS BAR	K314	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		13,997	255 Hrs	98%
K315DC LINK BUS BAR	K315	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		13,587	265 Hrs	98%
K316DC LINK BUS BAR	K316	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		12,334	256 Hrs	98%
K317DC LINK BUS BAR	K317	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		5,300	265 Hrs	95%
K317DC LINK BUS BAR	K317	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		4,721	252 Hrs	95%
K318DC LINK BUS BAR	K318	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		13,783	269 Hrs	98%
K319DC LINK BUS BAR	K319	DC LINK BUS BAR	930E-1_	16,000		11,388	250 Hrs	98%
K320DC LINK BUS BAR	K320	DC LINK BUS BAR	930E-2_	16,000		10,428	266 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.35 Disponibilidad eléctrica Modulo de fase PM pre implementación de procedimientos.

COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	4,914	255 Hrs	95%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	23,546	265 Hrs	99%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	2,418	256 Hrs	89%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	21,692	265 Hrs	99%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	5,328	249 Hrs	95%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	3,767	252 Hrs	93%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	22,296	269 Hrs	99%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	5,421	270 Hrs	95%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	19,361	268 Hrs	99%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	1,348	262 Hrs	81%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	13,448	277 Hrs	98%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	12,784	263 Hrs	98%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	8,953	268 Hrs	97%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	11,992	259 Hrs	98%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	9,343	269 Hrs	97%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	11,412	270 Hrs	98%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	20,701	268 Hrs	99%
INVERSOR PM	930E-1_	20,000	3000 Hrs	17,090	262 Hrs	98%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.36 Disponibilidad eléctrica Modulo de fase PM post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORASL DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311MODULO PM	K311	MODULO PM	930E-1_	20,000		11,191	275 Hrs	98%
K311MODULO PM	K311	MODULO PM	930E-1_	20,000		2,500	252 Hrs	90%
K312MODULO PM	K312	MODULO PM	930E-1_	20,000	6000 Hrs	15,291	258 Hrs	98%
K313MODULO PM	K313	MODULO PM	930E-1_	20,000		14,358	266 Hrs	98%
K314MODULO PM	K314	MODULO PM	930E-1_	20,000		13,997	269 Hrs	98%
K315MODULO PM	K315	MODULO PM	930E-1_	20,000		18,380	267 Hrs	99%
K316MODULO PM	K316	MODULO PM	930E-1_	20,000	5000 o 1 año	397	265 Hrs	33%
K317MODULO PM	K317	MODULO PM	930E-1_	20,000		12,534	261 Hrs	98%
K318MODULO PM	K318	MODULO PM	930E-1_	20,000		13,783	268 Hrs	98%
K319MODULO PM	K319	MODULO PM	930E-1_	20,000		4,500	249 Hrs	94%
K320MODULO PM	K320	MODULO PM	930E-2_	20,000		2,564	263 Hrs	90%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.37 Disponibilidad eléctrica Modulo chopper pre implementación de procedimientos.

D INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORASL DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C304MODULO CHOPPER	C304	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	23,323	250 Hrs	99%
C302MODULO CHOPPER	C302	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	23,778	265 Hrs	99%
C301MODULO CHOPPER	C301	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	23,546	265 Hrs	99%
C303MODULO CHOPPER	C303	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	22,296	252 Hrs	99%
C309MODULO CHOPPER	C309	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	20,701	259 Hrs	99%
C307MODULO CHOPPER	C307	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	20,364	263 Hrs	99%
C305MODULO CHOPPER	C305	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	19,361	270 Hrs	99%
C302MODULO CHOPPER	C302	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	5,660	256 Hrs	95%
C301MODULO CHOPPER	C301	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	3,456	255 Hrs	93%
C304MODULO CHOPPER	C304	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	1,766	269 Hrs	85%
C303MODULO CHOPPER	C303	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	1,500	249 Hrs	83%
C305MODULO CHOPPER	C305	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	1,265	266 Hrs	79%
C310MODULO CHOPPER	C310	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	1,145	269 Hrs	77%
C307MODULO CHOPPER	C307	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	1,000	277 Hrs	72%
C306MODULO CHOPPER	C306	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	3500 Hrs	789	268 Hrs	66%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.38 Disponibilidad eléctrica Modulo chopper post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
K311MODULO CHOPPER	K311	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	14,339	275 Hrs	98%
K312MODULO CHOPPER	K312	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	3,888	252 Hrs	94%
K313MODULO CHOPPER	K313	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	14,358	266 Hrs	98%
K314MODULO CHOPPER	K314	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	13,997	269 Hrs	98%
K315MODULO CHOPPER	K315	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	13,587	267 Hrs	98%
K316MODULO CHOPPER	K316	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	12,334	263 Hrs	98%
K317MODULO CHOPPER	K317	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	7,813	265 Hrs	97%
K318MODULO CHOPPER	K318	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	13,783	268 Hrs	98%
K319MODULO CHOPPER	K319	MODULO CHOPPER	930E-1_	20,000	6000 Hrs	11,388	249 Hrs	98%
K320MODULO CHOPPER	K320	MODULO CHOPPER	930E-2_	20,000	6000 Hrs	10,428	265 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.39 Disponibilidad eléctrica de Panel PSC-TCI pre implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO
C306TARJETAS PSC-TCI	C306	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	17,020	262 Hrs	98%
C302TARJETAS PSC-TCI	C302	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	16,000	265 Hrs	98%
C301TARJETAS PSC-TCI	C301	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	14,569	250 Hrs	98%
C305TARJETAS PSC-TCI	C305	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	12,564	259 Hrs	98%
C303TARJETAS PSC-TCI	C303	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	11,033	265 Hrs	98%
C307TARJETAS PSC-TCI	C307	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	11,050	268 Hrs	98%
C310TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	C310	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	6,459	256 Hrs	96%
C309TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	C309	TARJETAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	2,536	270 Hrs	89%
C308TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	C308	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	10000 Hrs	1,502	263 Hrs	82%

Fuente : Elaboración propia

Tabla 4.40 Disponibilidad eléctrica de Panel PSC-TCI post implementación de procedimientos.

ID INTERNO	TRUCK ID	COMPONENTE INTERNO	Modelo	HORAS REEMPLAZO POR CONDICION	HORAS DE GARANTIA	HORAS DE COMPONENTE TOTAL	HORAS EN PM EN 6000 HRS	DISPONIBILIDAD EN FUNCIONAMIENTO	
K311	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K311	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		14,339	275 Hrs	98%
K312	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K312	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000	6000 Hrs	15,291	252 Hrs	98%
K313	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K313	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		14,358	258 Hrs	98%
K314	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K314	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		13,997	266 Hrs	98%
K315	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K315	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		13,587	269 Hrs	98%
K316	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K316	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		12,334	267 Hrs	98%
K317	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K317	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		12,534	263 Hrs	98%
K318	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K318	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		13,783	265 Hrs	98%
K319	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K319	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-1_	30,000		11,388	261 Hrs	98%
K320	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	K320	TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	930E-2_	30,000		10,428	268 Hrs	97%

Fuente : Elaboración propia

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Análisis estadístico de resultados.

#### 5.1.1 Tablas.

El análisis de resultados será explicado mediante la siguiente tabla adjunta que determina el incremento de disponibilidad de los componentes reparados ya que el porcentaje de fiabilidad del componente incrementa en 3.1616 % y la tasa de falla por conjunto mayor asciende a 1.36% todos los datos analizados son en referencia a las horas máxima de funcionamiento.

Tabla 5.1 Disponibilidad y horas totales en funcionamiento por componente fase pre.

	flota	componentes críticos	horas totales promedio	disponibilidad promedio
Etapa pre implementación del procedimiento de reparación	flota Komatsu c 301 - c 310	CONTACTOR RP1	15,606	87%
		CONTACTOR RP2	15,606	87%
		CONTACTOR RP3	15,606	87%
		CONTACTOR GF	16,827	83%
		PANEL RECTIFICADOR	11,779	94%
		CONDENSADORES CIF	23,558	99%
		TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	10,633	95%
		MODULO AFSE	11,037	94%
		INVERSOR PM	12,045	96%
		MODULO CHOPPER	11,003	97%
		BUS BAR DCLINK	10,242	96%
BOBINAS DIT	14,528	98%		

Fuente : Elaboración Propia

Tabla 5.2 Disponibilidad y horas totales en funcionamiento por componente fase pre.

	flota	componentes críticos	horas totales promedio	disponibilidad promedio
Etapa pre implementación del procedimiento de reparación	flota Komatsu c 301 - c 310	CONTACTOR RP1	15,606	87%
		CONTACTOR RP2	15,606	87%
		CONTACTOR RP3	15,606	87%
		CONTACTOR GF	16,827	83%
		PANEL RECTIFICADOR	11,779	94%
		CONDENSADORES CIF	23,558	99%
		TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	10,633	95%
		MODULO AFSE	11,037	94%
		INVERSOR PM	12,045	96%
		MODULO CHOPPER	11,003	97%
		BUS BAR DCLINK	10,242	96%
		BOBINAS DIT	14,528	98%

Fuente : Elaboración Propia

Tabla 5.3 Disponibilidad y horas totales en funcionamiento por componente fase Post.

	flota	componentes críticos	horas totales promedio	disponibilidad promedio
Etapa post implementación del procedimiento de reparación	flota Komatsu c 311 - c 320	Contactador rp1	13,204	98%
		Contactador rp2	13,204	98%
		Contactador rp3	13,204	98%
		Contactador GF	12,004	94%
		Panel rectificador	11,003	96%
		Condensadores CIF	13,204	98%
		Tarjetas electrónicas PSC-TCI	12,970	98%
		Módulo afse	11,540	95%
		Inversor pm	10,119	91%
		Modulo chopper	11,003	97%
		Bus bar dc link	10,157	96%
		Bobinas DIT	6,288	92%

Fuente : Elaboración Propia

Tabla 5.4 Tabla de resultados y comparación de disponibilidad y horas en funcionamiento.

Promedio de horas de servicio antes	promedio de horas de servicio después	disponibilidad antes	disponibilidad después
14,039	11,492	93%	98%

Fuente : Elaboración Propia

**5.1.2 Análisis de gráficos,** - Se analiza el análisis de media en la disponibilidad de componentes reparados de la flota komatsu, en criterios de disponibilidad y haras totales de funcionamiento en maquina (ver tabla 5.1 – 5.2)

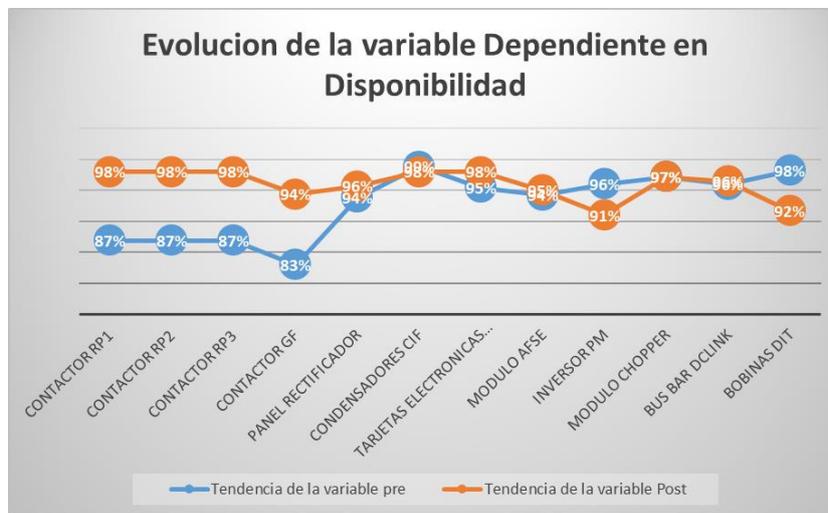


Figura 5. 1 Evolución de la variable Dependiente en Disponibilidad  
Fuente: Elaboración propia.

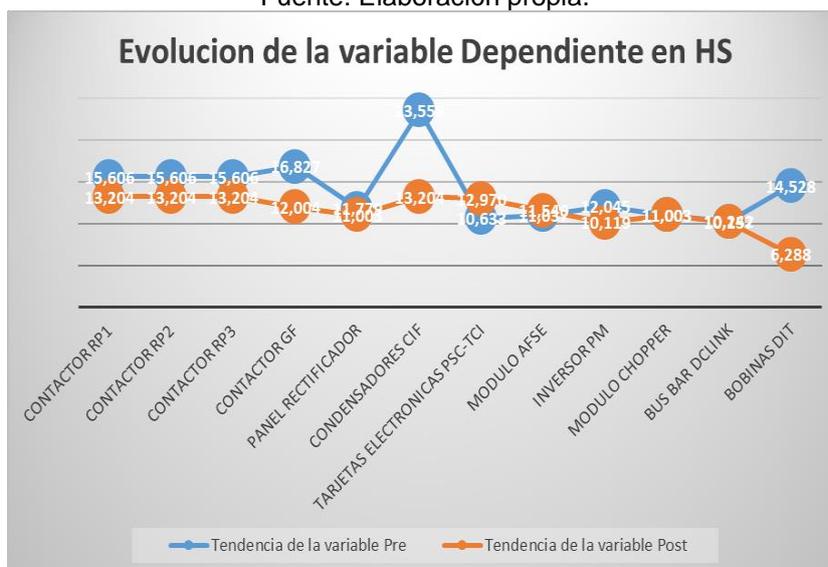


Figura 5. 2 Evolución de la variable Dependiente en HS  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Análisis Descriptivo inferencial.

Como el análisis está definido en operar dos variables, un antes y un después de haber implementado el procedimiento de reparación de componentes críticos, se realizará el análisis de disponibilidad de cada uno de ellos (referirse a tabla 5.4).

Tabla 5.5 Tabla de disponibilidad en tratamiento

componentes críticos	Disponibilidad Pre implementación	Disponibilidad Post Implementación
CONTACTOR RP1	87%	98%
CONTACTOR RP2	87%	98%
CONTACTOR RP3	87%	98%
CONTACTOR GF	83%	94%
PANEL RECTIFICADOR	94%	96%
CONDENSADORES CIF	99%	98%
TARJETAS ELECTRONICAS PSC-TCI	95%	98%
MODULO AFSE	94%	95%
INVERSOR PM	96%	91%
MODULO CHOPPER	97%	97%
BUS BAR DCLINK	96%	96%
BOBINAS DIT	98%	92%

Fuente : Elaboración Propia.

El análisis estadístico lo realizaremos mediante el programa IBM SPSS ETATISTICS (tabla a analizar 5.4)

Tabla 5.6 Análisis estadístico descriptivo  
**Descriptivos**

Componente			Estadístico	Error estándar		
Disponibilidad	RP1	Media	92,5000	5,50000		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,6159		
			Límite superior	162,3841		
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	92,5000			
		Varianza	60,500			
		Desviación estándar	7,77817			
		Mínimo	87,00			
		Máximo	98,00			
		Rango	11,00			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	.		.	
		Curtosis	.		.	
		RP2	RP2	Media	92,5000	5,50000
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,6159
Límite superior	162,3841					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	92,5000					
Varianza	60,500					
Desviación estándar	7,77817					
Mínimo	87,00					
Máximo	98,00					
Rango	11,00					
Rango intercuartil	.					
Asimetría	.				.	
Curtosis	.				.	
RP3	RP3			Media	92,5000	5,50000
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,6159
		Límite superior	162,3841			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	92,5000			
		Varianza	60,500			
		Desviación estándar	7,77817			
		Mínimo	87,00			
		Máximo	98,00			
		Rango	11,00			

	Rango intercuartil		.
	Asimetría		.
	Curtosis		.
GF	Media	88,5000	5,50000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	18,6159
		Límite superior	158,3841
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	88,5000	
	Varianza	60,500	
	Desviación estándar	7,77817	
	Mínimo	83,00	
	Máximo	94,00	
	Rango	11,00	
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		.
	Curtosis		.
RECTIFICADOR	Media	95,0000	1,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	82,2938
		Límite superior	107,7062
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	95,0000	
	Varianza	2,000	
	Desviación estándar	1,41421	
	Mínimo	94,00	
	Máximo	96,00	
	Rango	2,00	
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		.
	Curtosis		.
CONDENSADOR	Media	98,5000	,50000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	92,1469
		Límite superior	104,8531
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	98,5000	
	Varianza	,500	
	Desviación estándar	,70711	
	Mínimo	98,00	
	Máximo	99,00	
	Rango	1,00	

	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
TARJETAS	Media		96,5000	1,50000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	77,4407	
		Límite superior	115,5593	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		96,5000	
	Varianza		4,500	
	Desviación estándar		2,12132	
	Mínimo		95,00	
	Máximo		98,00	
	Rango		3,00	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
AFSE	Media		94,5000	,50000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	88,1469	
		Límite superior	100,8531	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		94,5000	
	Varianza		,500	
	Desviación estándar		,70711	
	Mínimo		94,00	
	Máximo		95,00	
	Rango		1,00	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
INVERSOR	Media		93,5000	2,50000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	61,7345	
		Límite superior	125,2655	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		93,5000	
	Varianza		12,500	
	Desviación estándar		3,53553	
	Mínimo		91,00	
	Máximo		96,00	
	Rango		5,00	

	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
CHOPPER	Media		97,0000	,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	97,0000	
		Límite superior	97,0000	
	Media recortada al 5%		97,0000	
	Mediana		97,0000	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,00000	
	Mínimo		97,00	
	Máximo		97,00	
	Rango		,00	
	Rango intercuartil		,00	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
DCLINK	Media		96,0000	,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	96,0000	
		Límite superior	96,0000	
	Media recortada al 5%		96,0000	
	Mediana		96,0000	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,00000	
	Mínimo		96,00	
	Máximo		96,00	
	Rango		,00	
	Rango intercuartil		,00	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
BOBINA	Media		95,0000	3,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	56,8814	
		Límite superior	133,1186	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		95,0000	
	Varianza		18,000	
	Desviación estándar		4,24264	
	Mínimo		92,00	
	Máximo		98,00	
	Rango		6,00	

Rango intercuartil	.	.
Asimetría	.	.
Curtosis	.	.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.7 análisis estadístico en grupo.

**Estadísticas de grupo**

Componente	N	Media	Dos. Desviación	Desv. Error promedio
Disponibilidad disponibilidad antes	12	92,7500	5,29365	1,52815
disponibilidad después	12	95,9167	2,46644	,71200

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 Prueba de hipótesis y estudio estadístico inferencial.

#### 5.3.1 Realizando la pregunta de investigación

¿Se puede implementar un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, Arequipa 2019?

La implementación del procedimiento de reparación es un factor crítico, no tan solo por mejorar la disponibilidad de los componentes críticos en mina, sino que también incrementa el factor de disponibilidad, así como también la calidad del producto que envía una vez reparado.

Los componentes electrónicos y eléctricos, no presentan curva de confiabilidad, la curva de bañera esta determinado para componentes que se evidencien un desgaste paulatino y se pueda monitorear, en cambio un componente electrónico puede fallas **1 – 30000** horas de servicio dependiendo el factor de riesgo que se maneje.

#### 5.3.2 Prueba de Hipótesis:

### **Etapa 1: Redacción de hipótesis.**

H0: No hay diferencia significativa en las medidas de disponibilidad eléctrica de componente críticos reparados en el gabinete de control antes de la implementación del procedimiento de reparación.

H1: si hay diferencia significativa en las medidas de disponibilidad eléctrica de componente críticos reparados en el gabinete de control después de la implementación del procedimiento de reparación.

### **Etapa 2: Definición del nivel de significancia.**

Alfa = 0.05 = 5%, Recomendado para análisis del tipo pre experimental.

### **Etapa 3: Selección de la prueba a realizar.**

En el desarrollo del proyecto se ha establecido dos muestras relacionadas al mismo enfoque, (en la cual nuestra unidad de observación fue flota de camiones Komatsu, en tanto al realizar un estudio de la base datos de identificar componentes críticos para su evaluación por horas de servicio, en tanto determinamos un estudio longitudinal.

Como determinamos nuestra variable independiente la implementación de un procedimiento de reparación, nos hace referencia a realizar un estudio estadístico entre un antes y un después de aplicado dicho procedimiento.

La variable de disponibilidad de componentes será numérica.  
(evaluar la imagen 5.1)

Variable Aleatoria Variable Fija		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
		NOMINAL DICOTÓMICA	NOMINAL POLITÓMICA	ORDINAL	NUMÉRICA
Estudio Transversal Muestras Independientes	Un grupo	$\chi^2$ Bondad de ajuste Binomial	$\chi^2$ Bondad de ajuste	$\chi^2$ Bondad de ajuste	T de Student (una muestra)
	Dos grupos	$\chi^2$ Bondad de ajuste Corrección de Yates Test exacto de Fisher	$\chi^2$ de Homogeneidad	U Mann-Withney	T de Student (muestras independientes)
	Más de dos grupos	$\chi^2$ Bondad de ajuste	$\chi^2$ Bondad de ajuste	H Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor INTERsujetos
Estudio Longitudinal	Dos medidas	Mc Nemar	Q de Cochran	Wilcoxon	T de Student (muestras relacionadas)
Muestras Relacionadas	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetidas (INTRAsujeto)

Figura 5. 3 Evaluación de pruebas paramétricas

Fuente: Estadística inferencia y descriptiva

Haciendo uso del modelo t de student para dos muestras relacionadas. Haciendo uso de IBM SPSS STACTICS configuramos los siguiente.

- Nivel de medida: Métricas, de razón o intervalo.
- Distribución: En este caso en particular Normal.
- Diferencia de varianza: Se debe analizas y hallar.
- Observaciones: Pre- Post Implementación.
- Validación de hipótesis: Se pondrá a prueba la validación de  $H_0 - H_1$ .

#### **Etapas 4: Calcular el P-Valor.**

Lo utilizamos para hallar la normalidad en el estudio t de student.

- Kolmogorov-Smirnov: muestras (> 30 observaciones)
- Shapiro-Wilk: muestras (< 30 observaciones)
  - Criterio para determinar la normalidad.
- $P\text{-valor} \geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  = Los data análisis son de una distribución normal.
- $P\text{-valor} < \alpha$  Aceptar  $H_1$  = Los data análisis son de una distribución normal.

Haciendo uso del software IBM SPSS STACTICS

Tabla 5.8 Prueba de normalidad.

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
Componente		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad	disponibilidad antes	,260	12	,024	,873	12	,072
	disponibilidad después	,218	12	,122	,831	12	,022
Análisis de la normalidad							
P valor (disponibilidad antes)		0.072		>	0.05		α
P valor (Disponibilidad Después)		0.022		<	0.05		α

Fuente: Elaboración Propia

### Etapa 5: Decisión estadística.

Análisis y decisión utilizando el Software IBM SPSS estactics

Tabla 5.9 Prueba de muestras independientes.

#### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	Se asumen varianzas iguales	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Disponibilidad	Se asumen varianzas iguales	9,932	,05	1,878	22	,074	-3,16667	1,68587	6,66296	,32962
	No se asumen varianzas iguales			1,878	15,561	,079	-3,16667	1,68587	6,74877	,41544

Fuente: Elaboración Propia

- a. P-valor es  $0.05 = \alpha$
- b. T calculado **(-3.16) se encuentra determinado en zona de rechazo ( $< -1.87$ )**
- c. En tanto haciendo el análisis correspondiente se determina lo siguiente.
- d. H1: Se tiene una diferencia significativa en la disponibilidad en horas de servicio de los componentes críticos del gabinete de control, se valida la implementación del procedimiento de reparación de gabinetes de control.

## 5.4 Discusión de resultados

- a. Se demuestra en base a los resultados alcanzados que hay un aumento significativo en la disponibilidad de los componentes reparados que se instalan en el gabinete de control, el análisis normalmente se realiza en grupo, o población en el cual determinamos un incremento del 3.16 %, pero este análisis se analizó en horas promedio de 11.492 Hrs, lo que hace aún más tentador evaluar los resultados a los iniciales, en el cual el porcentaje de disponibilidad se incrementaría aun 6%. (revisar tabla 5.6, 5.3). Así mismo se denota el análisis de por qué se acepta o rechaza la hipótesis marcada inicialmente.
  - Si la probabilidad obtenida P-valor  $\leq \alpha$ , se rechaza H0 (se acepta H1)
  - Si la probabilidad obtenida P-valor  $> \alpha$ , no se rechaza H0 (se acepta H0)
- b. En base al análisis de los resultados del T de student se afirma que como el T calculado es menor al t inferencial de error de la media, esta se encuentra fuera del gráfico en zona de rechazo. Por lo tanto, se niega H0 y se acepta H1.
- c. En base al resultado final se deduce, que se ha podido reducir el margen de falla entre el antes y después del estudio haciendo válido nuestra hipótesis y que esta investigación tiene relevancia, no solo técnica también en temas monetarios para las empresas de gran minería, que es un factor importante que el equipo esté operando constantemente para generar mayor beneficio y que las paradas de mantenimiento sean programadas.

- d. El margen de utilidad neta en una reparación de gabinete de control, que conlleva todos los componentes dentro del proceso está generando una ganancia de aproximadamente \$ 119,496.65, esto viene a ser 36.11% de la reparación total, este es un buen indicador de ganancia neta para la empresa que realizar el proceso.
- e. En la realización del diseño del procedimiento de trabajo, se determinó controles críticos a poner en consideración en cualquier etapa del trabajo asociados a reparación, se sabe por índice de falla actual que el 1.36% de componentes fallan en forma prematura antes de las 100 horas de funcionamiento y que el 26.35% en un lapso de 1000 horas de funcionamiento respectivamente.
- f. En el bloque de procedimiento de trabajo, los temparios son ajustables a la necesidad de la operación, a esto se suma el incremento de personal que puede tener una organización y varias paulatinamente los tiempos de reparación, se asume un margen de 15 días calendarios para la realización de las tareas de reparación, con un mínimo de 6 (seis) personas debidamente capacitadas.
- g. En base al análisis de (ANTONIO ARMAS, 2016), en su proyecto de gestión de mantenimiento de maquinaria de confitados, se deduce que el aumento del porcentaje de funcionamiento de las maquinas implementando su proyecto alcanzo un crecimiento del 4.5% en referencia a lo que se tenia, en el presente tenemos un porcentaje de crecimiento del 3.16%, nuestro factor mas importante es la reduccion del margen de falla de los componentes criticos en el gabinete de control, que haciendo un estudio minucioso y amplio en una flota mayor puede incrementarse hasta en un 10%.

## CONCLUSIONES

- Se ha logrado realizar la implementación del diseño del procedimiento de reparación para gabinete de control, de la flota de equipos Komatsu 930E-1, así mismo se establece que como el gabinete de control es el componente de mayor criticidad dentro del camión, esta debe ser reparada por personal capacitado y debidamente entrenado.
- Se ha desarrollado con en forma satisfactoria el diseño del procedimiento de reparación de los componentes críticos del sistema de control.
- Se han realizado los Check list y documentos estándar para realizar las labores de evaluación, armado y pruebas de los componentes críticos del sistema de control electrónico.
- Se ha desarrollado un análisis técnico y económico del costo de las operaciones en la reparación de un componente, el costo de H-H para dicho proceso, además implementar un tempario de procesos en el cual se detalla cada etapa con sus respectivos requerimientos de personal y tiempos establecidos. Se ha desarrollado un análisis estadístico basado en el T de student en donde se llegó a la conclusión de que la variable dependiente genera un aumento de disponibilidad representada en un 3.16 hasta 6% de total y que se tiene una reducción en el margen de falla de los componentes entre un antes y un después de implementado el proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- **AGUILAR PEÑA, Juan D y OLID MORENO, Marta. 2005.** *Electronica de Potencia*. Escuela Politecnica Superior: Universidad De Jaen, Madrid, España, España : Juan Domingo Aguilar Peña, 2005.
- **ANTONIO ARMAS, Luis Rene. 2016.** *Gestión De Mantenimiento Para Mejorar La Disponibilidad Mecánica De La Maquinaria De Confitados En Industrias Alimentarias S.R.L.* , Tesis de grado en la Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo, Peru : 2016.
- **GENERAL ELECTRIC. 2014.** 17KG498 Control Group Ovehaul. Illinois : s.n., 2014. GEK-91689.
- **KOMATSU. 1998.** Shop Manual 930E-3. *Manual de Reparacion*. EEUU : s.n., 1998. A30310. CEBM013300.
- **LAZARO R, Isidro. 2017.** *Electronica De Potencia*.
- **MUHAMMAD H., Rashid. 1993.** *Electronica de Potencia*. Segunda Edicion. Mexico D.F. : PRENTICE HALLH HISPANOAMERICA S.A, 1993. ISBN: 0-13-678996-X.
- **OLIVARES RAMOS, Jaime Alberto. 2017.** *Propuesta de mejora del proceso de reparación de componentes electromecánicos de camiones eléctricos en el Perú*. Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru : 2017.
- **RAYMOND A., Serway y JOHN W., Jewett, jr. 2014.** *Electricidad y magnetismo*. Novena. Mexico D.F. : Cengage Learning Editores, S.A, 2014. págs. 2-18. 978-1-133-95414-9.
- **ROJAS CORREA, Carlos Enrique. 2014.** *Mejoras En La Gestión De La Planificación Y Pautas De Mantenimiento En Los Camiones De Carguío Diesel Komatsu 830e Y 930e En La Compañía Minera Doña Inés De Collahuasi*. Universidad De Chile, Antofagasta, Chile : 2014.
- **RUIZ ROBREDO, Gustavo. A. 2001.** *Electrónica Básica para Ingenieros*. Primera edicion. España : Facultad de Ciencias universidad de cantabria, 2001. ISBN: 87-607-1933-2.
- **W. HART, Daniel. 2001.** *Introduccion a la electronica de Potencia*. Primera Edicion. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A, 2001. ISBN: 84-205-3179-0.
- **CERNA NORIEGA, Edson Javier. 2015.** *“Diseño de un plan de mejora de la efectividad global de equipos en la flota de camiones Komatsu HD 1500”*. Tesis de grado en Universidad Nacional Del Callao, Callao-Lima : 2015.
- **DUFFUAA , Salih o. 2002.** *Sistemas de mantenimiento : planeación y control*. Mexico D.F. : Limusa Wiley, 2002. ISBN: 9681859189.

- **GARCIA GARRIDO, Santiago. 2016.** Reportero industrial. *Mantenimiento 3.0.* [En línea] 03 de octubre de 2016. [Citado el: 2 de Junio de 2019.] <http://www.reporteroindustrial.com/blogs/formulas-de-calculo-deindicadores-de-disponibilidad+115450?idioma=en>.

**ANEXO 1**  
**(Matriz de consistencia)**

Formulación de problema	Objetivos	Hipótesis	Sistema de variables	Metodología
<p><b>General</b></p> <p>¿Se puede implementar un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, Arequipa 2019?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>1. ¿Cómo podemos realizar la implementación de un procedimiento de desarmado, evaluación y armado de un gabinete de control?</p> <p>2. ¿Cómo podemos realizar la implementación de un procedimiento de desarmado, evaluación y armado de un gabinete de control?</p> <p>3. Se puede establecer un procedimiento de pruebas eléctricas a los componentes principales.</p>	<p><b>General</b></p> <p>Implementar el procedimiento de reparación para gabinetes de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto, Arequipa 2019.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>1. Realizar el procedimiento de desarmado, evaluación y armado de gabinete de control para camiones repotencias 930E-1.</p> <p>2. Establecer un procedimiento de pruebas eléctricas, check list de validaciones QA a los diferentes componentes que comprende el gabinete de control.</p> <p>3. Elaborar un análisis técnico y económico en base a un análisis estadístico inferencial para la implementación del procedimiento de reparación de gabinetes de control de camiones Komatsu 930E-1.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>Se puede implementar un procedimiento de reparación para gabinetes de control de camiones repotenciados Komatsu 930E-1 en una mina de tajo abierto.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>1. Podemos realizar la implementación de un procedimiento de desarmado, evaluación y armado de un gabinete de control.</p> <p>2. Se puede establecer un procedimiento de pruebas eléctricas a los componentes principales del gabinete de control.</p> <p>3. Es posible elaborar un análisis técnico y económico de la implementación del procedimiento de reparación de gabinetes de control en fin de garantizar la inversión en equipos por parte de la empresa minera.</p>	<p><b>La variable independiente</b></p> <p>1. lo denotaremos como la implementación de un procedimiento de reparación.</p> <p><b>La variable Dependiente:</b></p> <p>2. será el análisis de disponibilidad de componentes reparados en el gabinete de control.</p>	<p><b>Método de la investigación.</b></p> <p>“El método sintético.</p> <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Investigación tecnológica</p> <p><b>Nivel de investigación.</b></p> <p>nivel de investigación Predictivo o experimental.</p> <p><b>Diseño De La Investigación.</b></p> <p>“Diseño pre experimental.</p> <p><b>Población y muestra.</b></p> <p>Según nuestro proyecto el número de camiones en evaluación y reparación (overhaul) serán sesenta y cuatro (39) camiones usados provenientes de indonesia, los cuales serán aplicados para trabajo en una mina de tajo abierto en la ciudad de Arequipa.</p>

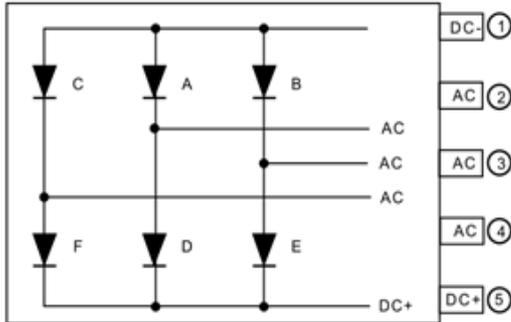
## **ANEXO 2**

**(Formatos de evaluación de componentes eléctricos/ pruebas eléctricas)**

1. DATOS DEL EQUIPO

OS SERVICIO		MODELO CAMION:		SERIE MAQUINA	
MODELO MDULO		SERIE COMP MAYOR		PERSONAL ADJUNTO:	

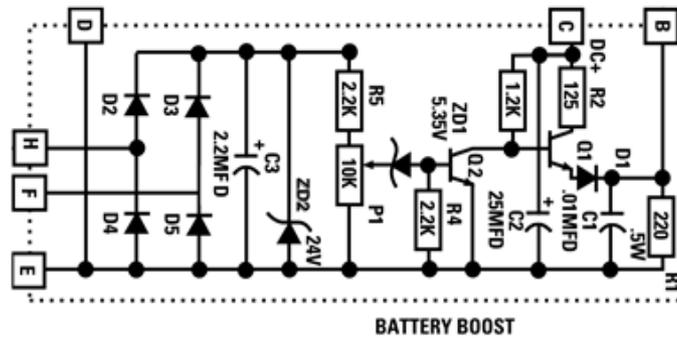
2. EVALUACIÓN DEL RECTIFICADOR PRINCIPAL (RD)



PUNTOS DE MEDICIÓN		Directa - V min	0.3
		Inversa - Vmin	OL
+	-	DIODO	Vmedido Estado
1	2	DA	
2	1	IA	
1	3	DB	
3	1	IB	
1	4	DC	
4	1	IC	
2	5	DD	
5	2	ID	
3	5	IE	
5	3	IE	
4	5	DF	
5	4	DF	

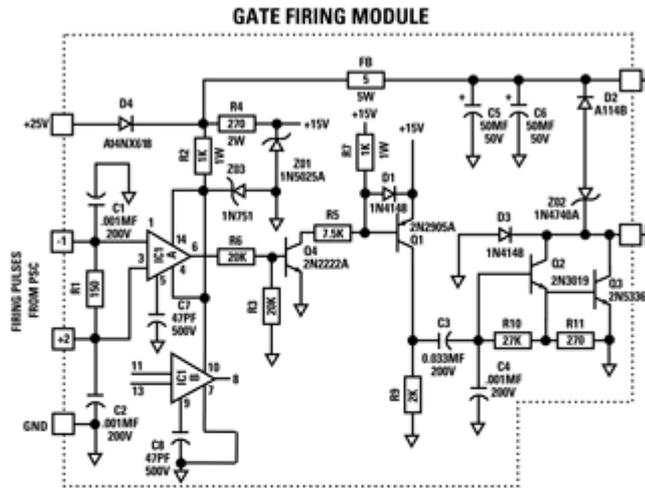
3. EVALUACIÓN DEL AFSE

3.1 BATTERY BOOST:



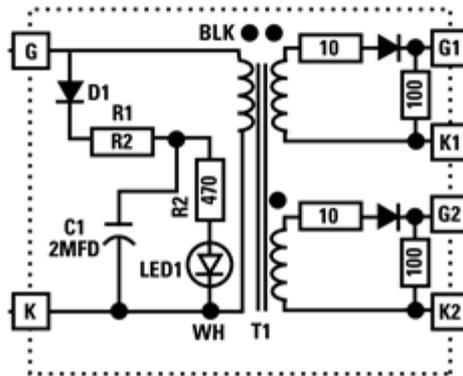
PRUEBA 1		PRUEBA 2	
C(+)/D(-)	24 V <sub>DC</sub>	C(+)/D(-)	24 V <sub>DC</sub>
H - F	10 V <sub>AC</sub>	H - F	10 V <sub>AC</sub>
Vout - (BE)		Vout - (BE)	
Estado		Estado	

### 3.2 EVALUACIÓN DE TARJETA GFM:



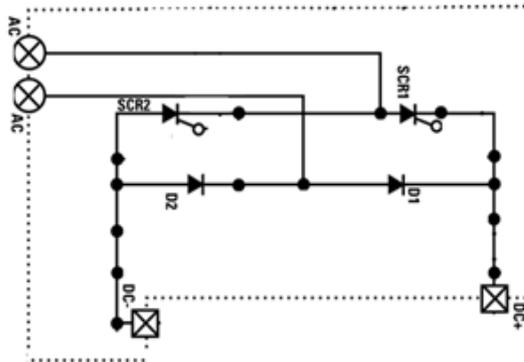
	Vin	Vout	Vout	Estado
+25V <sub>DC</sub>		Vout		
GND		Hz		
-1		Comentarios y recomendaciones:		
+2				
HZ				

### 3.3 EVALUACIÓN - DE TRANSFORMADO



	$V_{IN}$		$V_{OUT}$		$V_{OUT}$
$V_{GK}$	10 V <sub>FP</sub>	$V_{G1-K1}$		$V_{G2-K2}$	

3.4 EVALUACIÓN DE SEMICONDUCTORES:



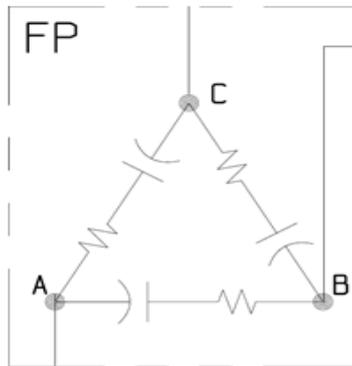
PUNTOS DE MEDICIÓN	$V_{CONDUCCIÓN}$ (0.800-0.900 VDC)	Estado
DC (-) / AC1		
AC1 / DC (-)		
DC (+) / AC2		
AC2 / DC (+)		

\* $C_{conducción\ min} = 0.350$

3.5 EVALUACIÓN - COMPONENTES DEL RECTIFICADOR MONOFASICO CONDENSADORES Y RESISTENCIAS:

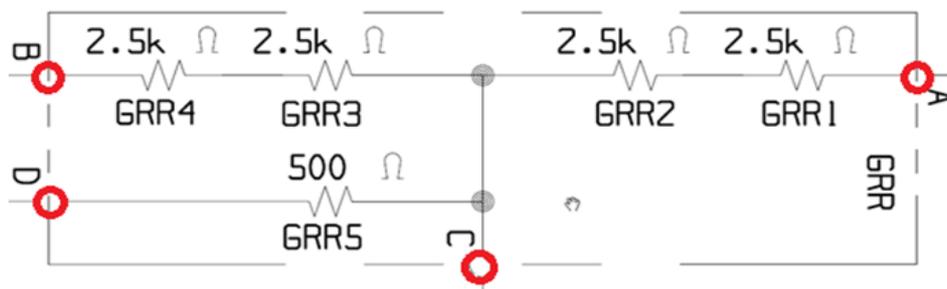
COMPONENTE	VALOR ESTANDAR	VALOR MEDIDO	ESTADO
R1	$10\ \Omega \pm 5\%$		
R2	$10\ \Omega \pm 5\%$		
R3	$10\ \Omega \pm 5\%$		
R4	$10\ \Omega \pm 5\%$		
C1	$1MFD \pm 10\%$		
C2	$1MFD \pm 10\%$		
C3	$1MFD \pm 10\%$		
C4	$1MFD \pm 10\%$		

4. EVALUACIÓN DEL FP



COMPONENTE	V ESTANDAR	V MEDIDO	ESTADO
C1	0.5 MFD $\pm$ 5%		
C2	0.5 MFD $\pm$ 5%		
C3	0.5 MFD $\pm$ 5%		
R1A	25 $\Omega$ $\pm$ 10%		
R1B	25 $\Omega$ $\pm$ 10%		
R2A	25 $\Omega$ $\pm$ 10%		
R2B	25 $\Omega$ $\pm$ 10%		
R3A	25 $\Omega$ $\pm$ 10%		
R3B	25 $\Omega$ $\pm$ 10%		

5. EVALUACION DE GRR

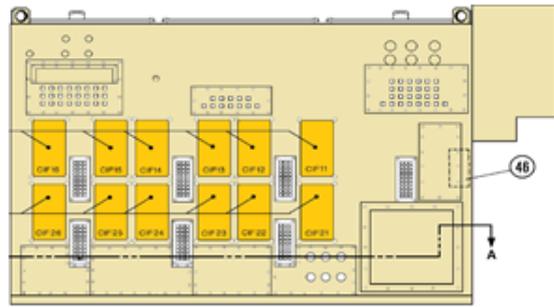


TEST ELECTRICO				
RESISTENCIA	VALOR MEDIDO	ESTADO		OBSERVACIONES
		OK	F/S	
GRR1 (2.375-2.625 K ohm)				
GRR2 (2.375-2.625 K ohm)				
GRR3 (0.475-0.525 K ohm)				
GRR4 (2.375-2.625 K ohm)				
GRR5 (2.375-2.625 K ohm)				

ITEM	INSPECCIÓN VISUAL	ESTADO		OBSERVACIONES
		OK	F/R	
1	Estado de soportes			
2	Estado de cables y barras de unión			

6. EVALUACION DE PANEL R1

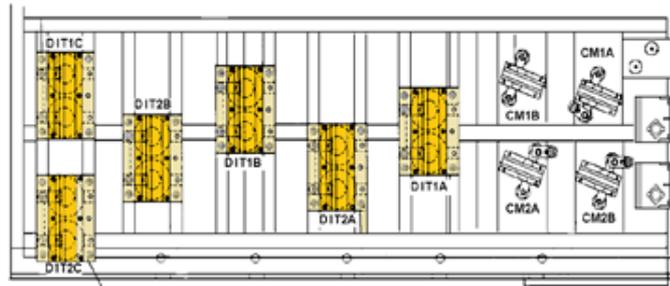
8. EVALUACION DE CONDENSADORES DE POTENCIA CIF



LECTURA DE LA MEDIDAD	MEDIDAS DE CONDENSADORES					
	CIF16	CIF15	CIF14	CIF13	CIF12	CIF11
Nº SERIE						
CAPACITANCIA (F) – VALOR ESTANDAR	2.09mF/2.7	2.09mF	2.09mF	2.09mF	2.10mF	2.09mF
CAPACITANCIA (F) – VALOR MEDIDO						
RESISTENCIA DE SENSOR (Ω) VALOR ESTANDAR	0.12 Ω	0.11 Ω	0.12 Ω	0.12 Ω	0.12 Ω	0.12 Ω
RESISTENCIA DE SENSOR (Ω) VALOR ESTANDAR						
CORRIENTE DE FUGA						
ESTADO						

LECTURA DE LA MEDIDAD	MEDIDAS DE CONDENSADORES					
	CIF16	CIF15	CIF14	CIF13	CIF12	CIF11
Nº SERIE						
CAPACITANCIA (F) – VALOR ESTANDAR	2.09mF/2.7	2.09mF	2.09mF	2.09mF	2.10mF	2.09mF
CAPACITANCIA (F) – VALOR MEDIDO						
RESISTENCIA DE SENSOR (Ω) VALOR ESTANDAR	0.12 Ω	0.11 Ω	0.12 Ω	0.12 Ω	0.12 Ω	0.12 Ω
RESISTENCIA DE SENSOR (Ω) VALOR ESTANDAR						
CORRIENTE DE FUGA						
ESTADO						

9. EVALUACION DE REACTOR ASSEMBLY DIT



LECTURA DE LA MEDIDA	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO BOBINAS DE CHOQUE					
	DIT1C	DIT2C	DIT2B	DIT1B	DIT2A	DIT1A
OHMS - MEDIDO						
TIEMPO(min)	1min	1min	1min	1min	1min	1min
OHMS – ESTANDAR	>5TΩ	>5TΩ	>5TΩ	>5TΩ	>5TΩ	>5TΩ
ESTADO						

ITEM	INSPECCIÓN VISUAL -BOBINAS DE CHOQUE	ESTADO		OBSERVACIONES
		OK	F/R	
1	Estado de terminales de bobina de choque			
2	Estado de material de aislación			
3	Estado de soporte de bobinas(fisuras en alojamiento de pernos de sujeción)			
4	Estado de pernos de ajuste entre bobinas(hilos, torque de ajuste)			
5	Medida de resistencia de aislación			

## **ANEXO 2**

**(Formato de Pruebas de 24v de todo el sistema de control del gabinete  
PSC-TCI)**

I.-PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA							
CONDICIONES DE PRUEBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>NO CONECTAR CABINA DEL OPERADOR.</li> </ul>	FECHA:	O3 GABINETE:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>APAGAR TODAS LAS LUCES DE LOS GABINETES <i>(puede generar falso contacto en mediciones)</i></li> </ul>	REALIZADO POR:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>NO ENERGIZAR.</li> </ul>	Nº GABINETE:					
ITEM	MEDICIONES	VALOR ESTÁNDAR (Ω)		VALOR MEDIDO	ESTADO		OBSERVACIONES
		MAX	MIN		OK	F/R	
<b>GABINETE DE CONTROL</b>							
1	Resistencia terminal positivo BATFU contra tierra.						
2	Resistencia barra link positiva contra tierra.						
3	Resistencia terminal de potencia superior del contactor GRR contra tierra.						
4	Resistencia terminal de potencia inferior del contactor GRR contra tierra.						
5	Resistencia terminal de potencia superior del contactor CPR contra tierra.						
6	Resistencia terminal de potencia inferior del contactor CPR contra tierra.						
7	Resistencia entre barras link positiva y negativa.						
8	Resistencia del terminal BF+ contra tierra (BFPS).						
9	Resistencia del terminal B11A contra tierra (BFPS).						
<b>TCI</b>							
10	Resistencia del cable 11 contra tierra (TCI).						
11	Resistencia del cable 712 contra tierra (TCI).						
12	Resistencia del cable 11S contra tierra (TCI).						
13	Resistencia del cable 11B contra tierra (TCI).						
14	Resistencia entre cables 712 del TCI.						
15	Resistencia entre cables GND del gabinete TCI.						
16	Resistencias de las salidas del Bloque 1 de fusibles contra tierra.						
	Posición 1.						
	Posición 2.						
	Posición 3.						
	Posición 4.						
	Posición 5.						
	Posición 6.						
	Posición 7.						
	Posición 8.						
	Posición 16.						

II.- PRUEBAS CON GABINETE ENERGIZADO SIN INTERFACE							
CONDICIONES DE PRUEBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>NO CONECTAR CABINA DEL OPERADOR/NO CONECTAR CONECTORES CN DE PANEL DE TARJETAS PSC Y TCI.</li> </ul>	FECHA:	OS GABINETE:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>APAGAR TODAS LAS LUCES DE LOS GABINETES (los lecturas podrían ser incorrectos).</li> </ul>	REALIZADO POR:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>INTERRUPTOR CPR EN OFF.</li> <li>CONECTAR FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24V/15A A POSITIVO DEL BATFU Y CABLES 11 Y 11S.</li> </ul>	OS GABINETE:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ENERGIZAR CON PRECAUCIONES DEBIDAS, PRIMERO LA FUENTE BATFU Y LA FUENTE DE ALIMENTACION DEL TCI.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>INTERRUPTOR CPR EN ON.</li> </ul>						
ITEM	MEDICIONES	VALOR ESTÁNDAR (V)		VALOR MEDIDO	ESTADO		OBSERVACIONES
		MAX	MIN		OK	F/R	
	<b>GABINETE DE CONTROL</b>						
1	Voltaje terminal positivo <b>BATFU</b> contra tierra.						
2	Voltaje barra link positiva contra tierra.						
3	Voltaje terminal de potencia superior del contactor <b>GRR</b> contra tierra.						
4	Voltaje terminal de potencia inferior del contactor <b>GRR</b> contra tierra.						
5	Voltaje terminal de potencia superior del contactor <b>CPR</b> contra tierra.						
6	Voltaje terminal de potencia inferior del contactor <b>CPR</b> contra tierra.						
7	Voltaje entre barras link positiva y negativa.						
8	Voltaje del terminal <b>BF+</b> contra tierra ( <b>BLFP</b> ).						
9	Voltaje del terminal <b>B11A</b> contra tierra ( <b>BLFP</b> ).						
10	Voltajes de entrada-salida de la fuente <b>SPS</b> .						
11	Voltajes de alimentación del <b>VMM LINKV</b> .						
12	Voltajes de alimentación del <b>VMM A3PV</b> .						
13	Voltajes de alimentación del <b>LEM CMT</b> .						
14	Voltajes de alimentación del <b>LEM CMAF</b> .						
15	Voltajes de alimentación del <b>LEM LINKI</b> .						

V. INTERFACE GABINETE – CABINA – PRUEBAS A CABINA DE OPERADOR							
CONDICIONES DE PRUEBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONECTAR CABINA DEL OPERADOR/CONECTAR CONECTORES CN DEL PANEL DE TARJETAS DEL LA P&amp;C Y TCI.</li> </ul>			FECHA:	OS GABINETE:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APAGAR TODAS LAS LUCES DE LOS GABINETES Y MANDOS DE LUCES DE LA CABINA.</li> </ul>			REALIZADO POR:			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTERRUPTOR CPR EN OFF.</li> </ul>			N°S GABINETE:			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CHAPA EN OFF.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONECTAR FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24V/15A A POSITIVO DEL BATFU Y CABLES 11 Y 11S.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ENERGIZAR EN SECUENCIA LAS FUENTES DE ALIMENTACION (PRIMERO LA FUENTES DE BATFU SIGUIENDO LA FUENTE DE ALIMENTACION DE TCI).</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTERRUPTOR GF EN ON.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTERRUPTOR CPR EN ON.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CHAPA EN ON.</li> </ul>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBSERVAR ENCENDIDO CORRECTO DE LUCES DE ALARMA Y PANEL DID DE LA CABINA.</li> </ul>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• INSTALAR FUENTE DE ALIMENTACION PARA EL SISTEMA DE 12V (validar voltaje en salida de fusibles).</li> </ul>							
ITEM	FUNCIONALIDAD Y MEDICIONES	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO			ESTADO		OBSERVACIONES
		ENCENDIDO (OK/NA)	ACCIONAMIENTO CON EL PTU (OK/NA)	VOLTAJE DE ENTRADA (V)	OK	F/R	
	CABINA DE OPERADOR						
1	Lámparas indicadores de alarmas. Pulsador CHECK						
2	Contactores RP1/RP2/RP3/GF/GFR. Test Contactores (INVERTEX)						
3	GATE DRIVE. Test Gate Drive (INVERTEX)						
4	Interruptores de corte de inversores 1-2. Real Time (INVERTEX)P&C/DID						
5	Sensor de						

	ambiente. Real Time (INVERTEX)PSC						
6	Sensor de presión atmosférica. Real Time (INVERTEX)PSC						
7	Selector de marcha. Real Time (INVERTEX)PSC						
8	Pulsador <b>OVER RIDE.</b> Real Time (INVERTEX)PSC						
9	Pulsador <b>RSC (encendido permanente por solicitud de cliente).</b> Real Time (INVERTEX)PSC						
10	Dial <b>RSC.</b> Real Time (INVERTEX)PSC						
11	Parada de emergencia motor. Real Time (INVERTEX)PSC						
12	Palanca de retardo. Real Time (INVERTEX)PSC						
13	Pedal de retardo. Real Time (INVERTEX)PSC						
14	Pedal de aceleración. Real Time (INVERTEX)PSC						
15	Puerto <b>TCL.</b> Real Time (INVERTEX) TCL						
16	Luces de carretera <b>High/Low.</b> Lampara Indicadora/Relays/Led						
17	Luces direccionales. Lampara Indicadora+Relays						
18	Neblineros. Lampara Indicadora+Relays						
19	Plumillas. Accionamiento con sistema de 12V.						

VI.-PRUEBAS ELECTRICAS A LUCES INTERMITENTES E INDICADORAS						
CONDICIONES DE PRUEBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONECTAR CABINA DEL OPERADOR/CONECTAR CONECTORES CN DEL PANEL DE TARJETAS.</li> </ul>	FECHA:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APAGAR TODAS LAS LUCES DE LOS GABINETES Y MANDOS DE LUCES DE LA CABINA.</li> </ul>	REALIZADO POR:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTERRUPTOR CPR EN OFF.</li> </ul>	NS GABINETE:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CHAPA EN OFF.</li> </ul>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONECTAR FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24V/15A A POSITIVO DEL BATFU Y CABLES 11 Y 115.</li> </ul>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ENERGIZAR CON PRECAUCIONES DEBIDAS, PRIMERO LA FUENTE BATFU A CONTINUACION ENCENDER LA FUENTES QUE ALIMENTA AL TCI.</li> </ul>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTERRUPTOR GF EN ON.</li> </ul>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INTERRUPTOR CPR EN ON.</li> </ul>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CHAPA EN ON.</li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• VERIFICAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DID Y VERIFICAR LAS DIFERENTES CONDICIONES DE PRUEBA.</li> </ul>						
ALARMA	DESCRIPCION	CABLE	REGLETA 930E-3	ACCIÓN	OBSERVACION	VERIFICACION
A1	Hydraulic Oil Temp High	34TL	34	/ABRIR		DEFAULT/OK
B1	Low Steering Pressure	33F	27	GND		OK
C1	Low Accumulator Pressure	51A	28	GND		OK
D1	Electric System Fault	79V	34	GND		OK
E1	Low Brake Pressure	338P	25/gabinete frenos	ABRIR		DEFAULT/OK
A2	Hydraulic Tank Level	34L	34	ABRIR		DEFAULT
B2	Low Automatic Lubrication Pressure	68LLP	34	GND		OK
C2	Circuit Breaker Tripped			MANUAL		OK
D2	Hydraulic Oil Filter	39	28	GND		OK
E2	Low Fuel	38	27	GND		OK
A3	Park Brake Applied	52A	25	GND		DEFAULT/OK
B3	Service Brake Applied	44R	26	24V		OK
C3	Body up	71F	27	24V		DEFAULT/OK
D3	Dynamic Retarding	44DL	23	GND		OK
E3	Stop Engine	509	30	GND		OK
A4	Starter Failure	21B	31	24V		
B4	Manual Back-Up Lights			MANUAL		OK
C4	5 Min Shutdown Timer			MANUAL		OK
D4	Retard Speed Control			MANUAL		OK
E4	Check Engine	419M	30	GND		OK
A5	No Propel/No Retard				104 (tarjeta)	

## WARNING LIGHTS MODULE

	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
E						