

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN
LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA EN LOS EQUIPOS DE AIRE
ACONDICIONADO TIPO SPLIT Y PAQUETE, DEL CONTRATO MA-24602
REALIZADO POR AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUPIAGUA –
ECOPETROL.**

**MILTON ORLANDO CELY ORDUZ
JUAN CARLOS GUTIÉRREZ MONROY**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN
LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA EN LOS EQUIPOS DE AIRE
ACONDICIONADO TIPO SPLIT Y PAQUETE, DEL CONTRATO MA-24602
REALIZADO POR AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUPIAGUA –
ECOPETROL.**

**MILTON ORLANDO CELY ORDUZ
JUAN CARLOS GUTIÉRREZ MONROY**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.**

**Director: RAFAEL ALEXANDER VARGAS RIVEROS
MSc Ingeniería Eléctrica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A Dios por permitirnos crecer profesionalmente y darnos a conocer su mano protectora.

A la Universidad Industrial de Santander por contribuir a la formación académica de la sociedad Casanareña, en especial a los docentes Isnardo Gonzales Jaimes, Holger Velandia y a todos los demás tutores que favorecieron a la creación de esta tesis, por estar siempre dispuestos a atendernos con amabilidad, responsabilidad y por sus asesorías en la realización del proyecto.

Se agradece al Ingeniero Rafael Alexander Vargas Riveros (Director de la monografía), por la Dirección adecuada para la realización de ésta; a la empresa Aire Caribe SA representada en la regional de Casanare por el Ing. Gustavo Adolfo Ospina, por el apoyo en facilitar la información y por la autorización para la utilización de equipos necesarios para la correcta consecución de la misma; al Ing. Jhonatan Torres por el apoyo en la creación de procedimientos de trabajo y al personal técnico (Rigoberto Vaca, Rubén Aguilar, Wilson Patiño y Luz Dary Rodríguez) por la ejecución técnica adecuada de cada actividad incluida en esta tesis y por ser un excelente equipo de trabajo con el que se llega a conseguir el desarrollo de este documento.

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios porque me ha permitido acceder a grandes bendiciones las cuales me han formado como persona y como profesional.

A Diana Carolina Torres, mi compañera de vida por su comprensión, apoyo y colaboración con todos mis proyectos propuestos y por su amor incondicional; También a mi hijo a quien no pude conocer ni tener entre mis brazos y que está en los cielos feliz haciendo parte de este logro.

A mis padres Pompilio Gutiérrez y Lida Monroy por su ejemplo de constancia, perseverancia y lucha por un fin que beneficie a la sociedad; por tantos años de cuidado, esfuerzo y de amor para con sus hijos (Mil Gracias).

JUAN CARLOS GUTIERREZ MONROY

DEDICATORIA

Gracias a Dios en primer lugar por ser la guía en mi camino y mi vida, a mis padres por darme siempre ese ánimo incondicional, a mi esposa y mi hija quienes siempre han dedicado tiempo para hacerme reír, llorar pero que siempre serán el apoyo de mi vida, a cada uno de mi familia y amigos que siempre me apoyaron en las decisiones diarias de la vida, para ellos dedico este trabajo y a quienes agradezco por ser siempre incondicionales conmigo

En si a cada uno de los que aportaron para que este logro hoy sea cumplido y darme cuenta que siempre puedo contar con la sinceridad de todos ustedes.

MILTON ORLANDO CELY

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN _____	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	16
2. OBJETIVOS _____	18
OBJETIVO GENERAL _____	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	18
3. JUSTIFICACION _____	19
4. MARCO REFERENCIAL _____	21
4.1 MARCO CONCEPTUAL _____	21
4.1.1. Termografía y sus aplicaciones _____	21
4.2. MARCO GEOGRÁFICO _____	23
4.3 MARCO TEORICO _____	25
4.3.1. Ventajas del Mantenimiento Predictivo _____	26
4.3.2. Teoría de la Termografía _____	28
4.3.3. Análisis y aplicaciones de la Termografía. _____	28
4.3.4. Ley de Stefan-Boltzmann _____	32
4.3.5 Espectro Electromagnético. _____	33
5. METODOLOGIA _____	37
6. RESULTADOS _____	38
6.1. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS _____	38
6.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS _____	39
6.3. PLANEACIÓN DE LA RUTA Y CRONOGRAMA DE INSPECCIÓN _____	39
6.4. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS _____	41
6.4.1 Propuesta de un plan de mantenimiento predictivo mediante la técnica de Termografía para los equipos de la SON CUPIAGUA ECOPETROL _____	48
7. CONCLUSIONES _____	49
BIBLIOGRAFIA _____	51
ANEXOS _____	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 Diferencias comparativas entre los tipos de Manttos	27
TABLA 2 Relación de equipos relevantes para el cliente	38
TABLA 3 Relación de documentos soporte	39
TABLA 4 Ruta de Inspección.	41
TABLA 5 Acciones basadas en el incremento de Temperatura	42
TABLA 6 Clase de Aislamiento según Nema	43
TABLA 7 Plan de Manto predictivo bajo la técnica de inspección infrarroja	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización general del municipio de aguazul	23
Figura 2. Localización CPF SON CUPIAGUA- ECOPETROL SA	24
Figura 3. Estrategias de mantenimiento	26
Figura 4. Imagen termográfica de edificios en VITORIA-GASTEIZ. C\BEATO	29
Figura 5. Termografía de un Motor	30
Figura 6. Región infrarroja del espectro electromagnético	33
Figura 7. Energía infrarroja reflejada en una superficie	34
Figura 8. Análisis de Kilocaloría	35
Figura 9. Cámara termográfica FLIR E5	44
Figura 10. Visualización del software para análisis de resultados	44
Figura 11. Reporte de inspección termográfica inicial	45
Figura 12. Reporte termográfico posterior al Mantenimiento Preventivo	46
Figura 13. Nivel de Satisfacción del Cliente	47

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Mantenimiento Predictivo de aire acondicionado central en área de procesos CPF CUPIAGUA (CUP-OPS-AAC-015B)	52
ANEXO B. Información técnica de los equipos de Aire Acondicionado	58
ANEXO C. Registros Termográficos recogidos en las rutas de inspección	107

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA EN LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT Y PAQUETE, DEL CONTRATO MA-24602 REALIZADO POR AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUPIAGUA*

AUTOR (ES): MILTON ORLANDO CELY ORDUZ, JUAN CARLOS GUTIERREZ MONROY**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Predictivo, Implementación, Termografía infrarroja, Radiación Infrarroja, Emisividad.

DESCRIPCIÓN: Con el fin de contribuir a la entrega de un servicio de mantenimiento adecuado, que genere alta confiabilidad y disponibilidad de los equipos a los cuales se les realiza el mantenimiento preventivo del contrato MA 24602 suscrito entre ECOPETROL SA y AIRE CARIBE SA; se implementó el mantenimiento predictivo basado en la técnica de la termografía, tomando como principio las bases y fundamentos adquiridos en el transcurso de la Especialización de Gerencia de Mantenimiento, ya que en su momento no se contaba con la realización de actividades de mantenimiento de tipo predictivo (Termografía); por lo anterior, se resalta principalmente el apoyo de la alta gerencia de Aire Caribe SA y del cliente para realizar esta implementación en sus equipos.

Con la ejecución de este proyecto, la empresa Aire Caribe SA, podrá realizar las gestiones necesarias para la realización de los mantenimientos de tipo preventivo, de una manera dirigida hacia la reducción de fallas en elementos, compuestos o condiciones, analizados bajo la técnica termográfica con el control de parámetros operacionales en los equipos de Aire Acondicionado de sus clientes y en este caso los que hacen parte del contrato MA 24602 establecido con ECOPETROL, basándose especialmente con técnicas de mantenimiento predictivo como lo es en este caso la técnica de análisis de Termografía

Para planear la inspección termográfica a todos los equipos relacionados en este documento, la ruta de la inspección se estableció de acuerdo a la prioridad de equipos y elementos que se presumen contaban con parámetros de temperatura inadecuados para evaluar posibles fallas o puntos calientes que comprometieran la integridad de los equipos.

* Monografía.

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica; Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Rafael Alexander Vargas Riveros MSc Ingeniería Eléctrica

ABSTRACT

TITLE: A PROPOSED PLAN BASED PREDICTIVE MAINTENANCE THERMOGRAPHY TECHNIQUE IN EQUIPMENT AND SPLIT TYPE AIR CONDITIONER PACKAGE OF CONTRACT MADE MA- 24602 AIR CARIBBEAN ON SON CPF Cupiagua*

AUTHOR (S): MILTON ORLANDO CELY ORDUZ, JUAN CARLOS GUTIERREZ MONROY**

KEYWORDS : Predictive Maintenance , Implementation, infrared thermography , Infrared Radiation , Emissivity .

DESCRIPTION : In order to contribute to the delivery of a proper maintenance service that generates high reliability and availability of the equipment to which they are performed preventive maintenance contract signed between MA 24602 Ecopetrol SA and SA CARIBBEAN AIR ; based predictive maintenance thermography technique was implemented , taking as the basis and foundation principle acquired in the course of the Maintenance Management Specialization , since at the time there were not performing predictive maintenance activities such (Thermography); from the above, mainly highlights the support of senior management and Air Caribe SA client for this implementation on their computers.

With the implementation of this project , the company Air Caribe SA , will take the steps necessary to perform the preventive maintenance of , in a directed towards reducing failures in elements, compounds or conditions way , analyzed under the thermographic technique control of operational parameters on Air Conditioning equipment of its customers and in this case that are part of the contract with Ecopetrol MA 24602 laid , especially based predictive maintenance techniques as in this case the analysis technique Thermography

To plan the thermographic inspection of all equipment listed in this document , the route inspection was established according to the priority of equipment and other items presumed had inadequate temperature parameters to evaluate possible failures or hot spots that compromise the integrity equipment

* Monograph

** Faculty of physical and mechanical engineering. School of Mechanical Engineering; Specialization in Maintenance Management, Director: Rafael Vargas Alexander Riveros MSc Electrical Engineering

INTRODUCCIÓN

La necesidad de implementar sistemas de mantenimiento que reduzcan costos y aumenten la confiabilidad de los equipos, está creciendo a través del tiempo y apoyados con nuevas tecnologías que faciliten y apoyen las nuevas metodologías que permitan prolongar y establecer la vida útil de los equipos y maquinarias a los cuales se pretende establecer dichas técnicas.

Es bien sabido que para establecer este tipo de técnicas, se debe establecer a qué equipos implementar dichas aplicaciones ya que es muy importante no generar una inversión en nuevas tecnologías que a la larga no se requieren o que se aplicarán a equipos a los cuales no es necesario tal inversión.

Con la ejecución de este proyecto, la empresa Aire Caribe SA, podrá realizar las gestiones necesarias para la realización de los mantenimientos de tipo preventivo, de una manera mucho más dirigida hacia la reducción de fallas en los equipos de Aire Acondicionado de sus clientes y en este caso los que hacen parte del contrato MA 24602 establecido con ECOPETROL, basándose principalmente con técnicas de mantenimiento predictivo como lo es en este caso la técnica de análisis de Termografía.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

AIRE CARIBE SA, es una empresa que presta servicios de Mantenimiento de equipos de aire acondicionado en el sector de Centros Comerciales, Aviación e Hidrocarburos, consolidándose como una de las mejores en la prestación de este servicio.

Dentro de la prestación de los servicios de mantenimiento se cuentan con clientes a nivel nacional, las empresas: AVIANCA, CINE COLOMBIA, MECÁNICOS ASOCIADOS MASA, STORK TECHNICAL SERVICES COMPANY, DRUMMOND, CERREJÓN, ECOPETROL Y EQUION

En el ejercicio de la prestación de los servicios de mantenimiento de aires acondicionados, se ha detectado falta de organización en la información de los equipos a intervenir, con el fin de tener un control de los mismos y poder ejercer y acoplar una rutina de mantenimiento de tipo predictiva y preventiva a los mismos, ya que estos están destinados para la refrigeración de subestaciones de control de turbinas y cuartos eléctricos que requieren de una temperatura adecuada y controlada tanto para el confort de personas como de los equipos que allí se operan. Por otra parte, se hace necesario la recopilación de la información y consolidación de cada uno de los componentes críticos por equipo con el fin de tener una cantidad adecuada de estos elementos como stock en almacén y mantener un control sobre los mismos en caso de requerirse con urgencia.

Los principales componentes estratégicos para desarrollar la actividad, son:

Establecer primeramente, el tipo y ubicación de los equipos a inspeccionar con la técnica de termografía infrarroja.

Se requiere evaluar los equipos mediante una primera lectura de termografía con el fin de proponer un plan de rutinas para aquellos que se determinen importantes por su valor, complejidad o importancia para el buen desarrollo de la operación del cliente.

Se requiere de la elaboración de cronogramas de mantenimiento predictivos detallados, que guíen al personal técnico en las acciones y actividades a realizar en cada uno de los equipos establecidos en la Superintendencia de Operaciones Nororiental (S.O.N) CPF CUIAGUA – ECOPETROL, cada vez que se presta el servicio, ya sea mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual. Teniendo como principal fuente, las periodicidades establecidas por los análisis tomados en esta monografía.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

IDENTIFICAR EL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT Y PAQUETE, BAJO INSPECCION INFRAROJA Y PROPONER UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO APOYADO EN LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA, PARA BRINDAR VALOR AGREGADO EN EL CONTRATO MA-24602 REALIZADO POR AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUIAGUA – ECOPETROL.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Clasificar los equipos de aire acondicionado tipo split y paquete que serán objeto de análisis y que pertenecen al contrato MA-24602 realizado por AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUIAGUA – ECOPETROL.
- Analizar los registros termográficos arrojados mediante el uso del equipo FLIR E5, como punto de partida.
- Proponer las medidas pertinentes para implementar un plan de mantenimiento predictivo que se ajuste a las necesidades de ECOPETROL y que permita implementar el análisis por termografía a los equipos de aire acondicionado objeto de este proyecto.

3. JUSTIFICACIÓN

Aire Caribe S.A. cuenta con una excelente relación con sus proveedores de equipos y materiales, los cuales han encontrado en nosotros un excelente respaldo para sus productos, por esto nos han brindado su apoyo y confianza para tomar capacitaciones directas de fábrica, a las cuales han viajado los socios, sus hijos que trabajan en la organización y empleados. Por lo que hoy por hoy es una empresa dedicada al diseño, suministro, montaje y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado y ventilación mecánica, orientada a entregar a nuestros clientes y usuarios finales soluciones efectivas que satisfagan sus requerimientos y expectativas, buscando el crecimiento y desarrollo sostenible.

Por todo lo anterior, Aire Caribe S.A. está comprometida con el mejoramiento continuo en la prestación de sus servicios de mantenimiento, por tal motivo se pretende sumergir en nuevas técnicas predictivas, por lo que se pretende proponer un plan de mantenimiento predictivo basado en la técnica de termografía para los equipos de aire acondicionado tipo split y paquete, en el contrato MA-24602 realizado por AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUIAGUA – ECOPETROL.

Al ser una empresa con trayectoria reconocida en el mercado del Aire Acondicionado, se cuenta con una historial de buena reputación en la prestación de los servicios, por lo que con la propuesta del plan de mantenimiento predictivo basado en la técnica de la termografía, se pretende generar una mayor y mejor imagen corporativa por la optimización en la prestación de los servicios de mantenimiento, orientado al incremento de la satisfacción y fidelización de sus clientes, cuyas metas estén enmarcadas en la eficacia y la eficiencia de los servicios de mantenimiento prestados en la S.O.N. Cupiagua para este caso.

Al aplicar las metodologías de mantenimiento predictivo como lo es la Termografía, se pretende establecer una profundización de las prácticas de mantenimiento predictivo vistas en la especialización de Gerencia de Mantenimiento y que permitan disminuir las fallas y tiempos de parada inesperadas de los equipos de aire acondicionado a los cuales se les hace el seguimiento por parte de Aire Caribe SA en la Superintendencia de Operaciones Nororiente del CPF de Cupiagua, incrementando la satisfacción del cliente.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de establecer conceptos previos para la óptima comprensión de lo establecido en el documento, se inicia con lo siguiente:

4.1.1 Termografía y sus aplicaciones¹: La Termografía infrarroja es una técnica que permite ver la temperatura de una superficie con precisión sin tener que tener ningún contacto con ella. Gracias a la Física podemos convertir las mediciones de la radiación infrarroja en mediciones de temperatura, esto es posible midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

El ser humano no es sensible a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir esta energía con sus sensores infrarrojos, capacitados para “ver” en estas longitudes de onda.

Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de una superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto alguno.

La radiación infrarroja es la señal de entrada que la cámara termográfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en el color al cual ajustamos el equipo.

Debido a lo general que resulta la termografía infrarroja, el campo de aplicación de esta tiene una extensión que va más lejos de la simple toma de medidas de temperatura, y abarca tanto aplicaciones industriales como de investigación y desarrollo.

La localización de defectos en instalaciones eléctricas, el análisis de fracturas en materiales compuestos, el control de procesos de fabricación, la vigilancia en condiciones nocturnas o de visibilidad reducida, la detección de pérdidas energéticas en edificación y hornos, o estudio de dispositivos mecánicos, etc; son algunos ejemplos en los que se pueden obtener importantes beneficios mediante el uso de la termografía infrarroja.

Las cámaras termográficas son una herramienta indispensable en el mantenimiento predictivo y preventivo, al detectar anomalías invisibles al ojo humano, con el objetivo de prevenir errores y fallos que puedan suponer grandes pérdidas económicas.

Las cámaras infrarrojas se han convertido en sistemas similares a las cámaras de vídeo, son sencillas de usar y producen imágenes de muy alta resolución en tiempo real.

En todo el mundo son muchas las industrias que han descubierto en la termografía infrarroja y las ventajas que puede traerles en sus programas de mantenimiento preventivo.

En la ejecución del documento se evaluará la aplicación de la termografía infrarroja al proceso de mantenimiento para el cliente de ECOPETROL con el fin

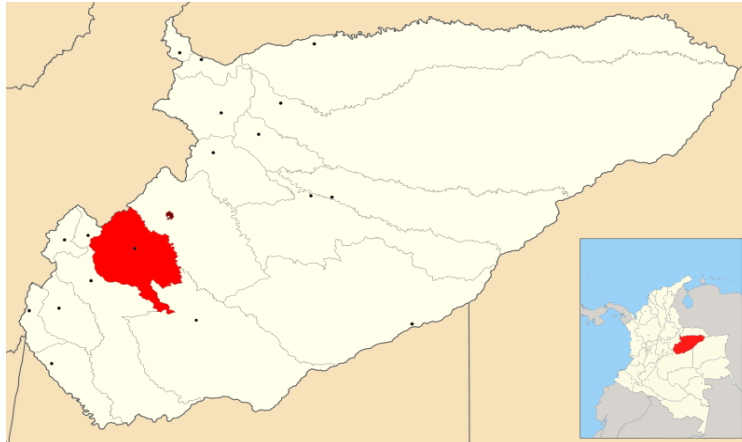
¹ IEEE PARAGUAY [ONLINE]. Citado 29 Febrero 2014. Rama estudiantil de la UCSA, Conceptos iniciales sobre Termografía Infrarroja. Disponible en internet:<http://ramaucsa.wordpress.com/2011/01/17/conceptos-iniciales-sobre-termografia-infrarroja/>

de que se pueda observar las aplicaciones de la termografía en el mantenimiento preventivo.

4.2 MARCO GEOGRAFICO

Aguazul es un municipio Colombiano ubicado en el departamento de Casanare, dista de la capital departamental Yopal 27 Km y de Bogotá 361 Km. Se destaca por su importante producción arrocera, y porque en su territorio se encuentra el campo petrolero de Cupiagua. Cuenta con 36 335 habitantes, de los cuales 27 346 residen en el casco urbano. Es el segundo municipio con mayor población en el departamento del Casanare, después de Yopal, su capital²

Figura 01. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE AGUAZUL



FUENTE: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aguazul>

Pero es la planta de gas en Cupiagua en el Piedemonte Llanero la cual es el foco de este estudio, construida exclusivamente por Ecopetrol y cuyo costo fue superior a los US\$158 millones, la considerada como el epicentro del proyecto de gas que tiene el país hacia el futuro.

² WIKIPEDIA, La enciclopedia Libre [ONLINE]. Modificado por ultima vez 30 de Abril de 2014 a las 16:01 [Citado 07 de Mayo de 2014]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aguazul>

Con la planta de Cupiagua en funcionamiento, la producción de gas nacional sumaría un estimado de 1.115 mpcd, lo que, teniendo en cuenta el consumo actual del país, deja un margen de 283 mpcd, que podría venderse a los países vecinos como Venezuela, donde hoy hay un déficit energético de 800 mpcd. Lo cierto es que con la nueva planta en Cupiagua, Ecopetrol sueña con exportar la producción de gas, aumentar el consumo interno, tener una red de alimentación que pueda apoyar las termoeléctricas nacionales en tiempos de escasez de agua.

Estos planes hacen recordar las palabras del entonces presidente de Ecopetrol, Javier Gutiérrez, cuando el 30 de junio de 2010 se declaró la terminación del Contrato de Asociación de Santiago de Atalaya: “Nos entregan futuro, nos entregan con cariño esa tacita de plata que han venido puliendo y que todos los días brillan, y la cual sienten que está perfecta. Confíen en nosotros. Haremos nuestro mejor esfuerzo para que siga brillando”.³

FIGURA 02. LOCALIZACION CPF SON CUIAGUA- ECOPETROL SA



FUENTE: <http://earth.google.com/intl/es/license.html>

³ REVISTA PETROLEO Y GAS.CO; PEÑA Carolina.[ONLINE]. Citado 07 Mayo 2014. El fruto gaseoso de Cupiagua. GBS Grupo Editorial. Disponible para el mundo en internet: <http://revistapetroleoygas.co/el-fruto-gaseoso-de-cupiagua/>

4.3 MARCO TEORICO

En la actualidad, es de conocimiento global que los componentes mecánicos se deterioran debido a la carga que soportan, las vibraciones, la corrosión y su propio envejecimiento. Esto provoca la fricción de las partes mecánicas (acoplamientos, engranajes, cojinetes, etc.), produciéndose un sobrecalentamiento importante que se evidencia a futuro en el desgaste mecánico, falla y/o fundición entre los materiales que entran en contacto por altas temperaturas.

Antes de analizar a fondo lo anterior, hay que tener en cuenta que las imágenes térmicas muestran las condiciones de funcionamiento a través de la temperatura superficial, la cual nos dará una estimación aproximada de la temperatura interna del objeto de estudio o análisis.

En cuando al procedimiento, se debe tener en consideración que los problemas mecánicos se suelen encontrar comparando las temperaturas de superficie de elementos similares que funcionen en circunstancias parecidas. Lo más aconsejable es crear una rutina de inspección, para disponer de imágenes de referencia para comparar en posteriores inspecciones.

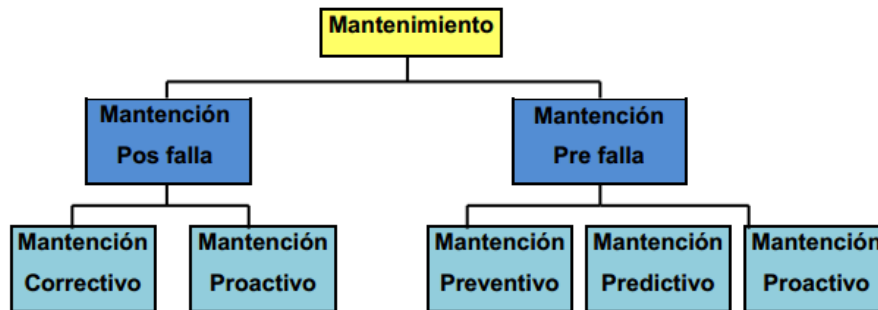
El mantenimiento termográfico debe hacerse cuando los motores o demás componentes de inspección están trabajando en sus condiciones normales de trabajo. La temperatura de funcionamiento normal de un motor se encontrará en su placa de características.⁴

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento que se muestran en la figura 03, los cuales están en función del momento en el tiempo en

⁴ LA TERMOGRAFÍA.COM [ONLINE]. Citado 29 Febrero 2014. Termografics, termografía aplicada al mantenimiento predictivo de instalaciones y equipos. Disponible para el mundo en internet: <http://www.latermografia.com/2011/la-termografia-en-el-mantenimiento-de-motores-electricos>

que se realizan, el motivo particular para el que son puestos en marcha y función a los recursos utilizados⁵

FIGURA 03. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO



Fuente: GONZALES BOHORQUEZ Carlos Ramón. Principios de mantenimiento Universidad industrial de Santander.

4.3.1 Ventajas del Mantenimiento Predictivo: De las estrategias de mantenimiento definidas en la Fig. 03, se toma como base para este proyecto el mantenimiento Predictivo ya que la termografía hace parte importante de esta estrategia.

Para profundizar en la estrategia de mantenimiento predictivo, se mencionan algunas de las ventajas junto con el comparativo de la tabla N°01:

- Reducción en tiempos de parada de los equipos a intervenir.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento
- La verificación del estado de la máquina, tanto realizada en forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico de los equipos.

⁵ SUAREZ, Carrillo Jaime Giovanni. IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON TERMOGRAFIA INFRARROJA EN EQUIPOS DE LA PLANTA BAVARIA S.A. CERVECERIA DE BUCARAMANGA. Tesis de grado Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 114p

- Conocer con un alto grado de exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de una falla imprevista.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser usadas por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.
- Reduce en gran magnitud los costos por daños o averías ocasionadas por daños a otros componentes que hacen parte del sistema o de costos de pérdidas por la no producción.

TABLA 01. DIFERENCIAS COMPARATIVAS ENTRE LOS TIPOS DE MANTTOS⁶

Tipo de mantenimiento	Funcionamiento de las maquinas	Motivo de la intervención	Tarea a realizar	Objetivos de la intervención
Correctivo	Fuera de servicio	falla	Cambio de componentes	Retomar al servicio
Preventivo	Fuera de servicio	Inspección programado	Desarme para inspección y cambio de componente	Garantizar por Determinado Tiempo su funcionamiento
predictivo	En servicio	Control programado	Mediciones	Predecir y detectar fallas a tiempo y programar su corrección

Fuente: Fuente: GOZALES BOHORQUEZ Carlos Ramón. Principios de mantenimiento Universidad industrial de Santander.

⁶ SUAREZ, Carrillo Jaime Giovanni. IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON TERMOGRAFIA INFRARROJA EN EQUIPOS DE LA PLANTA BAVARIA S.A. CERVECERIA DE BUCARAMANGA. Tesis de grado Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 114p

4.3.2 Teoría de la termografía⁷ : Es una técnica que permite medir temperaturas a distancia, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, la termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión. Conociendo los datos de las condiciones del entorno (humedad y temperatura del aire, distancia a objeto termografiado, temperatura reflejada, radiación incidente) y de las características de las superficies termografiadas como la emisividad, se puede convertir la energía radiada detectada por la cámara termográfica en valores de temperaturas. En la termografía, cada pixel corresponde con un valor de medición de la radiación con un valor de temperatura. A esa imagen se le puede definir como radiométrica.

4.3.3 Análisis y aplicaciones de la Termografía⁸: El análisis termográfico se basa en el estudio e interpretación de las termografías, habiendo sido estas realizadas en unas condiciones conocidas y útiles para el propósito (hay multitud de normas para las distintas inspecciones). De modo sencillo podremos conocer la radiación de las superficies termografiadas y con ello estimar las temperaturas; bien sean estas de una tubería, pieza, maquinaria, envolveres, etc.

Con la realización del estudio termográfico completo se puede realizar una comprobación tanto en envolveres, como en maquinarias y sistemas de distribución, con lo que se puede conseguir:

- Un mayor conocimiento de la instalación realizada en cuanto a su estado térmico.
- Conocimiento de las pérdidas existentes (fugas) y por lo tanto de posibles puntos de actuación.

⁷ WIKIPEDIA, La enciclopedia Libre [ONLINE]. Modificado por ultima vez 20 de marzo de 2014 a las 23:27 [Citado 29 de Marzo de 2014]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Termograf%C3%ADa>

- Ahorro debido a una mayor eficiencia energética de los sistemas evaluados.
- El estudio de los sistemas de distribución puede alertar de las pérdidas energéticas que se producen por un mal aislamiento, alguna rotura o mal engranaje.

Al estudiar la envolvente en los edificios podremos conocer y/o estimar muchos de los problemas de la edificación: las pérdidas de energía, falta de estanqueidad, condensaciones, humedades, problemas de adhesión de morteros y plaquetas, soleamiento y temperatura sol-aire, etc. Ello nos permite conocer el estado de los edificios y advertir del potencial de mejora de los éstos.

FIGURA 04. IMAGEN TERMOGRÁFICA DE EDIFICIOS EN VITORIA-GASTEIZ. C\BEATO

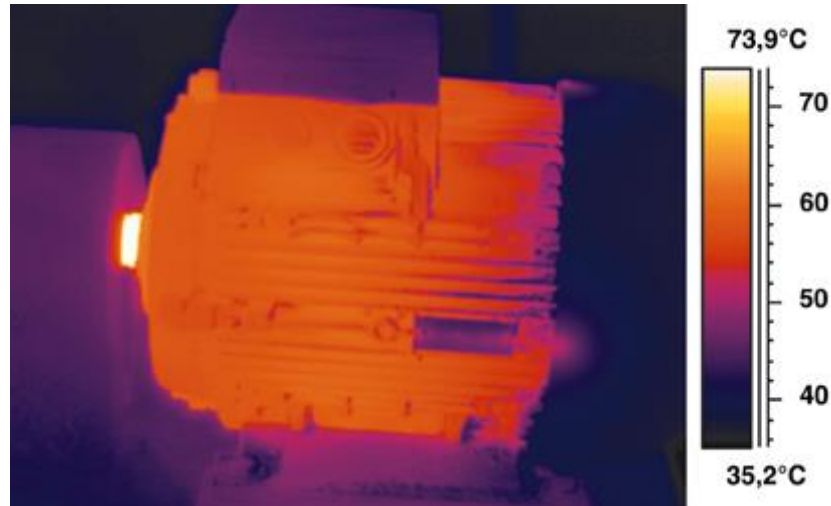


Fuente: www.gasteizmografia.com/

Los termógrafos son dispositivos del sistema calórico destinados a registrar la temperatura; se puede medir la temperatura de los cuerpos que emiten radiación calórica cuya fuente de energía es la producida por las moléculas en funcionamiento dentro del organismo, es decir, que la interpretación de las temperaturas superficiales puede indicar muchos datos sobre el estado de los elementos termografiados. Por ejemplo: fusibles quemados, sobrecalentamientos en bornes, malas conexiones, falta de aislamientos en edificación, humedades, fugas de agua, pérdidas de estanqueidad, intrusos, etc.

⁸ WIKIPEDIA, La enciclopedia Libre [ONLINE]. Modificado por última vez 20 de marzo de 2014 a las 23:27 [Citado 29 de Marzo de 2014]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Termograf%C3%ADa>

FIGURA 05. TERMOGRAFÍA DE UN MOTOR



Fuente: <http://www.nivelatermografia.net/blog/mantenimiento-predictivo-y-termografia/>

Por otra parte, la gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación, están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas⁹.

Las aplicaciones de la termografía infrarroja más importantes son¹⁰ :

Las cámaras termográficas son una herramienta indispensable en el mantenimiento predictivo y preventivo, al detectar anomalías invisibles al ojo humano, con el objetivo de prevenir errores y fallos que puedan suponer grandes pérdidas económicas.

⁹ NIVELA, Equipos de Topografía, Acústica y Termografía. Blog sobre cámaras termográficas. [ONLINE]. Consultado por última vez 28 de Marzo de 2014. Pág Web: <http://www.nivelatermografia.net/termografia>

¹⁰ NIVELA, Equipos de Topografía, Acústica y Termografía. Blog sobre cámaras termográficas. [ONLINE]. Consultado por última vez 28 de Marzo de 2014. Pág Web: <http://www.nivelatermografia.net/termografia>

Las cámaras infrarrojas se han convertido en sistemas similares a las cámaras de vídeo, son sencillos de usar y producen imágenes de muy alta resolución en tiempo real. En todo el mundo son muchas las industrias que han descubierto en la termografía infrarroja las ventajas que puede traerles en sus programas de mantenimiento preventivo.

En el desarrollo del documento, las imágenes por infrarrojos evidenciarán que las aplicaciones de la termografía en el mantenimiento preventivo no tienen límites.

Cámaras de infrarrojos:

- Son tan fáciles de usar como una cámara de vídeo
- Dan una imagen completa de la situación
- Realizan inspecciones con los sistemas funcionando bajo carga
- Identifican y localizan el problema
- Miden temperaturas
- Almacenan información
- Dicen exactamente las medidas a tomar
- Encuentran el problema antes de que éste se produzca
- Ahorran un tiempo y dinero valiosísimos

PRINCIPALES VENTAJAS¹¹

- Método de análisis sin detención de procesos productivos y sin contacto. Se disminuyen las interrupciones en los procesos productivos.
- Localización exacta y con suficiente antelación de los potenciales problemas que se manifiesten.
- Prolongación de la vida de los equipos.

¹¹ VIVAINNOVA, Termografía. Blog sobre termografía. [ONLINE]. Consultado por última vez 28 de Marzo de 2014. Pág Web: <http://www.vivainnova.es/termografia/>

- Mayor eficiencia en el consumo de energía.
- Se reducen los tiempos de reparación por la localización precisa del fallo.
- Se facilitan informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Se consigue una ayuda para el seguimiento de las reparaciones previas.
- La medición de la temperatura se realiza en tiempo real, pudiendo registrarse secuencias de imágenes y realizar gráficos de las temperaturas.
- Disminución de las actuaciones de mantenimiento tradicional: las anomalías se predicen con la suficiente antelación para que sean reparadas y no se llegue a producir una avería que supondría un considerable tiempo de reparación.
- Proporcionan descuentos en la póliza del seguro de la instalación. Cada vez son más las compañías aseguradoras o consultorías de riesgos que valoran el uso de la termografía aplicada al mantenimiento predictivo y al diagnóstico de instalaciones.

4.3.4 La ley de Stefan-Boltzmann¹²: Establece que un cuerpo negro *emite* radiación térmica con una potencia emisiva hemisférica total (W/m²) proporcional a la cuarta potencia de su temperatura: $E = \sigma \cdot T_e^4$

Donde T_e es la temperatura efectiva, es decir, la temperatura absoluta de la superficie y sigma es la constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$

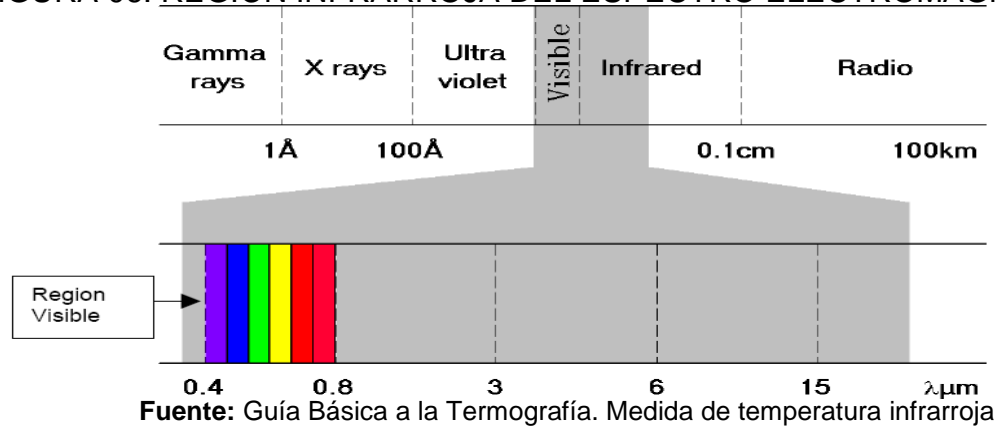
Esta potencia emisiva de un cuerpo negro (o radiador ideal) supone un límite superior para la potencia emitida por los cuerpos reales; la potencia emisiva superficial de una superficie real es menor que el de un cuerpo negro a la misma temperatura y está dada por: $E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_e^4$

¹² WIKIPEDIA, La enciclopedia Libre [ONLINE]. Modificado por última vez 25 de Nov. de 2013 a las 21:19 [Citado 29 de Marzo de 2014]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Stefan-Boltzmann

Donde epsilon (ϵ) es una propiedad radiativa de la superficie denominada *emisividad*. Con valores en el rango $0 \leq \epsilon \leq 1$, esta propiedad es la relación entre la radiación emitida por una superficie real y la emitida por el cuerpo negro a la misma temperatura. Esto depende marcadamente del material de la superficie y de su acabado, de la longitud de onda, y de la temperatura.

4.3.5 Espectro Electromagnético: Es la energía procedente de un objeto caliente se emite a distintos niveles en el espectro electromagnético. En la mayoría de las aplicaciones industriales se utiliza la energía radiada en el espectro infrarrojo para medir la temperatura del objeto. La figura 6 muestra los diferentes espectros electromagnéticos donde se emite energía incluyendo Rayos X, Ultra Violeta, Infrarrojo y Radio. Se emite en forma de onda y viaja a la velocidad de la luz. La única diferencia entre ellas es su longitud de onda que está relacionada con la frecuencia¹³.

FIGURA 06. REGIÓN INFRARROJA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Donde la distribución de energía es aquella energía emitida por un objeto a diferentes temperaturas, para lo cual, puede observarse que a mayor temperatura mayor es el pico de energía. La longitud de onda a la que ocurre el pico de

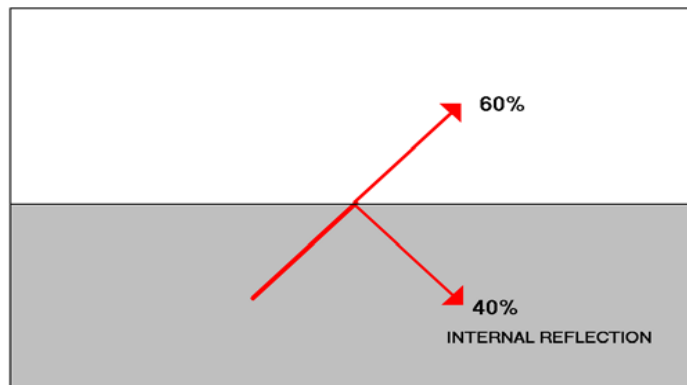
¹³ LAND, Instruments International. Guía Básica a la Termografía. Medida de temperatura infrarroja [ONLINE]. Visitado por última vez [31 de Marzo de 2014]. Disponible para el mundo en la página web: http://www.landinst.es/infrarroja/descarga_de_ficheros/pdf/Termografia_Guia_Basica.pdf

energía se vuelve progresivamente más corta a medida que se incrementa la temperatura y a bajas temperaturas el pico de energía se produce en longitud de onda larga¹⁴.

- Emisividad

Se traduce como la cantidad de energía radiada por un objeto que depende de su temperatura y de su capacidad de emitir energía en calor. Un objeto que emite el máximo posible de energía para su temperatura se conoce como Cuerpo Negro. En la práctica no hay emisores perfectos y las superficies suelen emitir menos energía que un Cuerpo Negro¹⁵.

FIGURA 07. ENERGÍA INFRARROJA REFLEJADA EN UNA SUPERFICIE



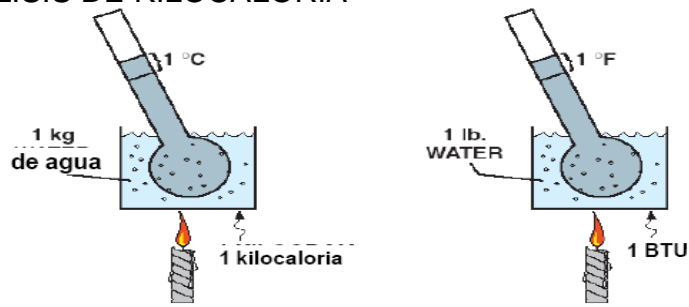
Fuente: Guía Básica a la Termografía. Medida de temperatura infrarroja

El calor es Energía (Joule 1818-1889) Según lo establecido por Joule, 1 cal es la cantidad de calor para elevar 1°C (de 14,5°C a 15,5 °C) la temperatura de 1 g de agua y 1Kcal: es la cantidad de calor para elevar 1°C (de 14,5°C a 15,5 °C) la temperatura de 1 Kg de agua. Por consiguiente su equivalente mecánico del calor: 4.186J= 1 cal

¹⁴ LAND, Instruments International. Guía Básica a la Termografía. Medida de temperatura infrarroja [ONLINE]. Visitado por última vez [31 de Marzo de 2014]. Disponible para el mundo en la página web: http://www.landinst.es/infrarroja/descarga_de_ficheros/pdf/Termografia_Guia_Basica.pdf

¹⁵ LAND, Instruments International. Guía Básica a la Termografía. Medida de temperatura infrarroja [ONLINE]. Visitado por última vez [31 de Marzo de 2014]. Disponible para el mundo en la página web: http://www.landinst.es/infrarroja/descarga_de_ficheros/pdf/Termografia_Guia_Basica.pdf

FIGURA 08. ANÁLISIS DE KILOCALORÍA



$$1 \text{ BTU} = 0,252 \text{ Kcal}$$

Fuente: Termografía básica TRANS EQUIPOS

- Temperatura Superficial¹⁶

La Temperatura Superficial depende del balance de transferencia de calor entre la conducción hacia/desde la superficie y el medio externo.

CAMBIO DE TEMPERATURA

Ecuación básica: $Q = mc\Delta T$

m = masa (Kg)

c = capacidad calórica o calor específico (Cal/kg°C)

$\Delta T = ^\circ\text{C}$

En donde la capacidad calórica puede cambiar con la temperatura y es diferente para diferentes materiales, situación de la que saca ventaja el termógrafo.

Calor específico (c) En el análisis del calor específico, se tiene que:

- Sustancias con calor específico (c) alto requieren más calor que objetos con menor calor específico.
- Un Kg de Al requiere más calor que un Kg de Ag para amentar su temperatura en 1°C.

¹⁶ MARTIN, Domingo Agustín. APUNTES DE TRANSMISIÓN DE CALOR. [ONLINE] Texinfo 02 ed. [Creative Commons, Madrid]: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Física e Instalaciones. ETS Arquitectura de Madrid, Mayo de 2011. 60p

- Consecuentemente, materiales con alta capacidad calórica pueden almacenar altas cantidades de energía calórica.
- Si el material está más caliente que el ambiente, estos materiales tomarán relativamente largo tiempo para enfriarse.
- En exteriores la temperatura del agua demorará el cambio de la temperatura ambiente.
- Grandes cantidades de agua crean un microclima donde la temperatura no fluctúa tanto como en tierra seca

1ª Ley de la Termodinámica

En un sistema cerrado la energía que entra es igual a la energía que sale; También se llama *la Ley de la Conservación de la Energía*.

2ª Ley de la Termodinámica

En un sistema cerrado la energía fluye siempre desde lo más caliente a lo más frío.

Cámaras Térmicas

Las cámaras térmicas son equipos sofisticados que miden la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto caliente y producen una imagen térmica.

5. METODOLOGIA

Con el fin de plasmar la metodología utilizada para la proyección de la propuesta de un plan de mantenimiento predictivo basado en la técnica de termografía de los equipos de aire acondicionado tipo split y paquete, en el contrato MA-24602 realizado por AIRE CARIBE en la S.O.N. CPF CUPIAGUA – ECOPETROL, se establecieron los siguientes pasos:

- a. Clasificación de los equipos de aire acondicionado tipo split y paquete objeto del análisis y que pertenecen al contrato MA-24602 realizado por AIRE CARIBE EN LA S.O.N. CPF CUPIAGUA – ECOPETROL.
- b. Se establece información de tipo secundaria con el fin de tener las bases y fundamentos generales para la organización de la información por equipo y la iniciación de un modelo para el seguimiento de los equipos mediante análisis termográfico
- c. Planeación de ruta y cronograma inicial para realizar la primera inspección junto con los recursos humanos y técnicos requeridos.
- d. Análisis del estado actual de los equipos y propuesta de un plan de seguimiento según resultados iniciales por termografía con el fin de llevar adecuado control de los equipos y así prever fallas con reducción de costos por mantenimientos correctivos.
- e. Se concluye y recomiendan las acciones aplicables a los requerimientos establecidos por ECOPETROL a la empresa AIRE CARIBE S.A bajo el contrato MA-24602, como mejora para la prestación del servicio.

6. RESULTADOS

6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS:

Se relacionan los equipos de mayor relevancia para los procesos misionales del cliente y que comprometan en gran magnitud la seguridad de las personas, infraestructura y al ambiente, en caso de que lleguen a fallar por alguna razón; por tal motivo, la clasificación de los equipos a analizar se basa en el procedimiento para identificar componentes, equipos y sistemas críticos de seguridad de procesos del cliente, el cual cuenta con el código interno ECP-VST-O-PRO-PT-001 Versión 01 propiedad de ECOPETROL; por lo cual, los equipos de mayor relevancia e importancia para el cliente, se relacionan a continuación:

Tabla N° 02. Relación de equipos relevantes para el cliente

IT.	TAG	MARCA	MODELO	TIPO EQUIPO	UBICACIÓN
AIRES CENTRALES - AREA PROCESO					
1	UNIDAD A AC	TRANE	38CK060600	SPLIT	CONT TURBINAS No 1
2	UNIDAD B AC	TRANE	38CK060600	SPLIT	CONT TURBINAS No 1
3	UNIDAD AC A	TRANE	38CK060600	SPLIT	CONT TURBINAS No 3
4	UNIDAD AC B	TRANE	38CK060600	SPLIT	CONT TURBINAS No3
5	BL AC 9710	TRANE	TCH075C400BC	PAQUETE	SUBEST CRUDO
6	BL AC 9714A	TRANE	TCH075C400BC	PAQUETE	SUBEST TREN No 1
7	BL AC 9714B	TRANE	TCH075C400BC	PAQUETE	SUBEST TREN No 1
8	BL AC 9709	TRANE	TCH075C400BC	PAQUETE	SUBEST CRUDO
9	BL AC 9712	TRANE	TCH090C400BC	PAQUETE	SUBEST TREN No 2
10	BL AC 9713	TRANE	TCH090C400BC	PAQUETE	SUBEST TREN No 2
11	BL AC 9715	TRANE	TCH090C400BC	PAQUETE	SUBEST TREN No 1
12	BL AC 9716	TRANE	TCH090C400BC	PAQUETE	SUBEST TREN No 1
13	BL AC 9705	TRANE	TCH120C400A	PAQUETE	SUBEST REINYECCION
14	BL AC 9706	TRANE	TCH120C400A	PAQUETE	SUBEST REINYECCION
15	BL AC 9708A	TRANE	TCH120C400A	PAQUETE	SUBEST CRUDO
16	BL AC 9708B	TRANE	TCH120C400AA	PAQUETE	SUBEST CRUDO
17	BL AC 9711A	TRANE	TCH120C400A	PAQUETE	SUBEST TREN No 2
18	BL AC 9711B	TRANE	TCH120C400A	PAQUETE	SUBEST TREN No 2
19	US AC 9701A	TRANE	TCH240B400EA	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL
20	US AC 9701B	TRANE	TCH240B400EA	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL
21	US AC 9702	TRANE	TCH240B400EA	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL
22	US AC 9703	TRANE	TCH240B400EA	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL
23	BL AC 9704A	TRANE	TCH300B400EA	PAQUETE	SUBEST REINYECCION
24	BL AC 9704B	TRANE	TCH300B400EA	PAQUETE	SUBEST REINYECCION
25	BL AC 9717	LIEBERT	CDF 480 CA	SPLIT	CONTROL ROOM
26	BL AC 9718	LIEBERT	CDF 480 CA	SPLIT	CONTROL ROOM
27	BL AC 9720A	YORK	PAC060H1032A	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL - CB
28	BL AC 9721	YORK	DM090C00A4AAA4A	PAQUETE	SUBEST REINYECCION - CB
29	CH AC 9001 A	MC QUAY	MSP035FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS
30	CH AC 9001 B	MC QUAY	MSP035FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS
31	CH AC 9002 A	MC QUAY	MSP025FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS
32	CH AC 9002 B	MC QUAY	MSP025FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS
33	CH AC 9003 A	MC QUAY	DAS 304	UND FILTRACION	SUBEST PPAL PLANTA GAS
34	CF AC 9001 A	MC QUAY	MPS030FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST GAS VENTAS
35	CF AC 9001 B	MC QUAY	MPS030FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST GAS VENTAS
36	CE AC 9001 A	MC QUAY	MPS015FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST JOULE THOMPSON
37	CE AC 9001 B	MC QUAY	MPS015FY4PC3Y	PAQUETE	SUBEST JOULE THOMPSON

Fuente: Contrato MA-24602 suscrito entre ECOPETROL y AIRE CARIBE S.A

6.2 INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS:

Con el fin de contar con las características técnicas de los componentes de los equipos, se relaciona la información de los mismos como se establece en el Anexo B de este documento.

6.3 PLANEACIÓN DE RUTA Y CRONOGRAMA DE INSPECCIÓN:

Para establecer una ruta y un cronograma aplicado a una inspección de termografía en el CPF de Cupiagua propiedad de Ecopetrol, se tiene que cumplir inicialmente con los protocolos y normas de seguridad exigidos por el cliente, para lo cual se establece el procedimiento de una nueva actividad con el código interno de Aire Caribe SA -CUP-OPS-AAC-015B (Anexo 01).

Después de establecido un procedimiento de mantenimiento predictivo de aire acondicionado central en el área de procesos CPF CUPIAGUA para la actividad de inspección bajo la técnica de termografía infrarroja, se procede a establecer una ruta indicando los equipos a inspeccionar, fecha de inspección y personal que realizara la tarea de inspección con el fin de tener las variables controladas y minimizar los riesgos en la ejecución de la misma junto con los siguientes soportes:

Tabla N° 03. Relación de documentos de soporte para realizar tarea de inspección de termografía

DOCUMENTOS Y REGISTROS
Permisos de trabajo (Especial, Rutina o en caliente).
Lista de chequeo de inspección preoperacional de herramientas y equipos
Lista de chequeo de escalera de plataforma (si aplica).
Formato de Charla preoperacional diaria
Inspección de elementos de protección personal EPP
Análisis de Riesgo en el trabajo (ART periférico)

Fuente: Integrantes del proyecto

Los principales riesgos y peligros presentes antes de realizar la inspección infrarroja a los equipos de Aire Acondicionado relacionados en este documento y pertenecientes a la empresa ECOPETROL en la SON CPF Cupiagua del Municipio de Aguazul, se relacionan de la siguiente manera:

- Riesgo eléctrico: Contacto Directo, Contacto Indirecto por equipos energizados hasta 480Vac
- Atrapamiento de manos: Desacople de guardas para visualizar elementos internos de los equipos.
- Temperaturas extremas: Exposición constante a radiación solar.
- Trabajos en Atmosferas peligrosas: Ambiente con presencia de Gases y Vapores combustibles.

El control de los riesgos y peligros presentes, se establece como parte primordial para la realización de las tareas planeadas, en donde se realiza un control de riesgos bajo un Análisis de Riesgo en el trabajo (ART periférico) establecido y exigido por el cliente (ECOPETROL SA).

Por otra parte, para planear la inspección termográfica a todos los equipos relacionados en este documento, la ruta de la inspección se establece bajo parámetros de prioridad de equipos y elementos que se presumen cuentan con parámetros de temperatura inadecuados para evaluar posibles fallas o puntos calientes que comprometan la integridad de los equipos.

Con relación al ítem 6.2 (Información técnica de los equipos) de este documento, se establece que los equipos a inspeccionar serian: Compresores, Motores Eléctricos y Tableros eléctricos para lo cual, de lo anterior se resume que la ruta de inspección se estableció de la siguiente manera:

Tabla 04. Ruta de Inspección.

IT.	TAG	FECHA	CUADRILLA	TIPO EQUIPO	UBICACIÓN	CAP. [T.R.]
AIRES CENTRALES - AREA PROCESO						
1	UNIDAD A AC	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	SPLIT	CONT TURBINAS No 1	5
2	UNIDAD B AC	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	SPLIT	CONT TURBINAS No 1	5
3	UNIDAD AC A	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	SPLIT	CONT TURBINAS No 3	5
4	UNIDAD AC B	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	SPLIT	CONT TURBINAS No3	5
5	BL AC 9710	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST CRUDO	6,25
6	BL AC 9714A	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	6,25
7	BL AC 9714B	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	6,25
8	BL AC 9709	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST CRUDO	6,25
9	BL AC 9712	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	7,5
10	BL AC 9713	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	7,5
11	BL AC 9715	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	7,5
12	BL AC 9716	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	7,5
13	BL AC 9705	ENERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	10
14	BL AC 9706	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	10
15	BL AC 9708A	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST CRUDO	10
16	BL AC 9708B	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST CRUDO	10
17	BL AC 9711A	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	10
18	BL AC 9711B	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	10
19	US AC 9701A	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	20
20	US AC 9701B	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	20
21	US AC 9702	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	20
22	US AC 9703	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	20
23	BL AC 9704A	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	25
24	BL AC 9704B	FEBRERO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	25
25	BL AC 9717	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	SPLIT	CONTROL ROOM	30
26	BL AC 9718	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	SPLIT	CONTROL ROOM	30
27	BL AC 9720A	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL - CB	5
28	BL AC 9721	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST REINYECCION - CB	7,5
29	CH AC 9001 A	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	35
30	CH AC 9001 B	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	35
31	CH AC 9002 A	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	25
32	CH AC 9002 B	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	25
33	CH AC 9003 A	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	UND FILTRACION	SUBEST PPAL PLANTA GAS	35
34	CF AC 9001 A	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST GAS VENTAS	30
35	CF AC 9001 B	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST GAS VENTAS	30
36	CE AC 9001 A	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST JOULE THOMPSON	15
37	CE AC 9001 B	MARZO	RIGOBERTO VACA Y RUBEN AGUILAR	PAQUETE	SUBEST JOULE THOMPSON	15

Fuente: Integrantes del proyecto

6.4 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS

La ISO 18434-1: 2008 proporciona una introducción al uso del termografía infrarroja a la supervisión y diagnóstico de condición de la maquinaria, donde la “maquinaria” incluye a auxiliares de la máquina tales como válvulas, líquido y las

máquinas eléctricamente accionadas, y equipo maquinaria relacionado con el intercambio de calor. Además, se tratan los usos de termografía infrarroja referente a la evaluación del funcionamiento de la maquinaria, teniendo bases para la supervisión de condición y al diagnóstico de máquinas; describe los tipos de procedimientos de termografía infrarroja y de sus méritos; proporciona la dirección en establecer los criterios de la evaluación de la severidad para las anomalías identificadas por termografía infrarroja; métodos y requisitos de los contornos para realizar termografía infrarroja de máquinas, incluyendo recomendaciones de seguridad; proporciona la información en la interpretación de los datos, y criterios de la evaluación y requisitos de divulgación; proporciona los procedimientos para determinar y compensar la temperatura aparente reflejada, emisividad, y atenuar medios; por otra parte, también abarca los métodos de prueba para determinar y compensar la temperatura aparente reflejada, emisividad, y atenuar medios cuando se mide la temperatura de la superficie de un objetivo cuantitativo con una cámara de termografía infrarroja¹⁷

Por otra parte, la norma NETA (Asociación Internacional de Pruebas Eléctricas), proporciona unos criterios fundamentados en la Tabla 05 la cual muestra la clasificación de fallas eléctricas, en donde se compara el punto de interés con la temperatura ambiente o con la temperatura de un punto similar en buenas condiciones.

Tabla 05 Acciones basadas en el incremento de Temperatura

NIVEL	DIFERENCIA DE TEMPERATURA	CALSIFICACION	ACCION
1	1°C – 10°C O/A ó 1°C a 3°C O/S	Baja	En observación / Puede esperar
2	11°C – 20°C O/A ó 4°C a 15°C O/S	Media	Realizar Mantto en la próxima parada disponible.
3	21°C – 40°C O/A ó >15°C O/S	Alta	Reparar tan pronto sea posible
4	>40°C O/A ó >15°C O/S	Critica	Reparar Inmediatamente

Fuente: Norma NETA (Inspecciones con termografía)

¹⁷ PANIAGUA, Humberto. PANIAGUAINGENIERIA. [ONLINE]. Visitado por última vez [10 de Mayo de 2014]. Disponible para el mundo en la página web: [http:// www.pani.com.mx/documents/documents/normativa infrarrojainternacional.pdf](http://www.pani.com.mx/documents/documents/normativa/infrarrojainternacional.pdf)

En donde:

O/A: Por encima de la temperatura Ambiente.

O/S: Por encima de la temperatura de un punto similar.

En el caso de los motores eléctricos, el análisis de los mismos se basa en la clase de aislamiento según la Norma NEMA a partir de una temperatura ambiente de 40°C, teniendo como base del análisis la Tabla 06 Clase de Aislamiento según Nema, como se relaciona a continuación:

Tabla 06 Clase de Aislamiento según Nema

Classe	T. amb [°C]	ΔT [°C]	reserva térmica [°C]	Tmax [°C]
A	40	60	5	105
E	40	75	5	120
B	40	80	10	130
F	40	105	10	155
H	40	125	15	180

Fuente:<http://www.motive.it/spa/pagina.asp?menu=sub00&frame=delphi-datitecniciscroll.htm&titolo>

De lo anterior, se recomienda tener en cuenta que la vida útil esperada del motor, se reduce a la mitad al operar a una temperatura de 10°C por encima del máximo permisible; por lo que se debe tener en cuenta que las temperaturas medidas bajo la técnica de termografía infrarroja en los motores eléctricos son temperaturas externas y se consideran un 20% menor que las internas.

Después de iniciado el plan de ruta, teniendo en cuenta las normas y requerimientos del cliente, como el control y aseguramiento de las actividades para realizar inspecciones termográficas bajo la política de cero accidentes; se tiene que el equipo utilizado para el análisis y recopilación de los registros termograficos es el FLIR E5 y el cual utiliza el software gratuito de Flir Tools desde la página web: <http://www.flir.com/thermography/americas/es/view/?id=54865>

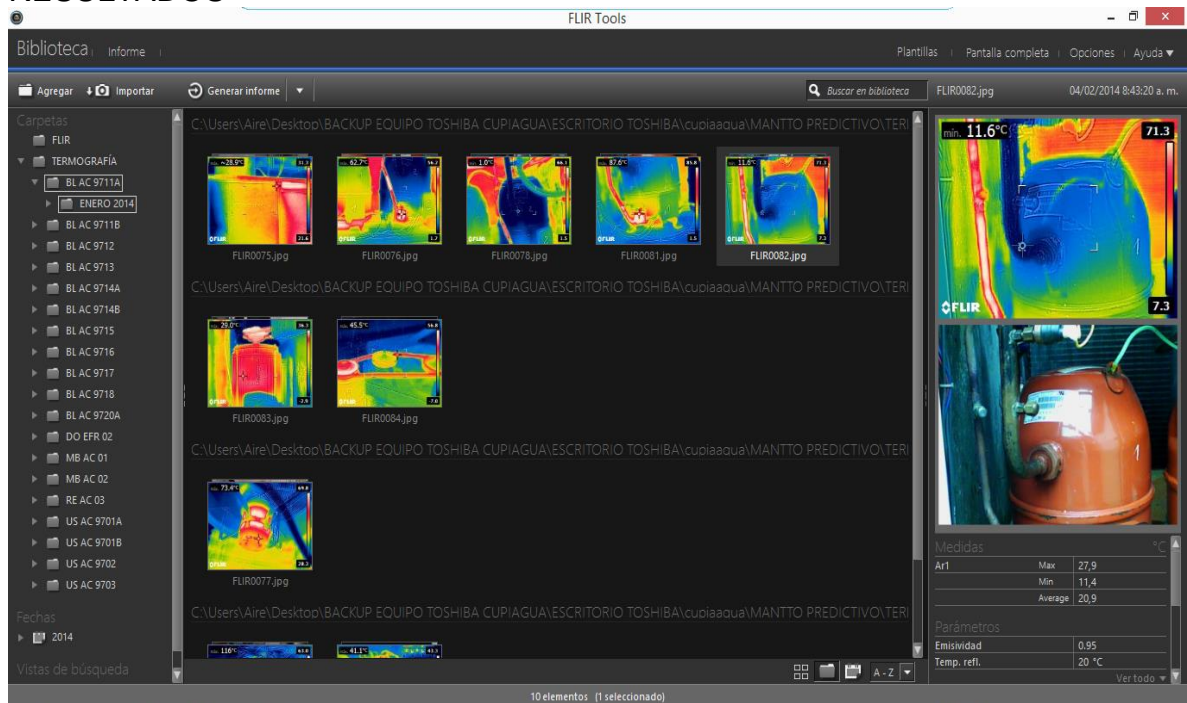
FIGURA 09. CAMARA TERMOGRAFICA FLIR E5



Fuente: http://www.shopflir.com/p19118/flir_e5_infrared_camera.php

El software utilizado visualiza las siguientes características:

FIGURA 10. VISUALIZACIÓN DEL SOFTWARE PARA ANÁLISIS DE RESULTADOS



Fuente: Software FLIR TOOLS usado por Aire CaribeSA

Establecidos y recolectados los registros termográficos, se generan los reportes al gestor técnico del contrato MA 24602 con el fin de que se vean representadas las

condiciones de trabajo de los equipos y los beneficios de implementar mantenimiento de tipo predictivo, para este caso termografía infrarroja.

FIGURA 11. REPORTE DE INSPECCIÓN TERMOGRAFICA INICIAL



Mantenimiento Predictivo por Termografía Equipo BLAC 9712

AREA: Mantto

TIPO DE REPORTE: Inspección Termográfica

PLANTA: CPF Cuplagua

DESCRIPCIÓN: Termografía Equipo BLAC 9712

EQUIPO: MOTOR ELECTRICO MANEJADORA

REVISADO POR: Juan Carlos Gutiérrez

TÉCNICA: Termografía mecánica

INSTRUMENTO: Cámara FLIR E5

FECHA DE ANÁLISIS: 04-02-2014

FECHA REPORTE: 05-02-2014

CONSECUTIVO: ACE2041-022-038

04/02/2014 08:48:28 a.m.



FLIR0092.jpg FLIR E5 63905836

Medidas		
Ar1	Max	81,4
	Min	21,0
	Average	65,7

04/02/2014 08:48:28 a.m.



FLIR0092.jpg FLIR E5 63905836

Parámetros

Emissividad	0.95
Temp. ref.	28 °C

INTRODUCCIÓN

Este informe está dirigido a verificar la integridad del Equipo de A.A del área de atención de la Subestación Principal TREN 2 en el CPF Cuplagua, mediante técnica predictiva de termografía como recomendación de la Supervisión.

ANÁLISIS

1. Se realizó mantenimiento de tipo predictivo según el cronograma socializado a la Gestoría Técnica en donde se encontró que los motores eléctricos (motor eléctrico -manejadora y motor eléctrico- condensadora) del equipo BLAC 9712 correspondiente al A.A de la Subestación Eléctrica TREN 2, están operando con parámetros de Temperaturas muy altas alrededor de los 85°C lo que indica que el equipo esta operando por encima de los parámetros recomendados por el fabricante.

Causas:
Posible aislamiento en mal estado, rodamientos en vida útil final, suciedad y/o corrosión en el devanado interno.

Consecuencias:
Equipo de A.A fuera de servicio por falla de motor eléctrico.

Recomendaciones:

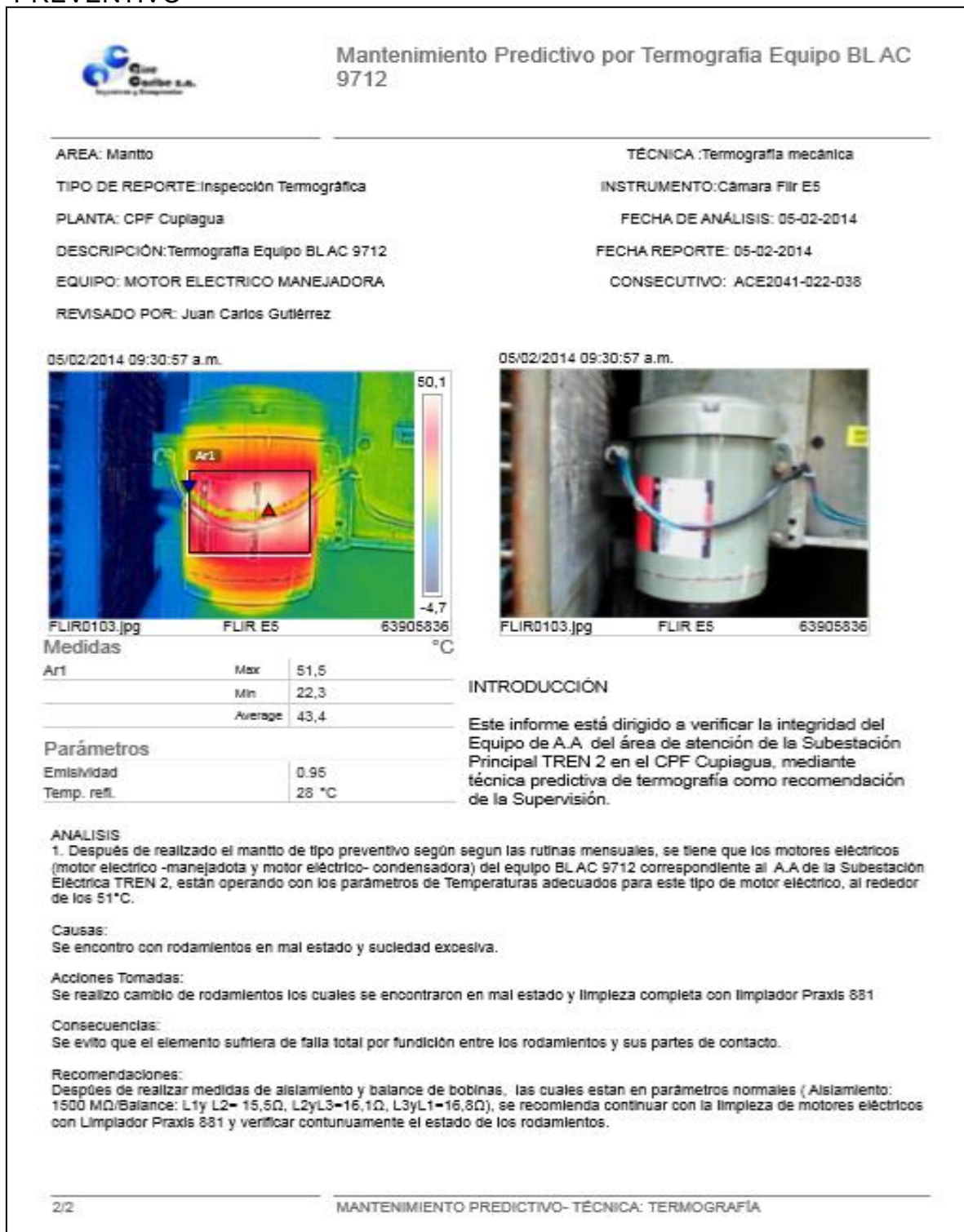
- Se establece para la rutina de mantto preventivo realizar cambio de rodamientos y limpieza del motor .
- Se recomienda realizar mediciones de aislamiento con el equipo megger.
- Se recomienda realizar verificación de los parámetros post-mantto preventivo para monitorear las condiciones del motor previas al mantenimiento.

1/2

MANTENIMIENTO PREDICTIVO- TÉCNICA: TERMOGRAFÍA

Fuente: Software FLIR TOOLS usado por Aire CaribeSA

FIGURA 12. REPORTE TERMOGRAFICO POSTERIOR AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Fuente: Software FLIR TOOLS usado por Aire CaribeSA

Logrando identificar en la mayoría de los equipos inspeccionados, que la técnica de termografía es una herramienta amable para pronosticar y prevenir posibles fallos ya que en muchos de los casos se consiguió reducir notablemente los mantenimientos de tipo correctivo debido a que la técnica de termografía permitió la identificación de elementos calientes por fricción, conexiones defectuosas o falsos contactos y motores eléctricos con parámetros de temperatura fuera del rango recomendable por el fabricante y por la Norma NEMA.

Por todo lo anterior, tenemos que la implementación de la técnica de inspección infrarroja realizada a todos los equipos relacionados (Anexo 2 Registros termográficos de los equipos inspeccionados), deja en evidencia la satisfacción y aceptación del cliente por el control y reducción en los mantenimientos de tipo correctivo, los cuales representan un costo adicional para el cliente y que con la prestación del servicio de termografía, reduce notablemente el costo por cambio de componentes que se pueden mantener sin que lleguen a falla total.

FIGURA 13. NIVEL DE SATISFACCION DEL CLIENTE.

5/2/2014 Correo de AIRE CARIBE S.A. - Informe Mantto Predictivo

Juan Carlos Gutierrez <supervisor.servicioscasanare@airecaribe.com>

Informe Mantto Predictivo

Rafael Leonardo Sanabria Gutierrez <rafael.Sanabria@ecopetrol.com.co> 5 de febrero de 2014, 15:46
Para: Juan Carlos Gutierrez <supervisor.servicioscasanare@airecaribe.com>
Cc: "Gustavo A. Ospina H. (gustavo.ospina@airecaribe.com)" <gustavo.ospina@airecaribe.com>

Muy buen trabajo

De: Juan Carlos Gutierrez [mailto:supervisor.servicioscasanare@airecaribe.com]
Enviado el: miércoles, 05 de febrero de 2014 01:20 p.m.
Para: Cesar Asdrual Gallego Alfonso (Felix Ojeda ING. S.A.S.); Rafael Leonardo Sanabria Gutierrez
CC: Gustavo Ospina
Asunto: Informe Mantto Predictivo

[El texto citado está oculto]

Fuente: Correo supervisor.servicioscasanare@airecaribe.com

6.4.1 Propuesta de un plan de mantenimiento predictivo mediante la técnica de Termografía para los equipos de la SON CUPIAGUA ECOPETROL: Después de realizado el recorrido, se presenta la siguiente propuesta para realizar los mantenimientos de tipo predictivo bajo la técnica de termografía infrarroja, establecido así:

TABLA.07 Plan de Mantenimiento predictivo bajo la técnica de inspección infrarroja.

IT.	TAG	TIPO EQUIPO	UBICACIÓN	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	CAP. [T.R.]	REN DI	No. VISITAS [AÑO]	FREC/M ES	HOR/HO M AÑO	2014													
											ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.		
AIRES CENTRALES - AREA PROCESO																								
1	UNIDAD A AC	SPLIT	CONT TURBINAS No 1	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	5	3,5	3	4	10,5		1							1					
2	UNIDAD B AC	SPLIT	CONT TURBINAS No 1	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	5	3,5	3	4	10,5		1							1					
3	UNIDAD AC A	SPLIT	CONT TURBINAS No 3	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	5	3,5	3	4	10,5		1							1					
4	UNIDAD AC B	SPLIT	CONT TURBINAS No3	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	5	3,5	3	4	10,5		1							1					
5	BL AC 9710	PAQUETE	SUBEST CRUDO	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	6,25	3	3	4	9		1							1					
6	BL AC 9714A	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	6,25	3	3	4	9	1								1		1			
7	BL AC 9714B	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	6,25	3	3	4	9	1								1		1			
8	BL AC 9709	PAQUETE	SUBEST CRUDO	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	6,25	3	3	4	9		1							1		1			
9	BL AC 9712	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	7,5	3	3	4	9	1								1					
10	BL AC 9713	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	7,5	3	3	4	9	1								1					
11	BL AC 9715	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	7,5	3	3	4	9	1								1		1			
12	BL AC 9716	PAQUETE	SUBEST TREN No 1	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	7,5	3	3	4	9	1								1		1			
13	BL AC 9705	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	10	3,5	3	4	10,5									1			1		
14	BL AC 9706	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	10	3,5	3	4	10,5									1			1		
15	BL AC 9708A	PAQUETE	SUBEST CRUDO	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	10	3,5	3	4	10,5		1							1					
16	BL AC 9708B	PAQUETE	SUBEST CRUDO	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	10	3,5	3	4	10,5		1							1					
17	BL AC 9711A	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	10	3,5	3	4	10,5	1								1					
18	BL AC 9711B	PAQUETE	SUBEST TREN No 2	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	10	3,5	3	4	10,5	1								1					
19	US AC 9701A	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	20	4	3	4	12	1								1					
20	US AC 9701B	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	20	4	3	4	12	1								1					
21	US AC 9702	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	20	4	3	4	12	1								1					
22	US AC 9703	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	20	4	3	4	12	1								1					
23	BL AC 9704A	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	25	4	3	4	12									1			1		
24	BL AC 9704B	PAQUETE	SUBEST REINYECCION	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	25	4	3	4	12									1			1		
25	BL AC 9717	SPLIT	CONTROL ROOM	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	30	4,5	3	4	13,5											1			
26	BL AC 9718	SPLIT	CONTROL ROOM	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	30	4,5	3	4	13,5											1			
27	BL AC 9720A	PAQUETE	SUBEST PRINCIPAL - CB	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	5	2	3	4	6									1			1		
28	BL AC 9721	PAQUETE	SUBEST REINYECCION - CB	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	7,5	3,5	3	4	10,5									1			1		
29	CH AC 9001 A	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	35	5	3	4	15									1			1		
30	CH AC 9001 B	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	35	5	3	4	15									1			1		
31	CH AC 9002 A	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	25	4,5	3	4	13,5									1			1		
32	CH AC 9002 B	PAQUETE	SUBEST PPAL PLANTA GAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	25	4,5	3	4	13,5									1			1		
33	CH AC 9003 A	UND	SUBEST PPAL PLANTA GAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	35	2,5	3	4	7,5									1			1		
34	CF AC 9001 A	PAQUETE	SUBEST GAS VENTAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	30	4,5	3	4	13,5									1			1		
35	CF AC 9001 B	PAQUETE	SUBEST GAS VENTAS	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	30	4,5	3	4	13,5									1			1		
36	CE AC 9001 A	PAQUETE	SUBEST JOULE THOMPSON	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	15	4,5	3	4	13,5									1			1		
37	CE AC 9001 B	PAQUETE	SUBEST JOULE THOMPSON	TS-TR-MA-AT	RUTINAS DE MEDICIÓN	15	4,5	3	4	13,5									1			1		
											411	12	8	9	8	12	8	9	8	12	8	13	8	

Fuente: Integrantes del proyecto

7. CONCLUSIONES

1. Luego de implementado el mantenimiento de tipo predictivo basado en la técnica de Radiación Infrarroja, es notable el aumento en la satisfacción del cliente ya que se ve reflejado en la disminución de mantenimientos correctivos e inversiones de tipo económico y de personal para gestión del cambio de equipos y elementos que entran en falla por no atender antes del fallo.
2. Con la técnica de termografía, se mantienen procesos adecuados bajo condiciones de equipos mantenibles y confiables junto con las ambientes laborales que entregan seguridad y estabilidad laboral, enmarcado por las políticas de la compañía y lo pertinente a la normatividad nacional vigente.
3. El presente proyecto establece el proceder de la empresa actualmente ante el sistema de operación y mantenimiento en los servicios prestados a los clientes y demás que pertenecen directa o indirectamente a los procesos de la empresa, ya que los clientes continuamente están estableciendo un estricto seguimiento de las políticas y servicios adicionales de la compañía.
4. El informe evidencia que Aire Caribe SA, tiene la posibilidad de mejorar notablemente en cumplir a cabalidad su política de Gestión Integral gracias al compromiso que se refleja desde la alta gerencia y de sus líderes en cada una de sus operaciones.
5. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del presente trabajo, se puede establecer que es Aire Caribe SA guarda relación con las siguientes características:
 - Aplicación inicial del plan de mantenimiento predictivo con termografía IRT.
 - Notable compromiso que se tiene de parte de la alta gerencia al implementar el Mantenimiento predictivo en una de sus sucursales.
 - Se requiere de condiciones laborales seguras y estables que brinden a los trabajadores de la compañía un compromiso al momento de dar inicio a la implementación del plan de mantenimiento predictivo.
 - Evidenciar inmediatamente donde se encuentran falencias en cuanto a la identificación de anomalías o al proceso de implementación del plan de

mantenimiento predictivo, con el fin de que sea aclaradas las dudas y no existan confusiones que generen traumatismos al sistema.

- Evaluación y seguimiento al desempeño de cada uno de los colaboradores de la compañía adecuado y de cada una de las actividades desarrolladas.
-
6. Debido a que no se cuenta con más reportes históricos de fallas ocurridas por año, las frecuencias de inspección termográfica se determinó según estrategias de mantenimiento basado en confiabilidad, por lo que se puede entrar a evaluar a futuro el ampliar o disminuir las frecuencias con el fin de ajustar las frecuencias según las necesidades del momento.

 7. La posibilidad de poder implementar un plan de mantenimiento predictivo para un cliente importante, fue un notable logro personal para los profesionales y personal técnico que acompañó este proceso e hizo parte importante para la toma de decisiones a que se dieron lugar.

BIBLIOGRAFIA

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGIA E INNOVACIÓN COLCIENCIAS, Sistema de regalías, taller sobre la metodología del marco lógico. Junio de 2012.

Estudio Técnico, El Estudio Administrativo Y La Formulación Y La Evaluación De Un Proyecto [ONLINE]. Citado 23 Abril 2014. Disponible para el mundo en internet: www.evaluaciondeproyectosapuntes.blogspot.com

IEEE PARAGUAY [ONLINE]. Citado 29 Febrero 2014. Rama estudiantil de la UCSA, Conceptos iniciales sobre Termografía Infrarroja. Disponible en internet: <http://ramaucsa.wordpress.com/2011/01/17/conceptos-iniciales-sobre-termografia-infrarroja/>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Norma Técnica Colombiana. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización, editada 2008-08-04. NTC. 1486.

LAND, Instruments International. Guía Básica a la Termografía. Medida de temperatura infrarroja [ONLINE]. Visitado por última vez [31 de Marzo de 2014]. Disponible para el mundo en la página web: http://www.landinst.es/infrarroja/descarga_de_ficheros/pdf/Termografia_Guia_Basica.pdf

LA TERMOGRAFÍA.COM [ONLINE]. Citado 29 Febrero 2014. Termografics, termografía aplicada al mantenimiento predictivo de instalaciones y equipos. Disponible para el mundo en internet: <http://www.latermografia.com/2011/la-termografia-en-el-mantenimiento-de-motores-electricos>

LA WEB DEL EMPRENDEDOR. COM.AR [ONLINE]. Citado 23 Abril 2014. Marco conceptual de la administración. Disponible para el mundo en internet: <http://www.lawebdelemprendedor.com.ar/organizaciones/65-marco-adm.html>

MARTIN, Domingo Agustín. APUNTES DE TRANSMISIÓN DE CALOR. [ONLINE] Texinfo 02 ed. [Creative Commons, Madrid]: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Física e Instalaciones. ETS Arquitectura de Madrid, Mayo de 2011. 60p

NIVELA, Equipos de Topografía, Acústica y Termografía. Blog sobre cámaras termográficas. [ONLINE]. Consultado por última vez 28 de Marzo de 2014. Pág Web: <http://www.nivelatermografia.net/termografia>

PANIAGUA, Humberto. PANIAGUAINGENIERIA. [ONLINE]. Visitado por última vez [10 de Mayo de 2014]. Disponible para el mundo en la página web: http://www.pani.com.mx/documents/documents/normativa_infrarrojainternacional.pdf

REVISTA PETROLEO Y GAS.CO; PEÑA Carolina.[ONLINE]. Citado 07 Mayo 2014. El fruto gaseoso de Cupiagua. GBS Grupo Editorial. Disponible para el mundo en internet: <http://revistapetroleoygas.co/el-fruto-gaseoso-de-cupiagua/>

SUAREZ, Carrillo Jaime Giovanny. IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON TERMOGRAFIA INFRARROJA EN EQUIPOS DE LA PLANTA BAVARIA S.A. CERVECERIA DE BUCARAMANGA. Tesis de grado Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 114p

VIVAINNOVA, Termografía. Blog sobre termografía. [ONLINE]. Consultado por última vez 28 de Marzo de 2014. Pág Web: <http://www.vivainnova.es/termografia/>

WIKIPEDIA, La enciclopedia Libre [ONLINE]. Modificado por última vez 25 de Nov. de 2013 a las 21:19 [Citado 29 de Marzo de 2014]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Stefan-Boltzmann

ZARAGOZA, Nancy Cecilia. ADMINISTRACIÓN-CONCEPTOS BÁSICOS. Trabajo de Investigación [ONLINE]. nzaragoza@ptq.pemex.com, Disponible para el mundo en internet: http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/administracionconceptosbasicos/

Anexo A MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE AIRE ACONDICIONADO
CENTRAL EN AREA DE PROCESOS
CPF CUPIAGUA (CUP-OPS-AAC-015B)

Anexo B INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS

Anexo C REGISTROS TERMOGRÁFICOS RECOGIDOS EN LAS RUTAS DE
INSPECCIÓN