

**ESTUDIO TECNICO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA
EQUIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y REFRIGERACION EN
INSTALACIONES MINERAS CARBONIFERAS.**

ING. FERNANDO CABRERA KERGUellen

**Monografía para optar al título de Especialista en Evaluación y Gerencia
de Proyectos**

**ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO MECANICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

2007

DEDICATORIA

Al amor de mi vida, Ilba,
Complemento de mi existencia.

A mi mamá,
Razón de mi lucha
A mis hermanos y sobrinos,
En especial a Hans,
Ternura que llena mi alma

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a un gran numero de personas que por su valiosa colaboración esta monografía se hizo realidad.

A Serviparamo S.A. y en especial a la Dra. Yohanna Alzamora, quien me permite pertenecer a esta gran familia.

Al grupo de trabajadores de Serviparamo S.A. que se esfuerzan día a día por sacar este proyecto adelante.

A Drummond Ltd. y en especial al Sr. Jesús Donado quien mas que un guía es un gran amigo y compañero.

Al Dr. Jaime Alberto Camacho, al Dr. Adolfo León Arenas y al Dr. Jorge Luís Chacon por la oportunidad que me brindaron al estudiar este postgrado.

A mi directora de monografía Ingeniera Piedad Arenas y a todo el grupo de postgrados de Ingeniería Industrial.

A mi gran amigo Hermes Céspedes por toda la colaboración prestada y su apoyo incondicional.

A cada uno de mis compañeros de postgrado por sus enseñanzas y ayuda.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	3
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos.....	4
1.4. Alcance.....	4
1.5. Justificación	4
1.6. Desarrollo metodológico	5
CAPITULO 2	7
2. GENERALIDADES	7
2.1. Serviparamo y su departamento de ingeniería	7
2.1.1. Unidad de servicio	8
2.1.2. Unidad de proyectos.....	9
2.2. Teoría básica del mantenimiento.....	10
2.2.1. Mantenimiento preventivo.....	11
2.3. Conceptos primordiales de refrigeración	14
2.3.1. Ciclo de refrigeración.....	15
2.3.2. Componentes de sistema de refrigeración	16
2.3.3. Tipos de Aires acondicionados.....	16
CAPITULO 3	19
3. ESQUEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	19
3.1. Introducción	19
3.2. Análisis de la situación actual.....	19
3.2.1. Breve reseña	21
3.2.2. Equipo de trabajo	21
3.2.3. Metodología utilizada.....	21
3.2.4. Estructura operativa	22
3.2.5. Organización de los trabajos	24
CAPITULO 4	25
4. ESQUEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	25
4.1. Introducción	25
4.2. Filosofía de mantenimiento.....	25
4.2.1. Mantenimiento correctivo.....	25
4.2.2. Mantenimiento preventivo.....	26
4.2.3. Mantenimiento predictivo.....	26
4.2.4. Mantenimiento de oportunidad	27
4.3. Determinación de la carga de mantenimiento	27
4.4. Mediciones del trabajo de mantenimiento preventivo.....	29
4.5. Resumen de la estimación de tiempos de mantenimiento en aires acondicionados.....	36
4.6. Planeación de la carga de mantenimiento.....	37
4.6.1. Índices de mantenimiento.....	39
4.7. Pronósticos de la capacidad del mantenimiento.....	41
4.7.1. Aspectos preliminares	41
4.7.2. Pronósticos cuantitativos de mantenimiento.....	42

4.8.	Control del Sistema de mantenimiento propuesto	44
4.8.1.	Ciclo de control del mantenimiento propuesto.....	45
4.8.2.	Sistemas de órdenes de trabajo de mantenimiento.....	45
4.8.2.1.	Órdenes de servicio para mantenimiento preventivo.....	46
4.8.2.2.	Órdenes de servicio para mantenimiento correctivo.....	46
4.8.3.	Flujo del sistema de órdenes de trabajo	46
4.8.3.1.	Registro de la historia del equipo	47
4.8.4.	Estructura de control de mantenimiento	48
4.9.	Planeación de la capacidad del mantenimiento.....	51
4.9.1.	Mano de obra	51
4.9.2.	Materiales	53
4.9.2.1.	Costo de los materiales de mantenimiento.....	53
4.9.2.2.	Componentes del almacén de mantenimiento.....	55
4.9.3.	Herramientas	57
4.9.4.	Equipo	58
4.9.5.	Procedimiento para control en el almacén.....	59
4.9.5.1.	Control de inventarios.....	59
4.9.5.2.	Artículos para almacenar.....	60
4.9.5.3.	Sistema de inventarios	60
4.9.5.4.	Tamaño de lote económico	61
4.9.5.5.	Análisis ABC.....	62
4.9.5.6.	Clasificación de las refacciones.....	63
4.10.	Organización del mantenimiento	64
4.10.1.	Caracterización del mantenimiento preventivo.....	65
4.10.2.	Cobertura del programa de mantenimiento preventivo.....	66
4.10.3.	Programación del mantenimiento	68
4.10.4.	Control estadístico	69
4.10.4.1.	Estimación de las unidades de refacción necesarias para reemplazo en caso de falla.....	70
4.10.4.2.	Diagrama de causa y efecto (espina de pescado).....	71
4.10.5.	Control de la calidad del mantenimiento.....	74
4.10.5.1.	Responsabilidades de control de calidad	74
4.10.5.2.	Programa de inspección y verificación	75
4.10.5.3.	Control de calidad de los trabajos de mantenimiento	77
4.10.6.	Productividad del sistema de mantenimiento	82
4.10.6.1.	Medidas de las entradas.....	82
4.10.6.2.	Medidas de salida.....	83
4.10.6.3.	Medidas dentro del sistema.....	85
	CONCLUSIONES.....	86
	BIBLIOGRAFIA	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Torre de enfriamiento SAO (Santa Marta).....	10
Figura 2. Distribución del trabajo.	12
Figura 3. Representación del mantenimiento preventivo.....	13
Figura 4. Ciclo de refrigeración	15
Figura 5. Aire Acondicionado tipo ventana.....	17
Figura 6. Aire Acondicionado tipo minisplit.....	17
Figura 7. Aire Acondicionado Split.....	18
Figura 8. Aire Acondicionado tipo Paquete	18
Figura 9. Organigrama Proyecto Serviparamo S.A.-Drummond Ltd.....	23
Figura 10. Pronóstico de carga	43
Figura 11. Ciclo de control de mantenimiento.....	45
Figura 12. Página inicial de Archivo en Excel (historial de equipos).....	48
Figura 13. Relaciones del control de mantenimiento.....	48
Figura 14. Almacén de repuestos de mantenimiento	55
Figura 15. Esquema zona de taller	58
Figura 16. Panel de control principal	59
Figura 17. Panel de productos.....	60
Figura 18. Análisis ABC	62
Figura 19. Organización del Mantenimiento.....	65
Figura 20. Histograma de frecuencia de daños.....	70
Figura 21. Diagrama de Causa y efecto para el daño en el cuarto frío de carnes barracas.....	72
Figura 22. Pareto de Daños en el cuarto frío	73
Figura 23. Pareto de Causas de daños en el cuarto frío.....	73
Figura 24. Lista de Chequeo de mantenimiento correctivo	76
Figura 25. Ciclo de control de calidad de los trabajos de mantenimiento	78
Figura 26. Pasos a seguir para control de calidad de trabajo de mantenimiento (Primera Parte).....	79
Figura 27. Pasos a seguir para control de calidad de trabajo de mantenimiento (Segunda Parte).....	80
Figura 28. Análisis Causa efecto Instalación compresor	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Programa de turnos del personal	24
Tabla 2. Compendio de equipos instalados	28
Tabla 3. Observación inicial de tiempos de mantenimiento	32
Tabla 4. Total de observaciones para determinación de tiempo	33
Tabla 5. Calificación de Combinaciones de grupos de trabajo	34
Tabla 6. Estándar de tiempos en Horas para efectuar labores de mantenimiento según equipos	36
Tabla 7. Cargas de mantenimiento en horas hombre	37
Tabla 8. Resumen de resultados	39
Tabla 9. Índices de Administración mes de marzo.....	40
Tabla 10. Índices de Eficacia mes de Marzo.....	41
Tabla 11. Índices de Costos mes de Marzo	41
Tabla 12. Carga de mantenimiento.....	42
Tabla 13. Resumen análisis de regresión lineal	43
Tabla 14. Zona de Trabajo vs. Grupo de trabajo.....	50
Tabla 15. Insumos de mantenimiento requeridos mensualmente	56
Tabla 16. Clasificación Costos vs. Criticidad	63
Tabla 17. Ejemplo de inventario de equipos	67
Tabla 18. Duración tiempos muertos cuarto frío Carnes Barracas	69
Tabla 19. Distribución de frecuencias de daños.....	70
Tabla 20. Reseña de Horas de paro por mantenimiento del feeder N°1 en el mes de febrero	83

LISTA DE APENDICES

APENDICE A.....	89
APENDICE B.....	96
APENDICE C.....	105
APENDICE D.....	109
APENDICE E.....	113

RESUMEN

TÍTULO:

ESTUDIO TECNICO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y REFRIGERACION EN INSTALACIONES MINERAS CARBONIFERAS*

AUTOR:

Fernando Cabrera Kerguellen **.

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento, Aire acondicionado, Refrigeración, Mantenimiento preventivo.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo del estudio es incrementar la eficiencia en el servicio de mantenimiento de SERVIPARAMO S.A., empresa nacional prestadora de servicio de instalación, mantenimiento y montaje de aires acondicionados y sistemas de distribución de aire, a través de un programa de mantenimiento que garantice la satisfacción de una compañía extractora y comercializadora de carbón de orden mundial.

Dicho programa esta estructurado en una filosofía de mantenimiento acorde a este tipo de proyectos, debido a los niveles de polución y productividad que se manejan a nivel global. El programa incluye los respectivos estudios para determinación de carga de mantenimiento; la planeación y programación de la capacidad del mantenimiento (mano de obra, materiales, herramientas y equipo); el desarrollo de estándares de tiempo de mantenimiento de acuerdo al tipo de equipos, la experiencia y métodos estadísticos; el estudio de controles para inventarios, calidad de trabajos y materiales, así como las medidas mas relevantes para medir la productividad del sistema.

Este trabajo fue desarrollado en su totalidad en las instalaciones de la mina de carbón a cielo abierto *Pribbenow* de DRUMMOND LTD. (Cesar), obteniéndose así todos los datos en campo y la mayor veracidad posible.

El proyecto fue realizado por el autor con el fin de presentar una serie de metodologías propuestas a nivel internacional, y que redundan en el campo de la ingeniería del mantenimiento a nivel nacional y regional.

* Monografía para optar al título de especialista en evaluación y gerencia de proyectos

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de estudios Industriales y Empresariales. Postgrado en evaluación y gerencia de Proyectos. Director: Piedad Arena Díaz

SUMMARY

TÍTULO:

TECHNICAL STUDY OF MAINTENANCE PROGRAM FOR AIR CONDITIONERS AND REFRIGERATION EQUIPMENT IN COALS FIELDS*

AUTHORS:

Fernando Cabrera Kerguellen.**

KEY WORDS:

Maintenance, Air conditioners, Refrigeration, Preventive maintenance.

DESCRIPTION:

The study objective is to increase efficiency in maintenance service of SERVIPARAMO S.A., national company for installation, maintenance and assembly of air conditioners and distributions air system, by means of maintenance program that guaranties satisfaction in a coal extractor and marketing international company.

This program is based in a maintenance philosophy accord to this type project, for pollution levels and productivity that they are driving.

The program include the studies of maintenance charge, planning and organization of maintenance capacity (labor force, materials, tools and equipment) , the develop of maintenance time standard following equip type, experience and statistics methods, the study of inventory controls and your methodology respective, work quality and materials ,and finally, measurements more relevant for measure productivity system.

This project was developed totally in coals mines "open sky" called *pribbenow* of Drummond Ltd in Cesar (Colombia), the dates was obtained in fields with the better veracity possible.

The project was to make by the author to present an international methodology propose and that improves our maintenance engineering in level regional and national.

* Postgraduate Thesis in Evaluation and Management of Projects.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de estudios Industriales y Empresariales. Postgrado en evaluación y gerencia de Proyectos. Director: Piedad Arena Díaz

INTRODUCCION

La creciente necesidad de acondicionar el ambiente por medio de la extracción de calor del sitio de trabajo y el almacenamiento de alimentos a bajas temperaturas para su conservación ha obligado a las compañías que cuentan con condiciones climáticas severas, así como operación de producción tan complicadas, a contratar por medio de outsourcing a empresas que les brinden servicio de instalación y mantenimiento de equipos de aire acondicionado y refrigeración para alcanzar condiciones de confort necesarios para sus empleados y así puedan realizar sus labores diarias.

Esto ha dado lugar a la celebración de contratos que garanticen el funcionamiento óptimo de estos equipos por medio de criterios de mantenibilidad y confiabilidad adecuados.

Dichas empresas contratistas han implantado programas de mantenimiento en su gran mayoría de índole correctiva y manejan cierto tipo de inventario que no están acordes para proveer a la compañía que las contratan. Esta tendencia ha llevado al primer plano el mantenimiento preventivo como una herramienta necesaria para lograr la satisfacción del cliente.

El mantenimiento se define como la combinación de tareas a través de las cuales una máquina se mantiene o se restablece a un estado en el que puede realizar las actividades para las que fue instalada^[1]. En cuanto a los sistemas de acondicionamiento de aire y refrigeración es primordial que sus componentes operen dentro de las especificaciones de diseño, las cuales se pueden alcanzar mediante acciones oportunas de mantenimiento.

El mantenimiento de estos equipos se debe realizar en paralelo al mantenimiento de los sistemas de producción, a pesar que estos no constituyan parte esencial de estos. El programa de mantenimiento debe tomar como entrada cualquier tipo de anomalía o inquietud por parte del cliente y le agrega un proceso que empieza por el conocimiento experto, la

mano de obra y la reparación y como salida proporciona un equipo en condiciones de ofrecer un ambiente de confort.

El programa de mantenimiento reseñado en este proyecto contribuye a que el logro de las metas de Serviparamo S.A. se logre de la mejor manera, mediante la reducción de tiempos muertos de los equipos, mejorando la calidad e incrementando la cantidad de equipos de aire acondicionado y refrigeración operando adecuadamente.

El estudio técnico que se presentará en esta monografía redundará en la planeación, diseño, organización y control del sistema de mantenimiento para estos equipos y a su vez será una solución que se podrá implementar en cualquier tipo de organización que cuente con condiciones y estructuras de trabajo semejantes

CAPITULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Ubicada en el municipio de El Paso (Cesar), la mina de carbón a cielo abierto “Pribennow” es el centro geográfico de este proyecto. Drummond Ltd., empresa carbonífera de Alabama (Estados Unidos), cuenta con amplias instalaciones de producción y oficinas en esta mina de carbón, así como, complejos habitacionales y de recreación, los cuales debido a las altas temperatura que se presentan en esta zona y a la polución excesiva, deben ser climatizados por medio de sistemas de aire acondicionado y adicionalmente dentro de las instalaciones Drummond cuenta con estaciones de refrigeración para conservación de alimentos y materiales especiales.

Serviparamo S.A. es la empresa de servicios encargada de prestarle servicio de mantenimiento a dichos sistemas y estaciones.

Debido a la gran cantidad de equipos con los que cuenta el complejo carbonífero se debe contar con un esquema bien planificado de actividades de mantenimiento que satisfaga tanto al cliente externo como interno.

Se presentan en este trabajo las diversas estrategias de mantenimiento que son implantadas al proyecto (correctivo y preventivo), los controles y estándares aplicados a las actividades y las mediciones que permitirán realizar un seguimiento a los daños más frecuentes y sus posibles causas en equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración críticos para Drummond Ltd.

1.1. Objetivos

1.2. Objetivo general

- Contribuir a mejorar la programación, planificación y control del servicio de mantenimiento de Serviparamo S.A. en el proyecto minero “pribbenow” de Drummond Ltd.

1.3. Objetivos específicos

El esquema de mantenimiento que se muestra en la presente monografía busca:

- Enumerar las filosofías de mantenimiento a sistemas de acondicionamiento de aire y refrigeración más adecuada a este tipo de proyectos, es decir, que están bajo condiciones climáticas severas.
- Desarrollar los estándares de tiempo con base en los estándares de actividades para ejecutar las tareas de mantenimiento con que cuenta Serviparamo S.A.
- Mostrar la planificación de actividades de control de trabajos, inventarios, costos y calidad del mantenimiento.

1.4. Alcance

La presente monografía se aplica al departamento de Ingeniería asociado al contrato Drummond-Serviparamo para el mantenimiento de los equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración, y consta de un análisis y propuesta de sistema de mantenimiento preventivo para su posterior implementación en Drummond Ltd., por lo tanto cabe resaltar que la puesta en marcha del sistema estará a cargo del jefe del proyecto. Cabe resaltar además que puede servir de base para la aplicación en otros proyectos llevados a cabo por empresas de servicios de aire acondicionado, en instalaciones mineras colombianas como lo son, Cerrejón (Guajira) y Cerromatoso (Córdoba)

1.5. Justificación

Tanto las grandes compañías que prestan servicio de mantenimiento y reparación como los expendedores (grandes y pequeños) han descubierto, a través de su programa de contratos de servicio, que un buen programa de mantenimiento preventivo equivale a economizar dinero. Los clientes de

contrato de servicios pagan su cuota, ya sea mensual o anual, luego depende de la compañía de servicios conservar la unidad en funcionamiento en todo momento, independientemente del costo, de ahí la importancia de un programa de mantenimiento de gran alcance. Cuando hay un programa que verdaderamente funciona, los grandes esfuerzos que realice el técnico en búsqueda de un correcto funcionamiento de la maquina, prolongarán la vida de esta, sin tener que reparar costosas averías, aumentando así la confianza del cliente hacia la empresa prestadora de servicio.

Serviparamo S.A. mediante su departamento de ingeniería adscrito al proyecto Drummond quiere demostrar que mediante la planificación de las actividades, la aplicación de estándares de tiempo, el seguimiento de los inventarios, entre otros, puede alcanzar niveles óptimos de disponibilidad y confiabilidad de los equipos a su cargo.

1.6. Desarrollo metodológico

Este trabajo se desarrolló en dos fases: en la primera se desarrolló una revisión bibliográfica de los documentos que se han desarrollado mediante un enfoque: de lo general a lo específico, es decir se comenzó por las estrategias básicas del mantenimiento, las definiciones de refrigeración y la implantación de programas de mantenimiento, hasta ejemplos puntuales de estudios técnicos de programas de mantenimiento aplicados a diferentes sectores industriales. En segunda instancia se realizaron unas observaciones de campo que permitieran inicialmente plasmar las experiencias actuales, para que el lector fuera conociendo como se viene desarrollando el proyecto, luego se realizó la implantación de ciertas metodologías que desarrollaron ciertos autores como *Niebel*, *Duffoe* y otros autores, para analizar parámetros como son la planificación, programación y el control de actividades de mantenimiento.

En resumen este trabajo tendrá como fin presentar un plan de trabajo que delimite las funciones de cada uno de los empleados de la empresa Serviparamo que estén involucrados con el contrato entre Drummond Ltd. y dicha entidad. Se desea resaltar, que este proyecto será único ya que

solamente tendrá validez para este tipo de contratos y que este no puede ser limitado dentro de los lineamientos normales que utiliza la empresa Serviparamo para sus programas de mantenimientos en entornos ciudadanos. Este proyecto es clave dentro de la estrategia de la empresa para fundamentar las bases para futuros clientes que visualiza la empresa dentro del sector de empresas mineras, así como para afianzar su imagen ante este gran cliente y es liderado por el jefe de proyecto del contrato, autor de esta monografía.

CAPITULO 2

2. GENERALIDADES

En este capítulo el lector encontrará una pequeña reseña de Serviparamo S.A. para que conozca, de manera muy general, a la empresa prestadora de servicios de mantenimiento en los aires acondicionados y sistemas de refrigeración, en segunda instancia se presentan los conceptos básicos de mantenimiento que se aplicaran en el desarrollo de este proyecto y que envuelven los objetivos de un programa de mantenimiento preventivo. Por último se detalla algo sobre los tipos de equipos de aire acondicionado que existen en el mercado y los componentes de un ciclo de refrigeración.

2.1. Serviparamo y su departamento de ingeniería

Serviparamo es una empresa con una amplia experiencia, de más de 30 años, que combina ingeniería, tecnología y servicio para tratar el aire y dotarlo con los últimos sistemas y equipos desarrollados, de la temperatura, la calidad y pureza necesarias para producir bienestar y confort a todos los usuarios de este elemento.

Hoy por hoy, Serviparamo es líder en mantenimiento, instalación y venta de aires acondicionados en Colombia. Cuenta con doce sedes autónomas situadas a lo largo y ancho de toda Colombia, las cuales son monitoreadas desde la casa matriz en Barranquilla y por la oficina principal en Bogotá.

Su política de calidad es proporcionar soluciones integrales en climatización de áreas, tratamiento de aire y optimización de procesos de refrigeración mediante la estandarización de las operaciones, la capacitación continua del personal y el mejoramiento de la calidad de vida de sus trabajadores, a fin de satisfacer las necesidades de sus clientes, mejorar la calidad de sus servicios y procesos y ampliar su cobertura y rentabilidad. ^[2]

Cuenta con una extensa capacidad productiva lo cual se observa en sus aproximadamente 472 empleados, discriminados de la siguiente manera: 52 ingenieros, 280 operadores y 140 personas en el área administrativo, así como los mas de 1100 m² de áreas de bodegas, 180 m² de talleres y 1500 m² destinados a área de oficinas. Serviparamo también posee un amplio rango de herramientas logísticas que permite facilitar sus operaciones como lo son sus más de 250 equipos de comunicación y sus 25 vehículos. Todo esto en aras de satisfacer a los más de 1500 clientes en convenios de servicio y las 55.000 toneladas de refrigeración suscritos en dichos convenios.^[3]

Básicamente Serviparamo cuenta con 2 unidades de servicio a saber:

2.1.1. Unidad de servicio

Encargada de llevar a cabo el servicio de Mantenimiento, en la cual Serviparamo cuenta con un staff de ingenieros y técnicos calificados, provistos con instrumentación especializada y equipos computarizados.

Con el servicio de *Mantenimiento predictivo* que presta Serviparamo, se puede prever cualquier tipo de anomalía que pudiera tener el equipo, de acuerdo al comportamiento que tenga este, según el sistema y condiciones de funcionamiento actual. Esto permite anticipar el cambio de parte, cuando se lleve a cabo el *mantenimiento preventivo* de limpieza y diagnóstico, lo que garantiza una mayor vida útil del equipo y optimización del funcionamiento.

En cuanto al servicio de mantenimiento de índole correctivo, Serviparamo cuenta con un stock de equipos, repuestos, partes o componentes de los sistemas, a fin de restituirlos a sus condiciones iniciales o mejorar sus especificaciones de diseño.

Los contratos de mantenimiento que presta Serviparamo S.A. ofrecen servicios técnicos especializados con rutinas específicas mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, dependiendo del tipo de equipo y su aplicación.

2.1.2. Unidad de proyectos

Apoyado en esta unidad se encarga de la instalación y montaje de equipos bajo la modalidad llave en mano. Serviparamo diseña, suministra, monta y pone en marcha proyectos de cualquier capacidad para aplicaciones industriales, comerciales y residenciales, en todas las ciudades de Colombia.

Serviparamo instala equipos de las marcas mas reconocidas del mercado y que cumplan las normas ASHRAE, INVIMA y bajo códigos locales e internacionales en el área de la salud, laboratorios y procesamiento de alimentos^[3]. Los montajes que realiza esta unidad son de tipo: industriales, comerciales, institucionales o residenciales. Entre otros se encuentran:

- Carrefour (Medellín)
- Zuana Beach Resort (Santa Marta)
- Home Mart (Medellín)
- Centro comercial Buena vista (Santa Marta)
- Vivero (Barranquilla)
- Centro comercial Ocean Mall (Santa Marta)
- Clínica Saludcoop (Bucaramanga)
- Centro comercial Portal de la 80 (Bogota)
- World Trade Center (Barranquilla)
- Colegio Bilingüe (Santa Marta)
- Teatro Amira de la Rosa (Barranquilla)
- Superalmacenes Olímpica (Santa Marta)
- Sala de ventas Corona (Barranquilla)



Figura 1. Torre de enfriamiento SAO (Santa Marta)

2.2. Teoría básica del mantenimiento

Normalmente el mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, sistema de equipos, componentes u otro activo fijo de una compañía continúen realizando las funciones para las que fueron creados^[4].

Mantener es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, inspección, conservación, reparaciones y mejoras que permitan conservar el potencial de un equipo para asegurar su continuidad y garantizar la calidad de la producción.

Mantener bien o mantener con calidad es: utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyan las paradas y los costos de mantenimiento sean mínimos logrando una rentabilidad óptima de la función del mantenimiento. Mantener bien es: ejercer un estricto control sobre los siguientes factores:

- ❖ Reparaciones de emergencia: minimizarlas.

- ❖ Tiempo muerto en producción imputable a mantenimiento: minimizarlo.
- ❖ Reparaciones y modificaciones de equipo: optimizarlas.
- ❖ Desperdicio de materiales de producción imputable a mantenimiento: minimizarlos.
- ❖ Materiales empleados en las reparaciones y modificaciones: optimizarlos.
- ❖ La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento: optimizarlos.
- ❖ La depreciación del equipo y edificios: retardarla, incrementando su vida.

2.2.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones ^[5], lo cual es diferente a un mantenimiento de reparación, el cual normalmente se considera como el reemplazo, renovación o reparación general del o de los componentes de un equipo o sistema para que sea capaz de realizar la función para la que fue creado. ^[1]

El mantenimiento preventivo es el enfoque preferido para la administración de los activos ya que:

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia.
- Puede reducir la severidad de la falla y contrarrestar sus consecuencias.
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente para permitir una reparación planeada.
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos.

El mantenimiento de reparación puede dividirse en dos amplias categorías: reparación planeada y reparación no planeada. La reparación planeada implica, en primer lugar, que todos los recursos necesarios para realizar las tareas han sido planeados previamente y están disponibles, y en segundo lugar, que el trabajo se llevara a cabo de acuerdo con un programa establecido. La reparación no planeada puede tener disponibles un conjunto instrucciones normales, puede tener a la mano los trabajadores y piezas

necesarias o puede estar insertado en un programa de mantenimiento, pero no cumple con los criterios de planeación y programación previa. Si el mantenimiento preventivo se considera como un trabajo “planeado”, la distribución por horas de mano de obra en una instalación industrial que funciona correctamente puede ser considerada como la que se describe en la figura 2 [5].

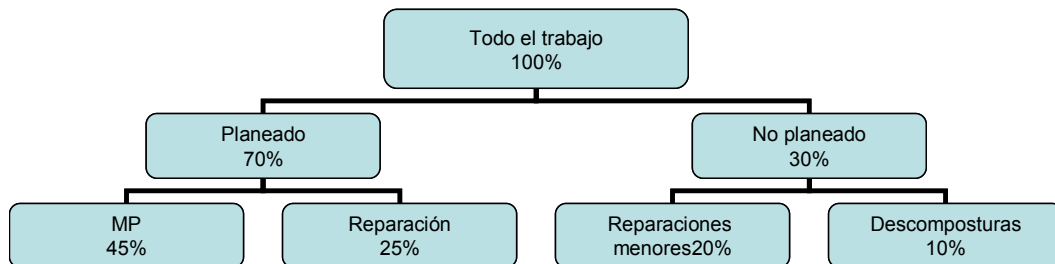


Figura 2. Distribución del trabajo.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. Dichos conceptos son claves para el desarrollo de un programa de mantenimiento. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite [6]. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo este funcionando en un momento dado [1].

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la confiabilidad y la disponibilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado. Una de las características principales de un equipo bien diseñado es que puede mantenerse/repararse durante el tiempo especificado para ello. Esto se conoce como mantenibilidad o facilidad de mantenimiento y puede definirse, según *Duffoe*, como la probabilidad de ser reparado/mantenido durante un tiempo específico. El mantenimiento preventivo también es un medio para proporcionar retroalimentación a los diseñadores de equipos para mejorar su facilidad de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo a su vez, puede ser clasificado en basado en las condiciones o en los datos históricos de fallas del equipo. En el primero se pueden tratar equipos que estén o no estén trabajando y en el segundo

se tendrá como principal herramienta la periodicidad del trabajo o el nivel de trabajo que se viene dando en el equipo. Se puede sintetizar un poco mejor estos conceptos mediante la figura 3 [5]:

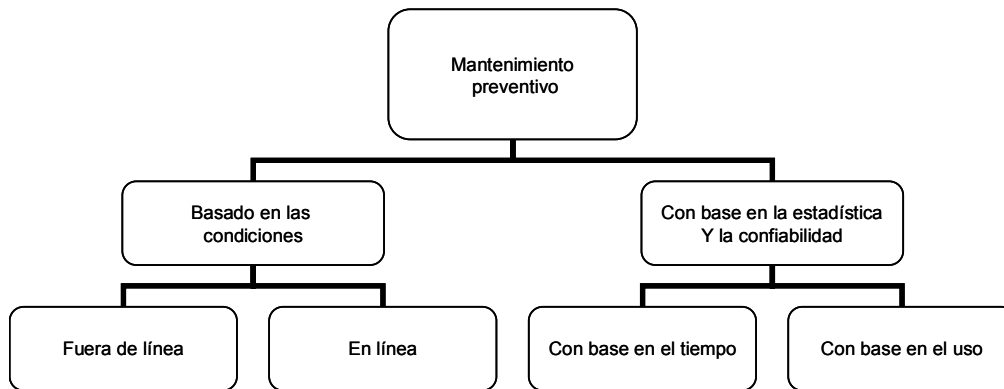


Figura 3. Representación del mantenimiento preventivo

Las razones primordiales a que sea preferido frente al mantenimiento correctivo (la reparación surge hasta que falle el equipo) son:

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto “dominó” en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de la producción.
- En donde podamos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una maquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.

Finalmente hay importantes diferencias en costos tanto directos (por ejemplo, materiales) como indirectos (por ejemplo, perdidas de producción) debido a que una interrupción no planeada a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción en si misma, ya que la calidad de la reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia [6].

2.3. Conceptos primordiales de refrigeración

Para conocer un poco el funcionamiento de los equipos que tratamos en el presente documento, entraremos a definir los siguientes conceptos:

- Calor

El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía calorífica; por ejemplo, la energía mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor. Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito ^[7], porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose desde cuerpos cálidos a los cuerpos fríos.

- Medida de calor

La unidad básica para medir calor usado en el sistema internacional de medidas es la caloría, que se define como la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un gramo de agua 1 °C ^[7]. Por ejemplo, para aumentar la temperatura de un litro de agua de 95 a 100 °C, se requieren 5000 calorías. (Un litro de agua pesa 1000 gramos), o sea: $1000 \times (100 - 95) = 5000$ calorías.

Sin embargo, la unidad de calor empleada comúnmente es la Kilo-Caloría (KCAL) que equivale a 1.000 calorías y que pueden ser definidas como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un Kg. de Agua, un grado Centígrado^[8].

En el sistema Inglés, la unidad de calor es la British Thermal Unit (B.T.U.). Un B.T.U. Puede definirse como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua 1 °F ^[7]. Por ejemplo: para aumentar la temperatura de un Galón de agua (Aproximadamente 8,3 Lb) de 70 ° F a 80 °F, se requieren 83 BTU

$$8,3 \times (80 - 70) = 83 \text{ B.T.U}$$

Por otra parte aún en nuestro medio es muy frecuente hablar de toneladas de refrigeración, la cual es realmente una unidad americana basada en el efecto frigorífico de la fusión del hielo. La tonelada de refrigeración puede definirse como la cantidad de calor absorbida por la fusión de una tonelada de hielo

sólido puro en 24 horas^[7]. Puesto que el calor latente de fusión de una libra de hielo es de 144 BTU, dato que se puede extraer de cualquier libro de termodinámica, el calor latente de una tonelada americana (2000 libras) de hielo será $144 * 2000$, o sea 288,000 BTU por 24 horas. Para obtener el calor por hora es necesario dividir entre las 24 horas, lo cual da una cantidad de 12.000 Btu/h, lo cual que se define como Tonelada de refrigeración (T.R.). Este concepto será muy importante para cuando se detalle las capacidades de los equipos en el presente documento.

2.3.1. Ciclo de refrigeración

Los sistemas de compresión emplean cuatro elementos en el ciclo de refrigeración: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

En el evaporador, el refrigerante se evapora y absorbe calor del espacio que está enfriando y de su contenido.

A continuación, el vapor pasa a un compresor movido por un motor que incrementa su presión, lo que aumenta su temperatura (entrega trabajo al sistema).

El gas sobrecalentado a alta presión se transforma posteriormente en líquido en un condensador refrigerado por aire o agua.

Después del condensador, el líquido pasa por una válvula de expansión, donde su presión y temperatura se reducen hasta alcanzar las condiciones que existen en el evaporador. A continuación se presenta una grafica que nos sintetiza un ciclo de refrigeración¹:

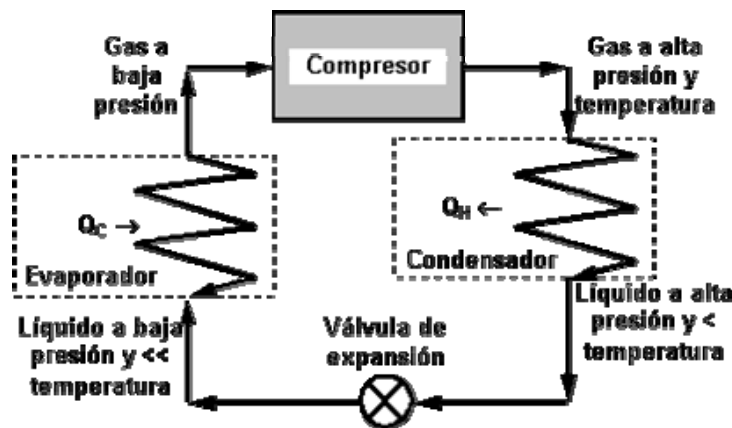


Figura 4. Ciclo de refrigeración

¹ Tomado de http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap07_ciclos_termicos.php

2.3.2. Componentes de sistema de refrigeración

Para afianzar un poco más lo anteriormente descrito se presenta los componentes que desarrollan el ciclo del refrigerante al fluir por un sistema, ya sea de aire acondicionado o de refrigeración:

- **Compresor:** El trabajo del compresor es aspirar el vapor del evaporador y forzarlo a entrar en el condensador. El tipo más común es el compresor de pistón, pero otros tipos también se emplean por ejemplo: compresores centrífugos y compresores de tornillo.
- **Condensador:** El propósito del condensador es sacar del gas el calor, que es igual a la suma del calor absorbido en el evaporador más el calor producido por la compresión. Hay muchas clases diferentes de condensadores.
- **Válvula de expansión:** El objetivo principal de una válvula de expansión, es asegurar una presión diferencial suficiente entre los lados de alta y baja de la planta de refrigeración. El camino más sencillo de hacer esto es colocar un tubo capilar entre el condensador y el evaporador.
- **Evaporador:** Su función es extraer el calor del entorno a enfriar. En la actualidad existen los de circulación de aire forzada y los enfriados por líquido.

2.3.3. Tipos de Aires acondicionados

Los tipos de aires acondicionados que se encuentran las instalaciones de la mina son²:

Aire Acondicionado tipo Ventana

Este aire acondicionado es de tipo compacto (Condensador y evaporador juntos en la misma consola), es decir, sus componentes contenidos en una

² Las figuras de el presente aparte fueron extraídas del Catalogo de productos de LG

sola caja. Las capacidades disponibles en el mercado son de 0.5, 0.75, 1, 1.5 y 2 T.R.



Figura 5. Aire Acondicionado tipo ventana

Aire Acondicionado tipo Minisplit

Este Aire Acondicionado esta dividido en 2 consolas (una contiene el condensador, compresor, válvulas y parte eléctrica de potencia que debe ser instalada externa al recinto a acondicionar y en la otra el evaporador y parte eléctrica de control que estará ubicada internamente en el recinto), unidas mediante tuberías de cobre. Las capacidades disponibles en el mercado son de 0.75, 1, 1.5, 2 y 3 T.R.



Figura 6. Aire Acondicionado tipo minisplit

Aire Acondicionado tipo Split

Este equipo al igual que los anteriores esta dividido en condensadora y evaporadora, pero a esta última, debe ser instalada la ductería para la distribución de aire para el recinto a acondicionar. En el mercado se distribuyen de 3, 4, 5, 7.5, 10 y 15 T.R.

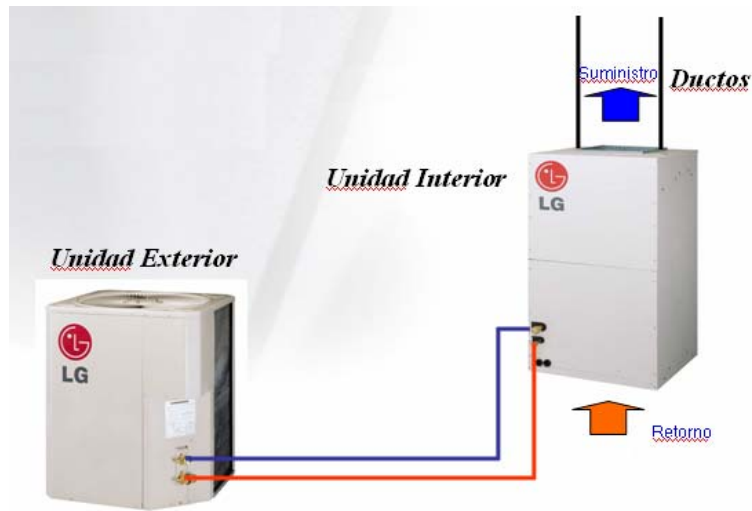


Figura 7. Aire Acondicionado Split

Aire Acondicionado tipo Paquete

Esta unidad de tipo compacto tiene las mismas características de las de tipo ventana pero se le debe instalar ductería para distribución del aire dentro del recinto.



Figura 8. Aire Acondicionado tipo Paquete

CAPITULO 3

3. ESQUEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL

3.1. Introducción

Emprender la diagramación de un programa de mantenimiento de esta envergadura, debido a la cantidad de equipos con que se cuentan, empieza con hacer una breve reseña acerca de cómo inicio labores Serviparamo S.A., para posteriormente describir la situación actual, es decir como están distribuidos los grupos de trabajo y las zonas que atienden, y presentar un organigrama y esquema de la operación. En segunda instancia se califica cada una de las filosofías de mantenimiento que deben ser implementadas en el proyecto, por ejemplo una proyección en la periodicidad de los servicios de mantenimiento preventivo, para ambientar al lector con propuestas de mejoras basadas en observaciones de campo y en la experiencia.

3.2. Análisis de la situación actual

La inversión por parte de Drummond Ltd. en equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración (entiéndase aires acondicionados, cuartos fríos y container refrigerados) ha obligado a esta empresa a contratar por outsourcing empresas que le presten servicio de mantenimiento a dichos equipos, para lograr que se ajuste a una tasa de rendimiento de la inversión fijada, la cual se mide por medio del grado de satisfacción que tengan cada uno de los empleados que se sirvan de estos equipos.

El mantenimiento de los equipos se definirá entonces como la serie de actividades que llevarán a que:

- en el caso de equipos acondicionadores de aire, aclimatize la zona en la que esta instalado.
- y por parte de los equipos de refrigeración mantenga los productos en las condiciones de temperatura adecuadas.

Las inconsistencias de no lograr las condiciones óptimas de funcionamiento, conllevarán en el primer caso reseñado anteriormente, a condiciones de no confort para el personal ya sean equipos de aire acondicionado de oficinas, comedores u habitaciones o la alerta por alta temperatura en el caso de equipos de índole electrónico (salas de control, conmutadores, mandos, etc.) y en segunda instancia la pérdida de los productos a ser refrigerados.

Es por esto que los equipos deben estar en óptimas condiciones, lo cual se logrará realizando unas acciones oportunas de mantenimiento.

Aunque por lo general se observa que los sistemas de acondicionamiento de aire y los sistemas de refrigeración, no influyen en el sistema productivo de una planta, en el caso especial que estamos tratando, implica que debido a que la zona de alta polución, las oficinas, comedores y habitaciones deberán permanecer la mayor cantidad del tiempo cerradas, además de esto la temperatura ambiente alcanzada promedio en el complejo puede estar alrededor de los 38 °C, razón por la cual el daño de uno de los equipos debe provocar respuestas inmediatas.

El objetivo básico de este contrato pactado entre Serviparamo S.A. y Drummond Ltd., es que el primero proporcione un servicio de mantenimiento a los aires acondicionados y cuartos fríos de la mina a satisfacción del segundo con márgenes de rentabilidad, acorde a las proyecciones estipuladas por la gerencia de Serviparamo S.A.

Es por esto que se desarrolla, en aras de alcanzar la satisfacción completa de el cliente, una serie de políticas y de procedimientos de trabajo, así como el establecimiento de los flujos de mando y responsabilidades de cada uno de los integrantes del proyecto, manteniendo por sobre todas las cosas, altos estándares de eficacia y eficiencia, debido a que la actividad de ejecución y control de proyectos de esta índole, comprende las acciones que se deben seguir para poner en marcha la ejecución de las actividades proyectadas en busca de cumplir con las especificaciones en calidad, tiempo y costo preestablecidas .

3.2.1. Breve reseña

El proyecto Serviparamo – Drummond fue pactado en Noviembre de 2003, siendo el anterior contratista la empresa Refritrial S.A. Al comenzar el proyecto, Serviparamo contaba con tan solo 5 personas (tres de la anterior empresa contratista y dos nuevos integrantes trasladados desde la sucursal Serviparamo Barranquilla) atendiendo todas las instalaciones de campamento (talleres, oficinas, comedores y alojamientos en general) y la Dragalinea en el área de producción.

3.2.2. Equipo de trabajo

En la actualidad el equipo de trabajo está conformado por 2 divisiones o frentes de trabajo así:

Campamento

- ✓ Técnico en Reparaciones y atención de llamadas (4)
- ✓ Operarios de Mantenimiento(4)

Conveyor

- ✓ Técnico en Reparaciones y atención de llamadas (2)
- ✓ Operarios de Mantenimiento(2)

A cargo de la dirección del proyecto se encuentran:

- ✓ Jefe de Proyecto (1)
- ✓ Supervisor de Proyecto (1)

3.2.3. Metodología utilizada

Debido a que el ingeniero Jefe del proyecto tiene no solo a su cargo la dirección del proyecto sino la dirección técnica de la sucursal Santa Marta, las actividades que realiza son de índole operativa y comercial, en promedio dedica los 4 días por cada 12 días para estar en la mina de carbón.

El supervisor de proyectos esta mucho mas presente en el proyecto, este realiza un turno de 12 días de trabajo por 4 días de descanso, al igual que el personal de los frentes de trabajo.

3.2.4. Estructura operativa

En la actualidad, esta es la estructura operativa que se maneja en el proyecto:

Subproyecto campamento:

La totalidad del campamento se encuentra dividido en las siguientes áreas:

- Oficinas (Hangar, Ingeniería, Servicios especiales, Administración, Planeación, Back line, Departamento Eléctrico, Palas y taladro, Despacho de camiones, Conveyor, Load out nuevo, compras, Power Plant y soldadura)
- Alojamiento en obra civil (Borrego Nuevo, Borrego viejo, Staff House No1,2,3,4, 5,6,7, alojamientos Barracas, load out viejo)
- Alojamiento en container (Auxiliary Garden, Taganga y Florida)
- Comedores (GHL, Barracas, Load out, Móviles, Back line, soldadura, Cobre tire, Mantenimiento)
- Lúdica (Recreación y Teatro)
- Talleres
- Bodegas de Recibo
- Centros de entrenamiento (Barracas, Unidad Medica)

Subproyecto conveyor y Apron Feeders:

En esta subproyecto se encuentran los siguientes campos:

- Área Apron-Feeder (en este momento Drummond cuenta con 13 apron Feeder)
- Área conveyor (Para transporte de material estéril la mina tiene 2 bandas, en la cual la primera cuenta con 16 container eléctricos y la segunda con 13)
- Dragalinea

Hoy en día Serviparamo en este proyecto cuenta con los siguientes requerimientos por parte de Drummond, para el cumplimiento del contrato:

- 1 container para almacenamiento de algunos repuestos
- 2 automóviles para los desplazamientos (en alquiler)
- 1 computador para desarrollo de informes.

Entre los requerimientos para mediano plazo que exige Drummond, como planes de mejora esta la adquisición de:

- Un nuevo container para adecuar una oficina.
- Una planta de lavado para efectuar en sitio el mantenimiento del subproyecto Apron-Feeder y Conveyor.
- La adecuación de una zona para taller de aires acondicionados.

La figura 9. nos muestra como es el organigrama de este contrato, en el que se vislumbra claramente que este proyecto no se aísla de la sucursal regional, ni de la gerencia general de la compañía

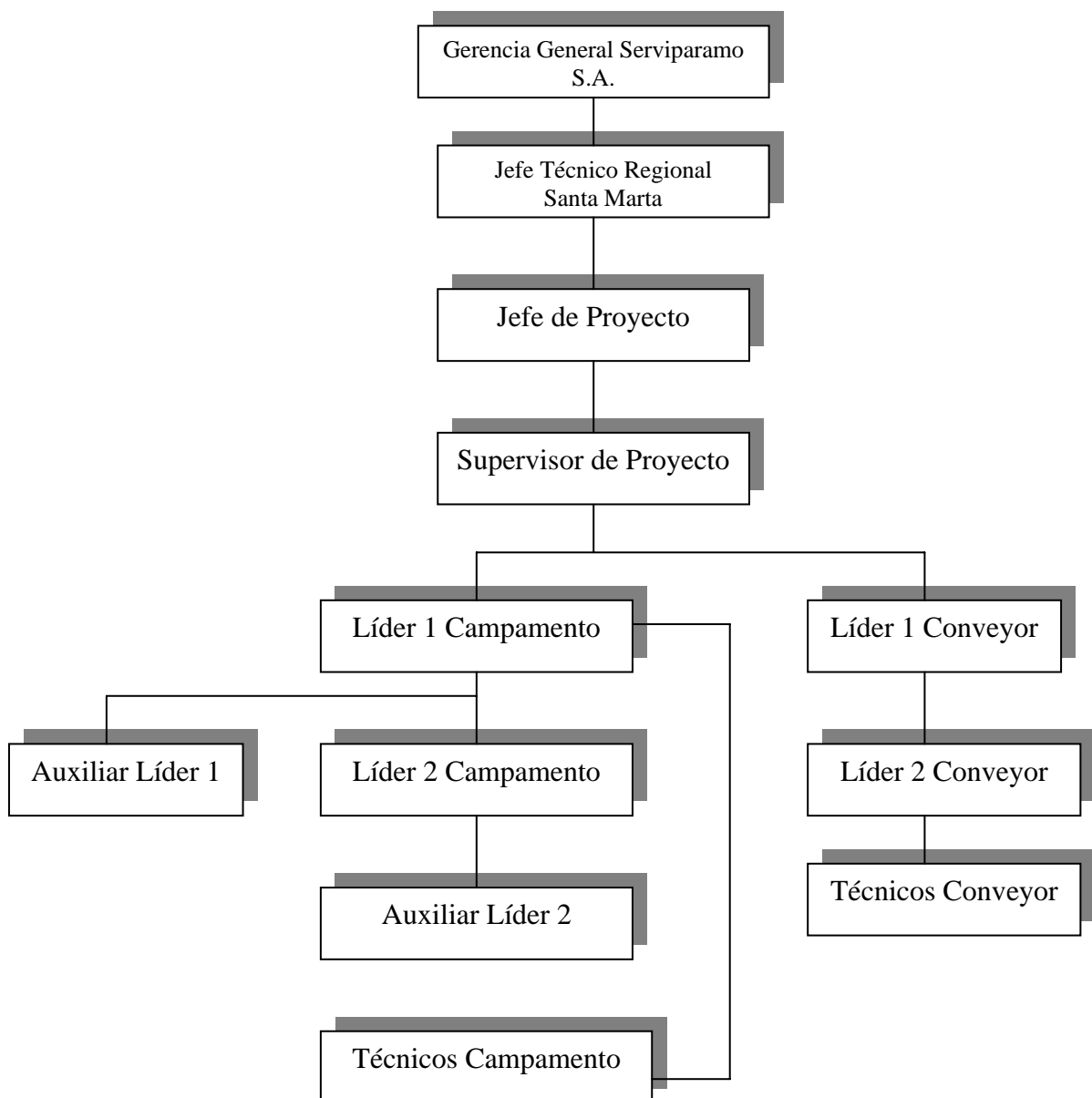


Figura 9. Organigrama Proyecto Serviparamo S.A.-Drummond Ltd.

3.2.5. Organización de los trabajos

Todo el personal operativo trabaja por turnos de 12 días de trabajo por cuatro días de descanso, salvo el supervisor de proyecto, que trabaja 12 o más días y descansa de igual manera cuatro días.

El proyecto de campamento cuenta con las siguientes características:

- Por la misma tipología de turnos habrá siempre 2 grupos de mantenimiento trabajando, ya que cuando el Grupo No1 o grupo No2 se encuentre de descanso, estará trabajando en su jornada de mantenimiento el grupo de auxiliares líderes técnicos
- Los líderes técnicos trabajarán cuatro días de su turno juntos y el restante del tiempo con su auxiliar líder técnico.

Mientras tanto en el proyecto conveyor se cuenta siempre con la presencia de una persona técnica ya sea el técnico No 1 o el Técnico No2.

A continuación se presenta como ejemplo el programa de turnos del mes de Febrero y Marzo de 2006. Cabe resaltar que se incluye el periodo de vacaciones de una persona del proyecto conveyor.

Personal	Febrero																											
	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Lider 1																												
Aux Lid1																												
Lider 2																												
Aux Lid2																												
Tec Gr 1																												
Tec Gr 1																												
Tec Gr 2																												
Tec Gr 2																												
Lid C. 1																												
Tec C.																												
Lid C. 2																												
Tec C.																												

Tabla 1. Programa de turnos del personal

Para mas detalles acerca de las cantidades de equipos atendidos por Serviparamo S.A.y su esquema de servicio en la mina de Drummond Ltd. ver Apéndice A.

CAPITULO 4

4.ESQUEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

4.1. Introducción

El lector encontrará en el presente capítulo la estructura metodológica que se propone para efectuar el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado y refrigeración del proyecto Drummond Ltd. Inicialmente las diversas filosofías de mantenimiento, así como ejemplos de ciertas zonas donde se pueden aplicar. Posteriormente se determinará la carga de mantenimiento, implícito a esto se realizara unas observaciones a fin de determinar el estándar de tiempo en labores de mantenimiento, con base en estos estándares y en la carga de mantenimiento, se detallará un esquema de costos por mano de obra del proyecto para tres meses, y así, diagramar unos índices administrativos, de costos y eficacia del mantenimiento.

Como otro aporte de esta monografía se realizará un pronóstico basado en el método cuantitativo de regresión lineal. Además se presentarán los controles operativos (Ordenes de Servicio) y la relación que estas tienen con el programa de mantenimiento.

La planeación y control de los recursos, como lo son la mano de obra, herramientas y en especial de los inventarios, es otro de los temas que tendrá cabida en este capítulo.

Por último se presentarán temas de interés en el mantenimiento como lo son la organización y el control de la calidad de trabajos y procedimientos.

4.2. Filosofía de mantenimiento

Ya entrando en materia, es decir con los aportes que da este proyecto, en aras de desarrollar un plan de mantenimiento acorde a las situaciones que muestra la mina, se sugieren las siguientes filosofías de mantenimiento:

4.2.1. Mantenimiento correctivo

Debido a que este tipo de mantenimiento se aplica solo cuando el aire acondicionado es incapaz de seguir operando, estas prácticas se torna

necesarias en equipos primordiales para la operación, como por ejemplo en la zona de Apron Feeders, en la cual debido a que son equipos de disponibilidad para producción del 100%, una parada de estos implica unos costos demasiado considerables, es necesario que se manejen equipos en stand-by, que permitan realizar el cambio del equipo averiado, por uno en optimas condiciones. Será efectuado por el líder técnico de cada una de las áreas (conveyor y campamento)

4.2.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es del tipo planificado y en el caso de la gran mayoría de los equipos de la mina se ajusta de manera adecuada mediante el cronograma presentado en el Anexo A. Con esto damos cuenta que nuestro esquema propuesto conjuga condiciones y tiempo de acuerdo a la figura 3 (pagina 13). Será efectuado por los auxiliares de los líderes y los técnicos de mantenimiento de cada uno de los subproyectos.

4.2.3. Mantenimiento predictivo

Al igual que el mantenimiento correctivo solo se aplica a cierto tipo de equipos como lo son los containeres refrigerados y cuartos fríos. A estos equipos las empresas contratistas en la parte de alimentación y algunos trabajadores de Drummond del departamento de bodega, hacen un seguimiento especial en cuanto a los parámetros de temperatura interna de acuerdo a lecturas a diferentes horas en el día, con lo cual la empresa Serviparamo, previa alarma emitida por ellos, al observar dichos parámetros tabulados, puede predecir y corregir algún tipo de anomalía que pueda afectar seriamente el funcionamiento del equipos y por ende los elementos a ser refrigerados. En este tendrá cabida como principal agente de decisión el supervisor de proyecto, quien con base en los archivos históricos, presentará propuestas de soluciona al supervisor encargado de Drummond.

4.2.4. Mantenimiento de oportunidad

Este mantenimiento se ha de prestar en los spreaders, trippers, Dragalina y Apron feeders, ya que al presentar daños o desplazamientos programados de dichos equipos, se podrían realizar operaciones de mantenimiento a los aires acondicionados que puedan reestablecerlos a condiciones de operaciones adecuadas. Participan en este tipo de mantenimiento, todas las personas asignadas al subproyecto conveyor y el supervisor de proyectos.

4.3. Determinación de la carga de mantenimiento

Después de haber determinado que en el complejo carbonífero de Drummond Ltd. existen gran cantidad y variedad de equipos de acondicionadores de Aire y refrigeradores, se procede a clasificarlos por tipos de la siguiente manera:

- Aire acondicionado
 - Tipo Aire de ventana (con capacidades de 9.000 BTUH hasta 24.000 BTUH)
 - Tipo MiniSplit (con capacidades de 12.000 BTUH hasta 24.000 BTUH)
 - Tipo Split (48.000 BTUH-120000 BTUH)
 - Tipo Paquete (60.000 BTUH - 120000 BTUH)
 - Tipo Paquete presurizado (18.000 BTUH- 60.000BTUH)

- Refrigeración
 - Container refrigerados (De Bajas y Media Temperatura 1 TR a 5 TR)
 - Cuartos Fríos (De Bajas y Media Temperatura 1 TR a 10 TR)
 - Maquinas de Hielo (3TR)

La tabla 2. resume la cantidad de equipos que están en funcionamiento en las instalaciones de Drummond.

Tipo de Equipos	Cantidad de Equipos
Aire de ventana (AV)	742
Minisplit (MS)	37
Split (SP)	39
Paquete (PA)	43
Paquete presurizado (PP)	18
Container refrigerados (CR)	9
Cuartos Fríos (CF)	24
Maquinas de Hielo (MH)	4
Total	916

Tabla 2. Compendio de equipos instalados

Como resultado de la experiencia y luego de mantener por un año todos los equipos acondicionadores tipo estacionario (aires tipo ventana, split, minisplit, paquete, paquete presurizado, container refrigerado, cuartos fríos y maquinas de hielo) sugerimos seguir los siguientes lineamientos a fin de garantizar el servicio continuo y la vida útil de los equipos acondicionadores de aires según:

Equipos expuesto a alta contaminación y trabajo continuo:

- Realizar el mantenimiento preventivo cada 15 o 20 días a los equipos ubicados en las zonas de alta polución y trabajo continuo como son: **load out, tolvas, generadores, comedores móviles y estacionarios dentro del PIT³, rampas y garita principal**

Total equipos Marzo = 19 AV +23 AV+ 3 AV+ 4 AV= 49 AV

Equipos expuesto a mediana contaminación y trabajo continuo:

- Realizar el mantenimiento preventivo cada 30 días a todos los equipos ubicados en las zonas de mediana polución y trabajo continuo como son: **equipos de oficinas, talleres, comedores fuera del PIT, cuartos fríos,**

³En las instalaciones mineras se le denomina PIT a toda el area de producción propiamente dicha

maquinas de hielo, container refrigerados todos los equipos tipo split y mini split y paquetes.

Total equipos Marzo = 4 MH + 24 CF+ 9 CR+ 18 PP+ 43 PA + 39 SP +37 MS+ 199 AV

Equipos expuesto a baja contaminación y trabajo continuo:

➤ Realizar el mantenimiento preventivo cada 60 días a todos los equipos ubicados en las zonas de baja polución y trabajo discontinuo como son: **equipos de habitaciones cercanas al campamento**

Total equipos Marzo= 494 AV

4.4. Mediciones del trabajo de mantenimiento preventivo

Es necesario implementar metas al diagramar el programa de mantenimiento, pero a la par de esto, se deben implementar los estándares de mantenimiento necesarios para evaluar la eficiencia del trabajo.

Como primera instancia se requiere un trabajador apto o calificado, que efectúe sus labores de mantenimiento bajo los estándares estimados para los equipos de acondicionamiento que se encuentren en su zona de mantenimiento y en el tiempo programado para este tipo de operaciones.

Los estándares de mantenimiento son adecuados debido a que:

- Permite evaluar el rendimiento del trabajador.
- Ayuda a planear las operaciones del trabajo de mantenimiento.
- Sirve como herramienta de programación para el personal.

Es necesario considerar que los estándares de tiempo de un equipo de acondicionamiento de aire o refrigeración son variables, debido a que entran a jugar papel importante las condiciones ambientales (por ejemplo no es lo mismo hacer un mantenimiento de un equipo paquete tipo paquete en el área

de producción que en el área de campamento), el estado físico y anímico del trabajador, entre otros.

Es por esto que nos basaremos en el siguiente procedimiento ^[4] para determinar este tipo de estándares para el tipo de equipo más representativo en cuanto a su cantidad en la mina (aire tipo ventana).

Primer Paso: Selección de los equipos

Se toma como ejemplo para desarrollar los estándares de tiempo, el caso de los aires acondicionados tipo ventana en el área de Borrego Nuevo, en el que para efectuar las mediciones, a un grupo de trabajo promedio, se les dieron todas las herramientas necesarias para realizar la labor de mantenimiento.

Segundo Paso: Observación del trabajo

La ficha técnica, bajo las observaciones determinadas en campo, se presenta a continuación:

Ficha técnica SERVIPARAMO S.A.

Fecha: 27 de Marzo de 2005

Sucursal a cargo: Proyecto Drummond Mina.

Responsable: Ing. Fernando Cabrera

Cargo: Jefe de Proyecto

Objetivo del estudio: Determinación de estándares de tiempo de labores de mantenimiento preventivo en aires acondicionados tipo ventana.

Ubicación: La Loma (Cesar)

Croquis de la Ubicación: Mina Pribbenow (Drummond Ltd) Bloque Borrego Nuevo (staff de Mujeres)

Descripción del estudio:

Se toman los tiempos que tarda en efectuar un grupo de mantenimiento las labores de mantenimiento reseñado en el estándar de labores de Serviparamo del Manual de gestión de Calidad de Serviparamo S.A. 2002. APENDICE B del presente documento.

Inicialmente se tomaron los datos de las 5 primeras habitaciones (de la 1 a la 5).posteriormente con base en los datos arrojados se realizaron las siguientes 20 observaciones. Para corroboración de los datos, se efectuaron mediciones de cada una de las posibles combinaciones de frentes de trabajo para ponderar el dato inicial del grupo primario.

Instrumentación: Cronometro, lápiz, borrador y hojas.

Observaciones: No se realizó ningún tipo de observaciones durante la labor.

Método: Medición directa.

Personal que participo:

Ing. Roberto Ospina (Veedor)

Benito Villa (Observador)

Elvis Fragoso (Observador)

Javier Theran (Técnico de mantenimiento)

Julio Fallace (Técnico de mantenimiento)

Heiner Martinez (Técnico de mantenimiento)

Luvier Zapata (Técnico de mantenimiento)

Total de mediciones efectuadas: 20

La tabla 3 nos muestra los tiempos tomados en la primera parte de las observaciones:

Numero de observaciones	Tiempos de mantenimiento (min.)
1	37
2	43
3	52
4	28
5	49

Tabla 3. Observación inicial de tiempos de mantenimiento

Como la cantidad de observaciones requeridas depende del grado de exactitud deseado, nos basaremos en la siguiente fórmula ^[3]:

$$n = \left(\frac{Z * \sigma}{A * \mu} \right) \text{ Ecuación 1}$$

En donde:

n= Número total de observaciones que se hicieron preliminarmente para después determinar la cantidad necesaria para la exactitud planteada.

μ = Media verdadera del tiempo de cada mantenimiento de aire de ventana

A= exactitud deseada, expresada como una fracción del valor verdadero del parámetro de la población.

z= Desviación normal estandarizada que tiene un área restante en la cola de distribución normal estándar mas allá de ella.

σ = Desviación estándar de la población

Por lo tanto para averiguar el tiempo medio real obtendremos (suponiendo un nivel de confianza de 95%) el tiempo de la media verdadera para efectuar el mantenimiento de:

$$n = \left(\frac{Z * \sigma}{A * \mu} \right)^2$$

$$n = [(1.96 * 9.628084) / (0.1 * 41.8)]^2$$

$$n = 20$$

Tercer Paso: Promedio del número de observaciones

Se realizaron la cantidad determinada por el cálculo estimado anteriormente y se obtuvo un promedio de 57.4 minutos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Número de Observaciones	Tiempos de mantenimiento (min.)
1	37
2	43
3	52
4	28
5	49
6	94
7	82
8	63
9	50
10	43
11	69
12	52
13	91
14	42
15	70
16	81
17	35
18	46
19	46
20	75
Promedio	57.4

Tabla 4. Total de observaciones para determinación de tiempo

Cuarto Paso: Cálculo de tiempos básicos

Con base en los parámetros obtenidos en el paso anterior, se determinó el tiempo básico para los técnicos de mantenimiento de aire acondicionado, que no es más que el tiempo que debería tomarle realizar un aire acondicionado tipo al trabajar a un ritmo estándar.

Dicho tiempo se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$BT = OT \left(\frac{\text{Calificación}}{\text{Calificación} \cdot \text{Estándar}} \right) \text{ Ecuación 2}$$

En donde

BT= Tiempo Básico

OT= Tiempo Observado

Calificación estándar= 100%

Para el caso planteado anteriormente y para los diferentes frentes de trabajo se obtuvieron las siguientes calificaciones, luego de presentar las posibles combinaciones, realizar las respectivas mediciones y compararlos contra el tiempo real promedio:

Operario N° 1 y Operario N° 2 = Grupo de Trabajo N° 1

Operario N° 1 y Operario N° 3 = Grupo de Trabajo N° 2

Operario N° 1 y Operario N° 4 = Grupo de Trabajo N° 3

Operario N° 2 y Operario N° 3 = Grupo de Trabajo N° 4

Operario N° 2 y Operario N° 4 = Grupo de Trabajo N° 5

Operario N° 3 y Operario N° 4 = Grupo de Trabajo N° 6

Grupo de Trabajo	Calificación
Grupo de Trabajo N° 1	116%
Grupo de Trabajo N° 2	112%
Grupo de Trabajo N° 3	108%
Grupo de Trabajo N° 4	81%
Grupo de Trabajo N° 5	76%
Grupo de Trabajo N° 6	96%

Tabla 5. Calificación de Combinaciones de grupos de trabajo

Por lo tanto para unas mediciones posteriores que se realizaron en los grupos de trabajo que quedaron configurados con base en estas calificaciones obtuvimos:

$$BT_{\text{grupo de Trabajo N}^\circ 1} = 48 \text{ min.} * (116/100) = 55.68 \text{ min.}$$

$$BT_{\text{grupo de Trabajo N}^\circ 2} = 32 \text{ min.} * (108/100) = 34.56 \text{ min.}$$

Teniendo parámetros con que poder tomar medidas correctivas en cuanto al grupo de trabajo N° 1. pero se considera que el tiempo necesario para realizar un mantenimiento de un equipo depende de los siguientes parámetros:

- Nivel de conocimientos de los operarios.
- Ubicación de los equipos.
- Necesidades de permisos.
- Acceso al equipo.

Quinto Paso: Determinación de tolerancias

Con base en los parámetros indicados en las guías básicas para el cálculo de tolerancias aplicables a estructuras generales de mantenimiento ^[5] y por lo tanto validas también a las de un aire acondicionado de ventana con capacidad de 18.000 btuh (Peso Aproximado de 50 Kilos) las cuales se efectúan bajo ciertas condiciones observadas en campo tendremos que:

$$\text{Tolerancia} = (0.04 + 0.02 + 0.04 + 0.06 + 0.0 + 0.0 + 0.01 + 0.04 + 0.02) = 0.23$$

El estándar de trabajo (ET), se determinará de la siguiente manera:

$$ET = BT (1 + \text{Tolerancia}) \quad \textbf{Ecuación 3}$$

$$ET_{\text{Grupo de Trabajo N}^\circ 1} = 55.68 \text{ min.} (1 + 0.23) = 68.5 \text{ min.}$$

$$ET_{\text{Grupo de Trabajo N}^\circ 2} = 34.56 \text{ min.} (1 + 0.23) = 42.5 \text{ min.}$$

Por lo tanto como los estándares de operación no pueden ser tan rígidos, se toma como tiempo base 1 hora para efectuar una labor de mantenimiento en un aire acondicionado tipo ventana.

4.5. Resumen de la estimación de tiempos de mantenimiento en aires acondicionados

Este tipo de estimativos adicionales que pueden surgir en el subgrupo de tareas del mantenimiento preventivo de aires acondicionados serán determinados por medio de una serie de observaciones determinadas por la experiencia en el campo de la refrigeración y el aire acondicionado.

Cabe resaltar que los estándares de tiempos del proyecto en la mina, se obtuvieron con base en el estándar de trabajo y labores de mantenimiento reseñados por el sistema de gestión de calidad de Serviparamo ^[12] que fueron anexadas a este documento para los equipos mas representativos de la mina (para ver estos estándares puede remitirse al APENDICE B)

Esta tabla resume los datos que se calcularon mediante el procedimiento descrito anteriormente para el resto de los equipos:

Tipo de Equipos	Estándar de Tiempos (h)
Aire de ventana (AV)	1
Minisplit (MS)	3
Split (SP)	3
Paquete (PA)	2
Paquete presurizado (PP)	2
Container refrigerados (CR)	4
Cuartos Fríos (CF)	4
Maquinas de Hielo (MH)	4

Tabla 6. Estándar de tiempos en Horas para efectuar labores de mantenimiento según equipos

4.5.1. Cálculo para carga de mantenimiento

Podremos por lo tanto obtener un estimado para la carga de mantenimiento promedio mensual, el cual se determina de la siguiente manera:

$$CM_{\text{quincenal}} = (49 \text{ AV} * 1\text{h}) * 2 \text{ servicios} = 98 \text{ horas}$$

$$CM_{\text{mensual}} = 4MH * 4\text{h} + 24CF * 4\text{h} + 9CR * 4\text{h} + 18 \text{ PP} * 2\text{h} + 43\text{PA} * 2\text{h} + 39 \text{ SP} * 3\text{h} + 37\text{MS} * 3\text{h} + 199 * 1\text{h} = 586 \text{ horas}$$

$$CM_{\text{bimensual}} = (494 \text{ AV} * 1\text{h}) * 0.5 \text{ servicios} = 247 \text{ horas}$$

Total de Carga de Mantenimiento (Marzo)= **931 horas**

4.6. Planeación de la carga de mantenimiento

A continuación mostramos una serie de datos para las tres cargas de mantenimiento que se obtuvieron para los meses Marzo, Abril y Mayo:

Meses	Carga de mantenimiento (Horas)
Marzo	931
Abril	1435
Mayo	1118

Tabla 7. Cargas de mantenimiento en horas hombre

A partir de estos y utilizando el método determinístico de Tableau heurístico, el cual tiene las siguientes notaciones:

C_r : Costo por hora de trabajo de técnico de mantenimiento en tiempo regular.

C_o : Costo por hora de trabajo de técnico de mantenimiento en tiempo extra

C_s : Costo por hora de subcontratación.

Procederemos a mostrar los costos, capacidades y cargas de mantenimiento a manera de ejemplo con el dato del mes de marzo. El símbolo & en la parte de costo significa que el trabajo no puede efectuarse en este periodo, por lo tanto para cada periodo mensual de trabajo de mantenimiento obtendremos:

Cargas de mantenimiento mensuales de: 931 horas

Capacidad interna de tiempo regular de: (4 personas de mantenimiento* 8 horas diarias * 24 días al mes) = 768 horas

El tiempo extra de mantenimiento máximo de: 25% de la capacidad interna

La capacidad de subcontratación es un poco escasa

Costo de hora- hombre de trabajo interno es de: \$ 4268.75

El tiempo extra tiene un costo de: \$5335.94

El trabajo de un técnico de reparaciones ha realizar mantenimiento cuesta: \$ 4737.15

El envío de bloques de trabajo pendientes de una hora hombre de trabajo de mantenimiento cuesta: \$7430.31

La capacidad de técnicos de reparaciones es de: 384 horas

Si se desea un técnico externo se deberá traer personal externo a la agencia con un costo adicional de \$11.504.51

Procederemos a utilizar un método heurístico simple para calcular la asignación de carga de mantenimiento a diferentes fuentes de suministro de mano de obra. El método comienza con la celda de costo mínimo y va satisfaciendo la carga tanto como se pueda; posteriormente se pasa al siguiente costo mínimo, hasta satisfacer toda la carga.

De acuerdo a los datos suministrados la solución para este ejemplo seria:

- Para el mes de marzo se podría cumplir con la carga de mantenimiento con un tiempo extra diurno de 163 horas.
- En el mes de Abril se tendrá un total de 192 horas extras diurnas y 91 horas extras nocturnas
- Se tendrá para el mes de mayo dos opciones de trabajo: o se trabaja con personal externo o con personal adscrito a la mina con una sobrecarga para el personal de mantenimiento correctivo en un 24% aproximadamente en su trabajo diurno.
- Para el mes de mayo le corresponde al personal de mantenimiento de 384 horas extras tanto nocturnos como diurnos y 46 horas extras diurnas al personal de mantenimiento correctivo.
- Para un total por el trimestre presentado por un valor de \$17.690.325 y con un incremento de \$2.279.120 si se trae personal externo para mayo.

Periodo	Fuentes	Periodo						Cap.
		Marzo		Abril		Mayo		
		Costos	Cap.	Costos	Cap.	Costos	Cap.	
Marzo	Tiempo regular	\$ 4,268.75	768					768
	Tiempo extra Diurno	\$ 5,335.94	163					192
	Tiempo Extra Nocturno	\$ 7,470.31						
Abril	Tiempo regular 1	\$ 4,737.15		\$ 4,268.75	768			768
	Tiempo extra Diurno 1	\$ 5,921.44		\$ 5,335.94	192			192
	Tiempo Extra Nocturno 1	\$ 8,290.02		\$ 7,470.31	192			192
Mayo	Tiempo regular 2	\$ 11,504.51		\$ 4,737.15	91	\$ 4,268.75	768	768
	Tiempo extra Diurno 2	\$ 14,380.64		\$ 5,921.44	96	\$ 5,335.94	192	192
	Tiempo Extra Nocturno 2	\$ 20,132.90		\$ 8,290.02	96	\$ 7,470.31	192	192
	Tiempo regular 3			\$ 11,504.51		\$ 4,737.15		
	Tiempo Extra Diurno 3			\$ 14,380.64		\$ 5,921.44	46	96
	Tiempo Extra Nocturno 3			\$ 20,132.90		\$ 8,290.02		
Carga de Mantenimiento		931		1435		1198		

Tabla 8. Resumen de resultados

4.6.1. Índices de mantenimiento

Entre los índices que cada mes serán evaluados por el administrador del contrato, basado en la clasificación que Niebel⁴ asignó según los objetivos del mantenimiento, que se podrían aplicar a este contrato se reseñan las siguientes:

⁴ B.W.Niebel, Gerencia del mantenimiento, Segunda Edición, Limusa, España

Administración del mantenimiento:

- Horas de tiempo extra por mes:

HE= Horas Extras / Horas totales trabajadas

- Utilización de trabajadores:

P= Horas Reales Laboradas/ Horas Laborales por turno

- Productividad de trabajadores

U= Horas consumidas reales en mantenimiento/ Horas determinadas por estándar

- Índice de productividad

IP= P*U

Para los datos de Marzo podremos obtener lo siguiente:

Índice de Administración (Marzo)	Cálculos	Dato obtenido
HE	163/768	0.212
P	931/768	1.21
U	931/1026	1.1
IP	1.21*1.1	1.33

Tabla 9. Índices de Administración mes de marzo

El 33% extra de labores de mantenimiento nos demuestra claramente la necesidad de contratar un grupo extra de trabajo.

Eficacia del mantenimiento⁵

- Número de Fallas de Equipos

NF= Número de horas paradas de equipos/ Numero de Horas de operación

- Tiempo muerto por daños en equipos de aire acondicionado y refrigeración

TM= Tiempo muerto por daños/ Tiempo muerto total.

- Horas hombre en atención de llamadas

⁵ Este indicador se incluirá solo para equipos críticos (Equipos de producción, cuartos fríos y maquinas de hielo)

HA=Horas consumidas en trabajo de emergencia/Horas trabajadas en mantenimiento

Para los datos de Marzo podremos obtener entonces:

Índice de Eficacia (Marzo)	Cálculos	Dato obtenido
NF	$(931+112)/(916*24)$	0.047
TM	$(112)/(112+64)$	0.63
HA	$112/931$	0.12

Tabla 10. Índices de Eficacia mes de Marzo

Costos de mantenimiento

- Costo de mantenimiento por equipos

CE= Valor del contrato/ numero de equipos

- Costo por mano de obra

CMO= Costo de mano de obra/ Costo del contrato

- Costo de hora de mantenimiento

CHM= Costo del contrato/ Horas reales de mantenimiento

Para los datos reseñados anteriormente se obtiene de los cálculos de la tabla 8.

Índice de Costos (Marzo)	Cálculos	Dato obtenido
CE	$\$36.982.061/916$	$\$38.482/\text{equipo}$
CMO	$\$19.969.445/\$36.982.061$	0.54
CHM	$\$36.982.061/3564$	$\$10376.56/\text{hora}$

Tabla 11. Índices de Costos mes de Marzo

4.7. Pronósticos de la capacidad del mantenimiento.

4.7.1. Aspectos preliminares

Aunque las técnicas de pronósticos se dividen en cualitativos y cuantitativos, definimos que la mejor forma de realizar algún tipo de pronóstico a las tareas de índole correctiva y preventiva que se presentan en los aires acondicionados y sistemas de refrigeración, es siguiendo la técnica cuantitativa de análisis de

regresión, debido a que se cuentan con los datos históricos de los equipos desde que Serviparamo fue contratado en el complejo minero, ya que se cuenta con la experiencia de personas que fueron contratadas desde que se dio inicio del contrato con Serviparamo.

El contrato de mantenimiento en el complejo minero es de duración anual y es muy necesario contar con estudios de tipo técnico que nos permita decidir si la mano de obra con la que se cuenta en la actualidad es realmente la necesaria para atender las necesidades del cliente.

4.7.2. Pronósticos cuantitativos de mantenimiento

En primera instancia se observó la forma como variaba la capacidad instalada de equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración en la mina durante los primeros seis meses de instancia del supervisor en la mina, para posteriormente inducir cual sería la necesidad de personal para lograr fijar los costos del contrato en el siguiente año de mantenimiento y poder significativamente disminuir la sobrecarga de mantenimiento para el posterior periodo. La carga de mantenimiento estará determinada por medio de la cantidad de equipos como lo muestra la tabla 12:

Mes del año	Carga de mantenimiento (No de equipos)
Marzo	825
Abril	863
Mayo	891
Junio	903
Julio	908
Agosto	932

Tabla 12. Carga de mantenimiento

Se desarrolló una gráfica que nos muestra la tendencia de la carga contra el mes, Ver figura 10:

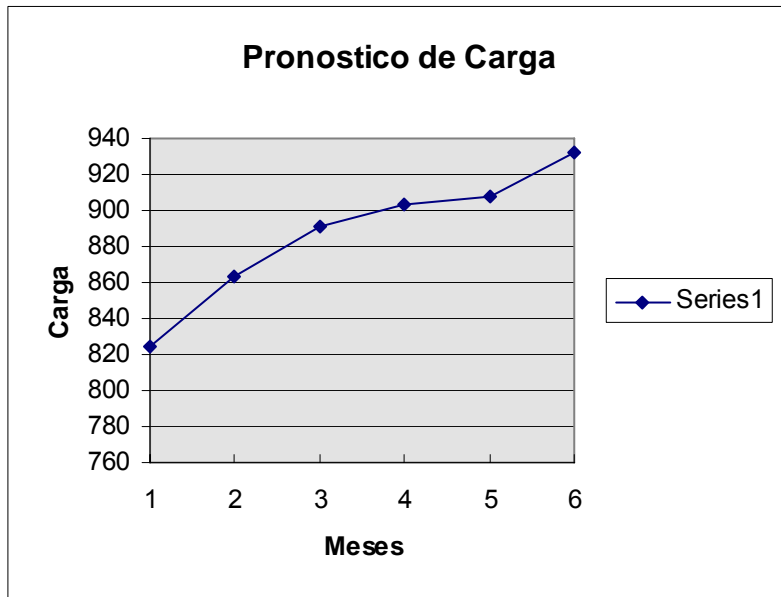


Figura 10. Pronóstico de carga

Posteriormente utilizando la metodología de análisis de regresión lineal se encontró lo siguiente:

	t	$x(t)$	$tx(t)$	t^2
	1	825	825	1
	2	863	1726	4
	3	891	2673	9
	4	903	3612	16
	5	908	4540	25
	6	932	5592	36
Sumatoria	21	5322	18968	91

Tabla 13. Resumen análisis de regresión lineal

Donde la pendiente de la línea se estima de la siguiente manera ^[5]:

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^6 tx(t) - \left(\sum_{t=1}^6 t \right) \left(\sum_{t=1}^6 x(t) \right)}{n \sum_{t=1}^6 t^2 - \left(\sum_{t=1}^6 t \right)^2} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$b = \frac{6(18968) - (21)(5322)}{6(91) - (21)^2} = 19.48$$

$$a = x'(t) - bt' \quad \text{Ecuación 5}$$

$$a = \frac{5322}{6} - \frac{19.48 * 21}{6} = 818.82$$

Por lo tanto

$$x(t) = 19.48t + 818.82$$

Esta ecuación servirá para ajustar las futuras cargas de mantenimiento para el proyecto Drummond Mina.

4.8. Control del Sistema de mantenimiento propuesto

Un sistema de control de mantenimiento deberá incorporar, sin importar que sea para aire acondicionado o refrigeración:

- Demanda de mantenimiento (Qué trabajo debe hacerse y cuándo): En la operación en el complejo esto es clave, ya que la experiencia con la que cuenta el gerente de mantenimiento de Serviparamo permite determinar si es un trabajo correctivo, preventivo o de oportunidad y el momento adecuado de efectuar será determinado por el personal de Drummond que emite la demanda.
- Recursos de mantenimiento (Quien hará el trabajo y que herramientas necesitará)
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo
- Normas de rendimiento y calidad (tiempo requerido y especificaciones aceptables)
- Retroalimentación, monitoreo y control (informes y reporte, recopilación y seguimiento)

4.8.1. Ciclo de control del mantenimiento propuesto

Se define el ciclo de control de mantenimiento mediante el siguiente esquema⁶:

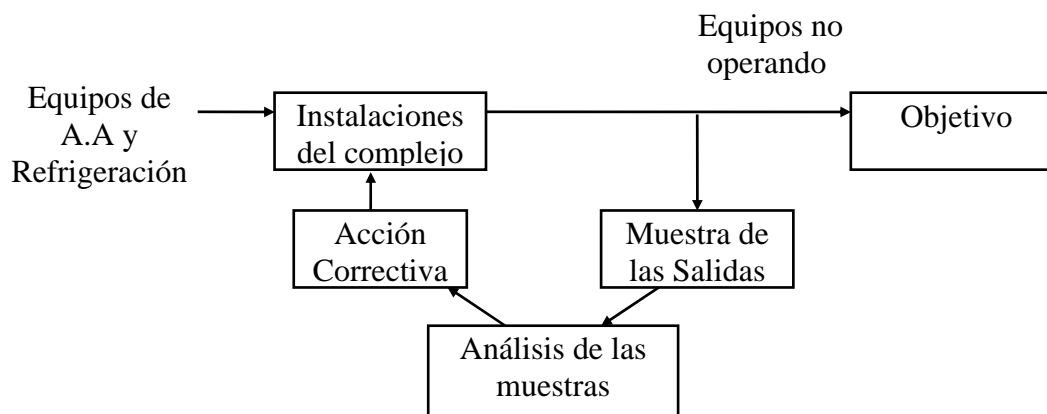


Figura 11. Ciclo de control de mantenimiento

Entre sus ítems más relevantes se encuentran los siguientes:

- El objetivo del mantenimiento será la disponibilidad de los equipos de acondicionamiento y refrigeración ubicados en el complejo minero.
- El muestreo de la salida consiste en recopilar datos de las órdenes de trabajo o de la historia de los aires acondicionados y cuartos fríos.
- El análisis de la muestra consiste en determinar si el equipo se deja en condiciones de operación óptimas o no y en cuanto tiempo.
- La acción correctiva puede consistir en aumentar las especificaciones de los trabajos, capacitar a los trabajadores en los estándares de mantenimiento y en caso necesario, modificar la estrategia de mantenimiento.

4.8.2. Sistemas de órdenes de trabajo de mantenimiento

El sistema de ordenes de trabajo será clave al igual que para muchos sistemas de mantenimiento de plantas de diferente tipo, este tipo de orden de trabajo incluirá todo lo concerniente al equipo, actividades a realizar, evento reportado entre otros parámetros. (Ver APENDICE C Orden de Servicio)

⁶ Tomado de PRANDO, Raúl. "Manual gestión de mantenimiento a la Medida". 1996

4.8.2.1. Ordenes de servicio para mantenimiento preventivo

El esquema tipo de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo se emitirá de acuerdo al tipo de equipo que se le realice la labor de mantenimiento preventivo, para mas información al respecto el lector puede remitirse al Apéndice C

Con el diseño de estas órdenes de trabajo se logrará lo siguiente:

- Que exista una constancia que se realizó el trabajo.
- Especificar cada una de las partes donde se debe realizar mantenimiento.
- Asignar al trabajador más adecuado para el tipo de equipo.
- Planear, programar y controlar el trabajo de mantenimiento.
- Ejecutar una acción de mantenimiento correctivo o predictivo que repotencie el equipo y no genere una alarma en un futuro.

4.8.2.2. Ordenes de servicio para mantenimiento correctivo

Esta orden de trabajo es más general, el tecnico deberá determinar cual fue el evento reportado, la posible causa de la avería, cuales son las acciones correctivas que fueron realizadas para reestablecer las condiciones óptimas del equipo y los parámetros finales del equipo. (Apéndice C)

Se diligenciarán tres copias de las órdenes de trabajo para control del mantenimiento, a su vez pueden ser supervisadas y/o auditadas por:

- Departamento de Life Support en el Área de campamento.
- Supervisores de producción o eléctricos en el Área de Producción.

Toda orden de trabajo deberá ser revisada y firmada por el gerente de mantenimiento.

4.8.3. Flujo del sistema de órdenes de trabajo

Los siguientes son los pasos que sigue la orden de trabajo para su ejecución:

- El gerente de mantenimiento recibe la solicitud de mantenimiento si es de índole correctivo (puede ser por teléfono, personalmente o correo electrónico) o la planifica en el caso de ser de índole preventivo.
- Se anota el número consecutivo para cada orden de servicio.
- Se entrega las copias al ejecutante de la acción correctiva o preventiva.

- Luego que el trabajador efectúa el trabajo requerido y diligencia la información necesaria acerca del trabajo que realmente se llevo a cabo, solicitará a la persona generadora de la orden de servicio su firma de recepción de los trabajos y le entregará la copia No 3 de la orden de servicio.
- Posteriormente el gerente de mantenimiento firma las copias restantes de la orden de servicio para archivar (Copia No2) y para proceder a facturar dicha orden de trabajo (Copia No1)
- La información de la orden de trabajo se asienta en un archivo de historia del equipo.
- La copia No 2 tiene un plazo de reposo en archivo de 6 meses hasta que se destruye.

4.8.3.1. Registro de la historia del equipo

En este documento en Excel se registra información acerca de todo el trabajo realizado en un equipo en particular. Se registra de la siguiente manera:

- Se hace una búsqueda del área donde se encuentra el equipo.
- Se verifica las especificaciones del equipo de la orden de servicio con los datos almacenados en el archivo
- Se anota la fecha, que tipo de mantenimiento se efectuó, las refacciones y materiales que se utilizaron, quien efectuó el trabajo.
- Por ultimo se guarda el archivo para posteriores entradas.

 SERVIPARAMO S.A. CALLE 22 # 15-65 NIT. 800116102-1 SANTA MARTA, MAGDALENA Tel. 4214493-4215345-4215347 Fax 4230106		Listado Rapido de Zonas	
		Borrego Mujeres	Bomberos
		Auxiliary Gardens	Departamento Electrico
		Taganga	Palas y Taladro
		Florida	Dispatch
		Borrego Viejo	Load Out Nuevo
		Life Support	Barracas
		Staff House No1	Load Out Viejo
		Staff House No2	Garita
		Staff House No3	Bases Militares
		Staff House No4	Comedores Moviles y Fijos
Staff House No5	Casino La Loma		
Staff House No6	Dragaline		
Staff House No7	Compras		
Gimnasio y Recreacion	Soldadura		
Comedor GHL	Cobre Tire		
Hangar	Geologia Muestras		
Ingenieria	Voladura		
Servicios Especiales	Unidad Medica BIT		
Administracion	Comedor de Mantenimiento		
Planeacion	Talleres de Mantenimiento		
Bodega	Power Plant		
Back Line	Conveyor Construccion		
Nuevo Comedor	nueva planta explosivos		
cuartos frios			
TOTAL AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA	694		
TOTAL AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT	32		
TOTAL AIRE ACONDICIONADO TIPO CENTRAL	39		
TOTAL AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE	13		
	778		
TOTAL nuevos AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA	34		
TOTAL nuevos AIRE ACONDICIONADO TIPO MINISPLIT	5		
	817		

Figura 12. Página inicial de Archivo en Excel (historial de equipos)

4.8.4. Estructura de control de mantenimiento

En resumen la estructura de control del mantenimiento presenta las siguientes relaciones^[1] como nos lo muestra la figura 13:

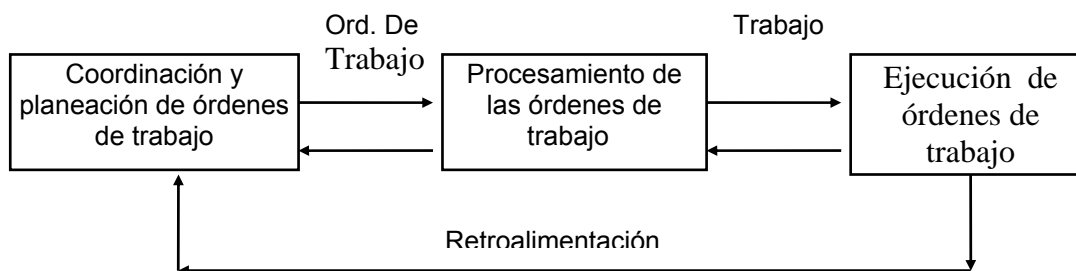


Figura 13. Relaciones del control de mantenimiento

En la parte de coordinación y planeación de las órdenes, como se planteó anteriormente, es importante resaltar que en el caso de las órdenes de servicio de mantenimiento preventivo, existen dos esquemas que son:

- las órdenes de servicio que tienen que ser ejecutadas en los tiempos determinados por Drummond para este tipo de labores.

- Y las que aun deben ser planeadas a futuro debido a que se deben coordinar con ciertos departamentos del complejo u otras empresas contratistas.

En el caso de las órdenes de servicio de mantenimiento correctivo surgirán dos esquemas que serán de acuerdo a la criticidad anteriormente resanadas:

- Critico: Que tienen que ejecutarse en el menor tiempo posible
- Medio o Normal: que puede ser un grupo pendiente en espera de programación.,

Con base en el número de ordenes de tipo crítico que existan en un momento dado, el gerente de mantenimiento deberá emplear personal que este efectuando mantenimiento preventivo para suplir estas emergencias o según sea el caso, se debe emplear horas extras.

De igual manera será función del gerente del mantenimiento la programación de las órdenes de servicio, de acuerdo al número de personas con la que se cuente en el complejo, que tiempo aproximado tardará la ejecución del trabajo y que materiales existen en stock para realizar la reparación si es de índole correctivo.

En la parte de retroalimentación de la información que provenga de las órdenes de servicio deberá analizarla concienzudamente, para saber si se da por terminada la acción sobre el equipo de acondicionamiento de aire o refrigeración o que curso se debe seguir en la orden de trabajo para cerrarla completamente.

El ánimo de tomar esta actitud crítica es buscar que se le haga un seguimiento al control de la calidad del trabajo, con base en informes que son llevados a Life Support en el área de campamento o planeadores de Conveyor en el caso del área de producción. Es importante que se realice una reunión semanal con estos, para debatir los puntos de estos informes y en que forma se les va a dar solución, llegado el caso no se cuente con el repuesto de primera instancia o haya un retraso de cualquier tipo.

Así como se hace un seguimiento al control de trabajo se debe realizar un seguimiento al control de los costos ya que además de los gastos por el personal que está en el equipo de mantenimiento, se debe relacionar las herramientas, las refacciones o materiales, es por esto que un mantenimiento correctivo será mas costoso ya que el equipo tendrá mano de obra mas calificada y herramientas asignadas mas especializadas (Técnico de Reparación), es por esto que se debe intentar en lo menos posible tratar de provocar llamadas de índole correctivo que impliquen un alza en los costos de mantenimiento, como política de mantenimiento, para que no haya un exceso en el costo de mantenimiento, por ejemplo en los aires acondicionados tipo ventana que presenten problemas mecánicos en el compresor, dicho elemento no será cambiado, sino que se buscará un aire acondicionado de ventana nuevo o uno de respaldo. Con esto se busca que el costo de la calidad debido a la incertidumbre por problemas futuros que se puedan presentar en otro componente y el costo por el paro del aire acondicionado tipo ventana, se mantengan en la menor proporción posible.

En aras de buscar un programa de mantenimiento eficaz se dividirá el personal de mantenimiento preventivo por zonas geográficas de la mina de la siguiente manera tal como se muestra en la Tabla 14:

Grupos de trabajo	Zona de actuación
Grupo N°1	Dormitorios (Staff House 1,2,3,4,5,6, Taganga, Auxiliary Garden, Borrego Mujeres y Florida)
Grupo N°2	(Comedores fijos, Móviles, oficinas)
Grupo N°3	Equipos de TR considerable y cuartos fríos y maquinas de hielo

Tabla 14. Zona de Trabajo vs. Grupo de trabajo

Además se buscará que el mantenimiento de emergencia no exceda el 10% del mantenimiento total, así como asignar en lo posible siempre al personal mas capacitado para que se de una respuesta al cliente lo mas confiable posible.

Con el archivo histórico del equipo se buscará que el tiempo medio entre fallas de los equipo (tiempo de mantenimiento correctivo entre mantenimiento programados preventivos) se mantenga en los más bajos niveles posibles.

Una práctica muy saludable, aplicable en los equipos de acondicionamiento de aire en el complejo, es que si un equipo se va a dar de baja, tomar los componentes que aún se encuentren en condiciones favorables como refacciones para futuras reparaciones, ahorrándose así el costo de una refacción nueva, obteniendo con esto resultados económicamente favorables.

4.9. Planeación de la capacidad del mantenimiento

Los recursos necesarios para mantener los equipos de acondicionamiento y refrigeración son los siguientes:

4.9.1. Mano de obra

En esta parte se enfatiza básicamente en: cuál es el personal que atenderá las llamadas de índole correctivo que se presenten diariamente, quien atenderá los equipos de acuerdo a su nivel de conocimiento y qué herramientas especiales necesitará.

El equipo de trabajo con que se cuenta en el área de trabajo es el que se describió en capítulos anteriores y en cuanto a las habilidades con que deberá contar cada trabajador que sea asignado al proyecto y la cantidad de cada uno de estos, se muestra de la siguiente manera:

Ingeniero del Proyecto: Ingeniero mecánico, industrial, eléctrico o electrónico con amplios conocimientos y experiencia en refrigeración y aire acondicionado, servicio al cliente, trabajo bajo presión y manejo de personal. Bilingüe y motivador de grupo de trabajos. Disponibilidad de trabajar en turnos y Atención de Llamadas Nocturnas. Deberá ser función primordial del gerente de mantenimiento mejorar la calidad del servicio de mantenimiento, buscando seleccionar las técnicas mas apropiadas, es decir, hacer seguimiento al estado

de las herramientas, nivel de capacitación, necesidad de nuevas herramientas, etc.

Técnicos de Reparaciones: Técnicos en Mecánica de Refrigeración del SENA, con experiencia en montaje y reparación de Aires Acondicionados y Equipos de refrigeración de mínimo 5 años. *Cantidad requerida:* 3 (2 para proyecto campamento y 1 para Proyecto Conveyor). Disponibilidad de trabajar en turnos y Atención de Llamadas Nocturnas.

Auxiliares Técnicos de Reparaciones: Técnicos en Mecánica de Refrigeración del SENA, con experiencia en reparación y mantenimiento de Aires Acondicionados de mínimo 2 años. *Cantidad requerida:* 3 (2 para proyecto campamento y 1 para proyecto Conveyor). Disponibilidad de trabajar en turnos y Atención de Llamadas Nocturnas

Técnicos de Mantenimiento: Técnicos en Mecánica de Refrigeración del SENA, con experiencia en reparación y mantenimiento de Aires Acondicionados de mínimo de 1 año. *Cantidad requerida:* 5 (4 para proyecto campamento y 1 para proyecto Conveyor). Disponibilidad de trabajar en turnos y Atención de Llamadas Nocturnas

Por otra parte los planes para los equipos técnicamente complejos, como lo son los equipos de refrigeración, son los siguientes:

- Contar con un técnico en reparaciones con experiencia en bajas temperatura de más de 5 años.
- Las herramientas especiales para este tipo de trabajo son los anemómetros y termómetros láser adecuados para este tipo de aplicaciones.

Como nos hemos podido dar cuenta en los párrafos anteriores, existirán tipos de trabajo, como lo son los trabajos especiales de ducterías y trabajos de latonería y pintura, que exigirán el envío de personas desde las divisiones industriales de Serviparamo o la inclusión de personas por contrato.

Se deberá incluir en alguno de los auxiliares técnicos conocimientos básicos en ductería, latonería y pintura para que puedan realizar trabajos menores que se puedan presentar durante la operación normal de trabajo, así como contar con las herramientas necesarias para realizar reparaciones locativas o inicio de los trabajos, mientras se hacen todos los tramites logísticos para el ingreso de personal contratado o de división industrial de Serviparamo.

4.9.2. Materiales

En aras de mantener los equipos de acondicionamiento de aire acondicionado y refrigeración en condiciones de operación satisfactorias, detallaremos a continuación el método planteado para contar con las refacciones y materiales necesarios para realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo en dichos equipos.

Por estar en una zona geográfica alejada de ciudades capitales, esto provocará que el inventario tenga un nivel de refacciones y materiales adecuados para realizar las operaciones de mantenimiento de manera óptima y eficaz y en caso de no lograrse que el envío de stock sea en el menor tiempo posible.

En este ítem se procede a describir con base en la experiencia, las refacciones y materiales requeridos para cumplir con esta carga de mantenimiento

4.9.2.1. Costo de los materiales de mantenimiento

Este se discrimina de la siguiente manera y lo haremos como ejemplo con un solo ítem⁷ (Aceite Capella WF68 Marca Texaco) de los enumerados en párrafos anteriores. Cabe resaltar que los datos fueron tomados en Marzo de 2005:

- Costo del artículo:

Costo pagado a proveedor = \$25.500

Flete desde Santa Marta a La Loma Cesar = \$5.500

Total del costo¹ = \$31.000

- Costo de tener en inventario el artículo

⁷ Se colocara solo uno debido a que en el inventario existen 165 ítem y el desarrollo de estos hace parte del *Know how* de Serviparamo, A su vez estos datos fueron suministrados por el personal Contable de dicha compañía

Es costo será estimado al multiplicarlo por un porcentaje del 15%

Total del costo² = \$31.000*1.15 = \$35.650

- Costo del artículo en el momento de su salida

Este costo se subdivide en:

- a. Costo del espacio e instalaciones auxiliares por metro cuadrado de las áreas de almacenamiento.
- b. Costos del capital invertido. Lo presupuestamos entre el interés a un banco y el rendimiento esperado si se hiciera una inversión con este dinero (0.47% E.M).
- c. Costo de desperdicio causado por el almacenamiento y hurto arbitrario.
- d. Costo debido a la inflación (costo determinado por el gobierno).
- e. Costo de almacenarlo.

En el caso determinado, se obtendrá entonces de la siguiente manera:

Tamaño del recipiente (T)

0.024mt²

Número de Artículos por recipiente (N)

En este caso que solo se tomó un producto N=1

Costo del área en piso (Cp)

Para obtener este costo tomaremos en primera instancia, el costo de un contenedor de 20ft en el mercado y aplicaremos una tasa de depreciación de 5% anual, por lo tanto:

Precio container puesto en la mina: \$12.000.000*0.05= \$600.000

Por lo tanto para calcular el costo mensual por mt² obtendremos

$Cp = \$600.000 / (12 \text{ meses} * 12 \text{ mt}^2) = \$4.200/\text{mt}^2$

Precio del artículo (Pa)

Según lo estimado este es: \$31.000

Tasa de inflación (I)

El dato del gobierno que estima para el 2006 es entre 4% y el 5%⁸

Por lo tanto para determinar el dato mensual tendremos que para un 4.5%:

Inflación mensual = 0.36%

⁸ Tomado de www.banrep.gov.co

Tiempo promedio en inventario (Tp)

Estimamos un promedio de 7 meses en el inventario del proyecto drummond Mina.



Figura 14. Almacén de repuestos de mantenimiento

Procedemos entonces a calcular el Costo de tenerlo en inventario:

$$Ic = \frac{T * Cp}{N * Tp / 12}$$

$$k = \frac{0.024 * 4200}{1 * 7 / 12} = \$172.8$$

$$If = Pa * (1 + I)^{Tp}$$

$$If = 31000 * (1 + 0.0036)^7 = \$31806.27$$

Por lo tanto

$$I = If + Ic = \$31806.27 + \$172.8 = \$31979.07$$

4.9.2.2. Componentes del almacén de mantenimiento

En términos generales se cuenta con refacciones, existencias para el mantenimiento y herramientas de la siguiente manera:

Refacciones: Estas se subdividen en:

- Piezas relativamente costosas: en esta categoría se incluyen básicamente los compresores, motores eléctricos tanto de manejadoras como de condensadores,
- Piezas especializadas: aquí se agrupan todas las refacciones de cuartos fríos y maquinas de hielo.

- Piezas que tienen una rotación lenta: válvulas, tuberías y accesorios de cobre
- Piezas críticas: accesorios eléctricos y demás.

En el apéndice D se anexa un listado de dichos componentes necesarios para la normal operación con base en la experiencia del personal que cuenta muchos años en el proyecto de Drummond Ltd. en la rama de aire acondicionado y refrigeración.

Existencias del mantenimiento normal

En esta categoría se incluyen los elementos que no tienen un uso especializado, en general, los materiales que se necesitan para realizar el mantenimiento rutinario. Las cantidades son determinadas con base en la experiencia en el campo.

Estandar de Insumos de mantenimiento

		Camp	Conv
Insumos	Unidad	C.Men	C.Men
Desincrustante	Lts	20	20
Detergente	Kg	2	1
Trapos	Unidad	20	20
Grasa	Libra	2	1
Thiner	Galon	1	1
Brocha	Unidad	2	1
Pint. Anticorrosiva	Galon	0.25	0.25
Terminales Vaco	Unidad	30	20
Terminales de Ojete	Unidad	20	20
Limpiador de contactos	Unidad	1	1
Terminales de compresor	Unidad	20	10
Tornillo goloso 10*1/2	Unidad	200	100
Tornillo goloso 12*1/2	Unidad	200	100
C.Teflon	Unidad	3	2
C.Aislante	Unidad	3	1
Cepillo Plastico	Unidad	2	1
Lija	Unidad	4	2
Cepillo de Alambre	Unidad	2	2
Amarres Plasticos	Unidad	200	100
Esponja	Unidad	4	2
Boxer	Galon	0.5	0.25
Cinta Foil	Unidad	3	2

Tabla 15. Insumos de mantenimiento requeridos mensualmente

4.9.3. Herramientas

Si deseas conocer el listado de herramientas sugeridas de acuerdo al tipo de técnico, así como el gerente de mantenimiento del proyecto, puedes remitirte al Apéndice E, Las siguientes herramientas se entregan en calidad de préstamo para el desarrollo de ciertos tipos de trabajos especiales en aires acondicionados y equipos de refrigeración:

- Prensa adecuada para sujeción de motores de aire tipo ventana
- Extractor de rodamientos universal
- Equipo de soldadura oxiacetileno
- Juego de Manómetros Refrigeración
- Juego de Expander
- Corta tubos
- Boquilla para butano
- Taladro percutor con su juego de brocas
- Termómetro láser
- Prensa fleer de 1/4" a 3/4"
- Hombre solo
- Extensiones eléctricas de 20 m.
- Lámparas con sus respectivas portalámparas
- Escalera de 8 peldaños
- Ratchet de refrigeración
- Segueta y cuchillas (insumos)
- Pinza alicate
- Corta frío
- Llave de expansión 12
- Llave de expansión 10
- Flexometro
- Juego de llaves mixtas 3/8 hasta 1 1/8
- Juego de llaves allen
- Juego de destornilladores
- Destornillador de copa 5/16
- Destornillador de copa 1/4

- Termómetro digital de contacto
- Caja de herramientas
- Estantería adecuada
- Soplador de aire para mantenimiento de Minisplit.

4.9.4. Equipo

Para poder encontrar los ítems correspondientes al equipo con que se debería contar en el taller, se observó el material con que contaba las agencias de las ciudades y las mismas necesidades de trabajo en la mina, se pudo indicar que las más adecuadas eran las siguientes:

La Oficina debe estar adecuada con:

1. Computador Personal (Ya suministrado por la empresa)
2. Escritorio
3. Estante para documentación
4. Aire acondicionado.
5. Teléfono-Fax.

En el área de taller se debe proveer de una zona techada que puede ser sustentada con los dos contenedores que estarían en un futuro (contenedor actual y el de la oficina), así como de una losa en cemento para el piso, con sus respectivos servicios públicos.

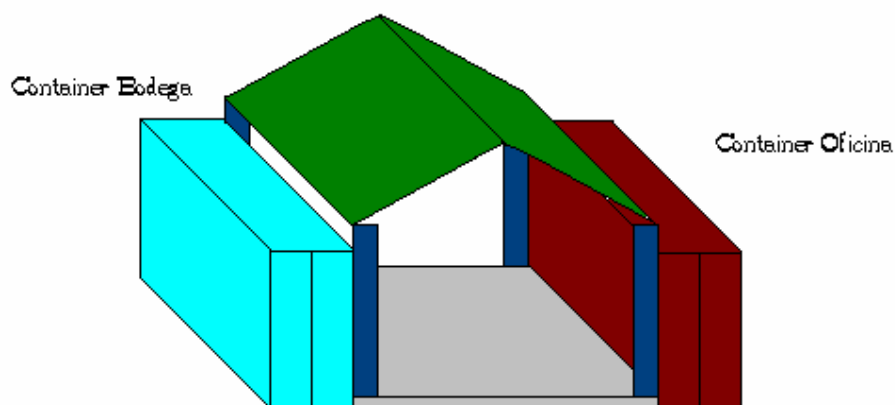


Figura 15. Esquema zona de taller

De igual manera que se señaló en la reseña de requerimientos por parte de Drummond al contrato, estos deberán ser adquiridos en futuros meses por Serviparamo.

4.9.5. Procedimiento para control en el almacén

El procedimiento más acorde para este tipo de proyectos son las requisiciones, ya que los traslados al proyecto, son directamente enviados desde requisiciones desde las agencias principales (Santa Marta y Barranquilla), el procedimiento más común es almacenar estas requisiciones en carpetas y reenviar debidamente diligenciado la constancia del material recibido.

4.9.5.1. Control de inventarios

Debido a que es muy dispendiosa la inserción del software administrador de inventarios a nivel nacional de Serviparamo (ERP) en Drummond, por cuestión de seguridad de la banda que provee al cliente, se optó por crear una base de datos diseñada en Microsoft Access que básicamente cuenta con la siguiente información:

- Panel de control Principal: desde donde se accede al resto de ventanas.

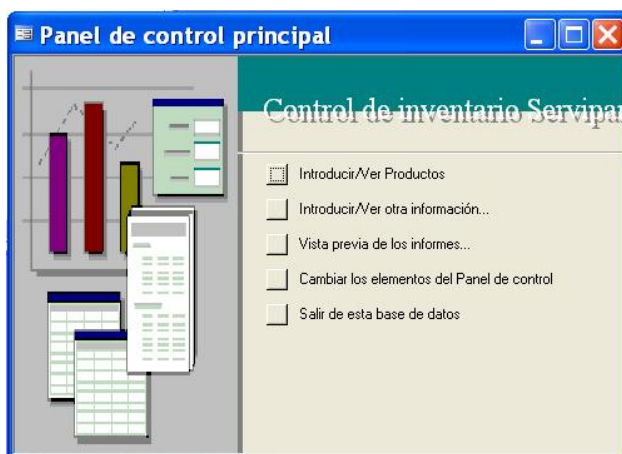


Figura 16. Panel de control principal

- Nombre de los productos: en esta parte se cuenta con la fecha en la que se recibieron estos elementos en la agencia y la cantidad que existe en almacén

Figura 17. Panel de productos

- información varía de la agencia: como lo es la de los proveedores, nombre de operarios, clasificación de los elementos.
- Informes: con base en la herramienta de presentación de informes con la que cuenta Access.

4.9.5.2. Artículos para almacenar

Los insumos para realizar mantenimiento preventivo siempre estarán disponibles. Las piezas para correctivo y preventivo serán controladas por el ingeniero del proyecto en la Mina y la cantidad estará acorde a los siguientes apartes.

4.9.5.3. Sistema de inventarios

El objetivo de este sistema, es encontrar el nivel predeterminado de artículos necesarios que permita hacer un seguimiento a cada pieza que sale del almacén y poder realizar pedidos a las diferentes sucursales de Serviparamo que surten el inventario de la mina.

4.9.5.4. Tamaño de lote económico

Con base en los sistemas de producción, los cuales definen el objetivo del control de inventarios, así como encontrar el costo mínimo de operación de un sistema de inventarios y minimizar el costo global que se denomina tamaño de lote económico⁹, se encuentra que:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I_c}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde

Q= Cantidad ordenada

D=Demanda anual

S= Costo de ordenar

Ic= Costo de mantener en el inventario

Siguiendo con el producto anteriormente calculado, del cual tenemos los siguientes datos del año 2005:

Demanda anual= 3 galones

Costo Artículo= \$31979.07

Costo de hacer pedido= \$1600

Cargos anuales de mantenerlo en inventario= 15% del costo del artículo

$$Q_{\text{Aceite}} = \sqrt{\frac{2 * 3 * 1600}{0.15 * 31979.07}} \cong 1.5$$

En el caso de la compañía Serviparamo, se tiene tiempo de entrega en la mina de 5 días por lo tanto se deberá solicitar 1.5 galones de aceite capella cuando el inventario alcance T unidades:

$$T = 5 * 3 / 365 = 0.05 \text{ galones}$$

⁹ Tomado de A.C Hax y D. Candea, Gerencia de Producción e inventarios, Prentice Hall, NJ

Debido a la gran cantidad de insumos que se tienen cargados al inventario solo se realizará este ítem a manera de ejemplo, así como para proteger el *Know How* de Serviparamo S.A.

4.9.5.5. Analisis ABC

El análisis ABC se basa en la ley de Pareto, que establece que los artículos significativos de un grupo generalmente constituyen solo una pequeña porción del número total de artículos de dicho grupo.

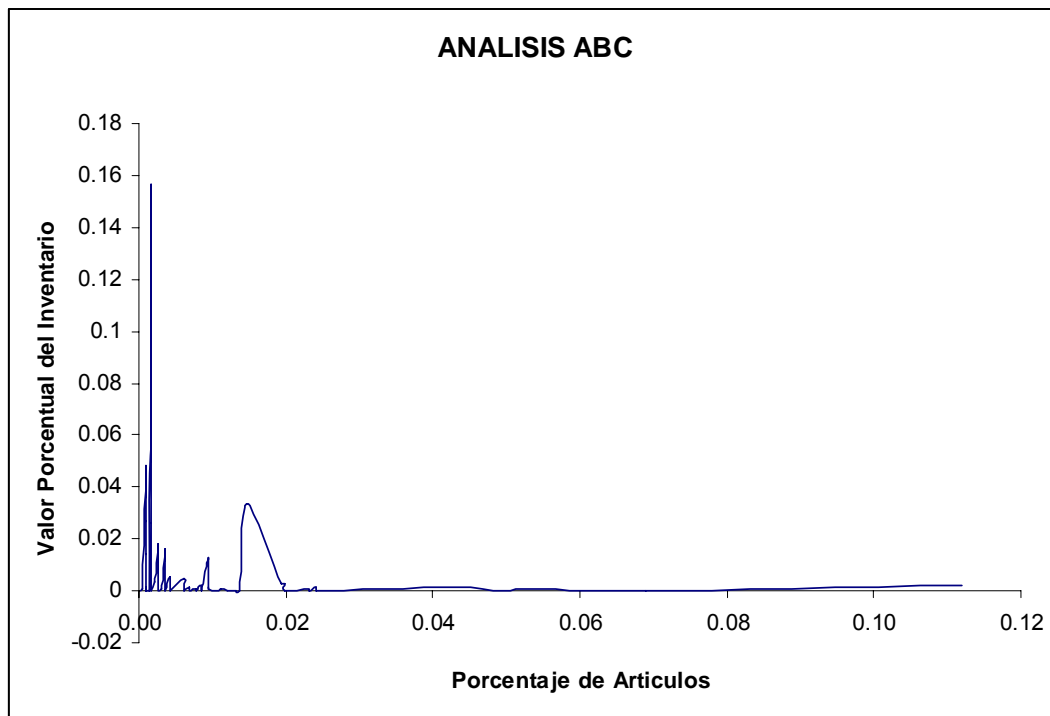


Figura 18. Análisis ABC

Por medio de este análisis se pudo establecer que en el inventario actual con que cuenta el proyecto Serviparamo en Drummond, existen unos artículos que tienen una elevada inversión de capital, que implican que se tenga un control de cantidades en stock de estos (Por ejemplo: Laminas Galvanizadas calibre 22 y tubería de cobre), además en el caso de compresores y motores eléctricos de mediana capacidad (2.5 a $\frac{3}{4}$ HP) se observa que se mantienen solamente por seguridad y exigencia del contrato propiamente dicho, a pesar de su alto valor porcentual. (TIPO A)

4.9.5.6. Clasificación de las refacciones

El otro ítem por el que se clasifican, ya no solo para la compañía Serviparamo, sino para la misma operación y para Drummond, es de acuerdo a su nivel de criticidad.

1. Muy Crítico (Ca): Piezas indispensables para la operación del sistema de aire acondicionado o cuarto frío. (Por ejemplo: Compresores y Motores eléctricos de 2.5 a 1.5 HP)
2. Medio Crítico(Cb): Efecto moderado en el aire acondicionado si no se cuenta con el en inventario (Lamina Galvanizadas, accesorios eléctricos y motores eléctricos < de 1HP)
3. Ligeramente Crítico (Cc): No son esenciales para el funcionamiento del equipo de acondicionamiento de aire. (Accesorios PVC y demás).

La siguiente es una clasificación con base en los costos y la criticidad

Costo	Grado Critico		
	Ca	Cb	Cc
A	1	1	2
B	1	2	2
C	3	3	3

Tabla 16. Clasificación Costos vs. Criticidad

Estrategia 1: las piezas agrupadas en el nivel uno, deberán ser pedidas inmediatamente que sean utilizadas, en el Caso (Costo: A, Criticidad: Ca y Cb) serán los Compresores y los Motores Eléctricos de gran capacidad. Para el Caso (Costo: B, Criticidad: Ca) estarán clasificados los capacitores, transformadores y contactores debido a que las fluctuaciones de voltaje afectarían drásticamente los equipos, así como el refrigerante R-22 y el butano.

Estrategia 2: para estas piezas se debe mantener una reserva en el inventario, siendo un ejemplo (Costo: A, Cc) las laminas galvanizadas, los motores de mediana y baja capacidad y las hélices de los mismos. Los otros que se agruparían en esta parte serian por ejemplo (Costo: B, Cb y Cc) los filtros de refrigeración, las tuberías de cobre y los rodamientos.

Estrategia 3: se puede agrupar todo el resto de materiales de inventario, del cual por estar disponibles de fácil manera en el mercado se pueden tener ciertas reservas en el inventario (Cable eléctrico, Varillas de soldadura y accesorios de PVC entre otros).

Elementos como motores de baja capacidad ($< \frac{3}{4}$ HP), accesorios para montaje de tuberías y artículos eléctricos de control tienen un porcentaje de artículos un poco mayor que el anterior y de mediana cuantía. (TIPO B)

Los elementos que en términos generales tienen un valor económico bajo y que se almacenan en grandes cantidades, tendrán un valor porcentual bajo, como por ejemplo, ciertos accesorios de PVC y cableado eléctrico de diversos calibres. (TIPO C).

4.10. Organización del mantenimiento

Definiremos como carga de mantenimiento las siguientes esquemas: cantidad de equipos y capacidad en toneladas de refrigeración, en base a esto y a parámetros como el nivel de adiestramiento en refrigeración, área donde se ubica el equipo y el mismo tiempo en que se caracterizaron los contratos, se plantea un mantenimiento distribuido por áreas (Producción y Campamento). Logrando con esto, versus un mantenimiento centralizado, un tiempo de respuesta mucho más rápida y a su vez se observa, que los técnicos de mantenimiento se familiarizan con los equipos y los problemas tipo que se presentan. Esto implica que las responsabilidades de cada una de las áreas quedan bajo responsabilidad de un grupo de operarios y herramientas independientes, centralizadas por el supervisor a cargo, quien toma decisiones para cuando existan sobrecargas al sistema. Lo anterior se ejemplifica por el siguiente esquema:

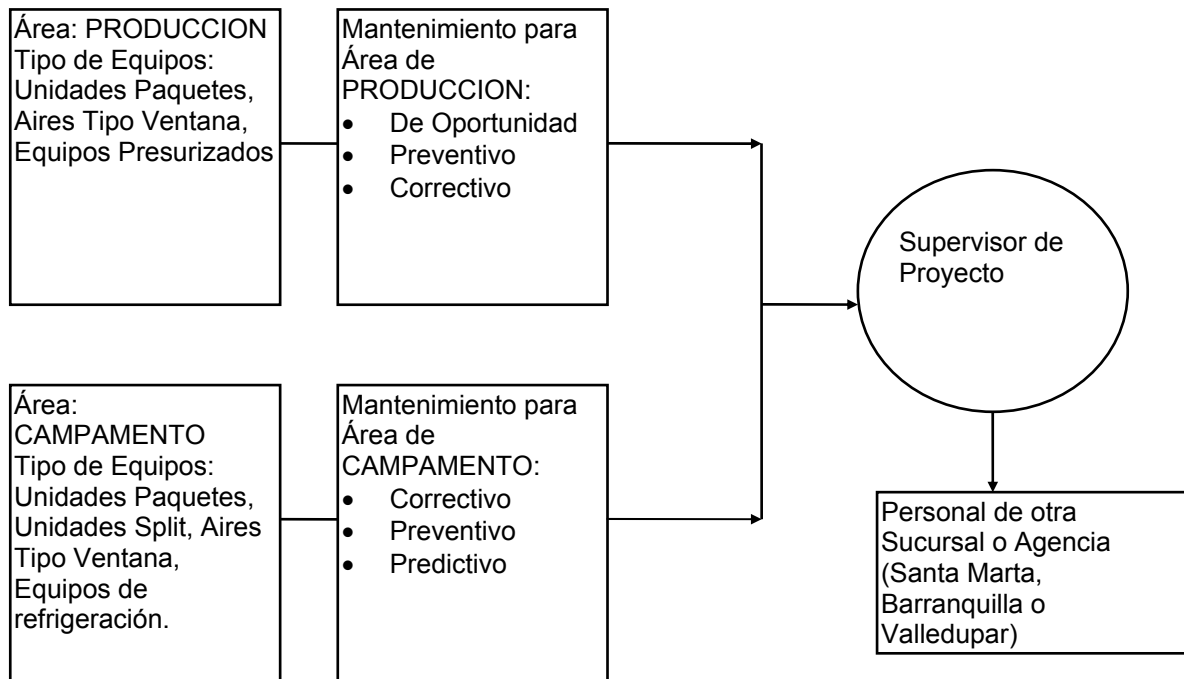


Figura 19. Organización del Mantenimiento

4.10.1. Caracterización del mantenimiento preventivo

Según *Niebel*, este es el tipo de mantenimiento preferido por las instalaciones de producción y en el caso de este complejo minero se puede observar, con los registros históricos con que cuenta el supervisor de mantenimiento del contrato de campamento de Drummond Ltd., que los equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración han optimizado su funcionamiento ya que:

- La frecuencia de falla de los equipos se disminuye ostensiblemente, en términos generales, con la limpieza de los serpentines, lubricación de los rodamientos, ajustes propios e inspección de los parámetros de presión en las líneas de refrigerantes, amperajes de compresor y motores eléctricos y temperaturas de suministro y retorno de aire en los equipos.
- Si la falla del equipo no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas podrá reducir la severidad de la falla y el posible efecto “dominó” sobre otros componentes del sistema del equipo, por ejemplo, un seguimiento a los cuartos fríos del complejo, podrá conllevar al traslado de cierto tipo de productos a otras instalaciones refrigeradas para que no se dañen, debido a que no se alcanzan condiciones favorables y que no se

pueden remediar inmediatamente debido a la gran carga que se realizó en el cuarto frío.

- Se puede vigilar la degradación gradual de los equipos, ya que es muy dispendioso hacer seguimiento a muchos equipos de una manera rigurosa y con el agravante de las distancias a las que se encuentran uno del otro.
- Hay una disminución de los costos directos (materiales de reparación) como indirectos (insatisfacción del cliente por la parada del equipo de acondicionamiento de aire o refrigeración), como por ejemplo es el caso de los daños que provocaba las fluctuaciones de voltaje en el complejo minero debido a la caída de una fase en los circuitos trifásicos, que generalmente conllevaba a daños en los motores eléctricos y compresores, por lo que se instalaron protecciones de tipo eléctrico que contrarrestaron en gran medida este tipo de daños.

4.10.2. Cobertura del programa de mantenimiento preventivo

El programa de mantenimiento a implantar tendrá tareas agrupadas por periodicidad (diaria, semanal, mensual, bimensual, semestral o anual), para ver mas detalles al respecto, remitirse al apéndice A (Tabla A8).

Básicamente se medirá el programa de mantenimiento con base en:

- Cobertura del mantenimiento Preventivo: cantidad de equipos a los que se le ha desarrollado un programa de mantenimiento preventivo
- Cumplimiento del mantenimiento preventivo: cantidad de equipos que se le han realizado el mantenimiento preventivo contra los que se programaron.
- Trabajos generados por las rutinas de mantenimiento preventivo: numero de acciones correctivas que se solicitan después de realizar el mantenimiento.

En resumen los pasos para desarrollar el programa de mantenimiento preventivo sobre los equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración serán:

Paso 1: Administración del plan

La fuerza de trabajo será cada uno de los trabajadores inscritos al proyecto y se considera que el organigrama mostrado en anteriores capítulos no merece

ser modificado, pero si ser aumentado en las cantidades puntuales de técnicos de mantenimientos tal como se describió en apartes anteriores.

Paso 2: Inventario de las instalaciones

Este trabajo se realizó de una manera rigurosa en el complejo, debido a las exigencias de los distintos departamentos de auditoria de Drummond, lo cual se dificulta un poco debido a la gran cantidad de equipos que hay en la mina, ya que es necesario por parte de ellos, poder realizar un seguimiento a la inversión por parte de ellos en este tipo de equipos.

Presentamos por medio de la tabla 17, a manera de ejemplo una de las zonas, especificando las características principales para poder inventariarlos.

Staff House N°4				
Ubicación	Modelo	Capacidad	Serial	TIPO
Hab.33	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAFX00547	A/V
Hab.34	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KAYR00034	A/V
Hab.35	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KAED00588	A/V
Hab.36	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KALC00416	A/V
Hab.37	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KADT00538	A/V
Hab.38	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAJP00476	A/V
Hab.39	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KARW00550	A/V
Hab.40	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KABF00269	A/V
Hab.41	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KARW00502	A/V
Hab.42	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KAXV00050	A/V
Hab.43	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAJL00534	A/V
Hab.44	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KADT00562	A/V
Hab.45	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAMZ00539	A/V
Hab.46	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAZK00485	A/V
Hab.47	LWC-183MSAB1	18000btu/h	404KATM00417	A/V
Hab.48	LWC-183MSAB1	18000btu/h	201KA00241	A/V
Hab.49	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KARW00430	A/V
Hab.50	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAHG00481	A/V
Hab.51	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAUU00566	A/V
Hab.52	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAUU00542	A/V
Hab.53	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAMZ00587	A/V
Hab.54	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAED00420	A/V
Hab.55	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAYR00530	A/V
Hab.56	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAWQ00593	A/V
Hab.57	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAYR00530	A/V
Hab.58	LWC-183MSMM1	18000btu/h	405KABF02989	A/V
Hab.59	LWC-183MSMM1	18000btu/h	405KAJP03276	A/V
Hab.60	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAPB00504	A/V
Hab.61	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAXV00546	A/V
Hab.62	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAED00516	A/V
Hab.63	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAVH00479	A/V
Hab.64	LWC-183MSAB1	18000btu/h	403KAUU00494	A/V
TOTAL	aire de ventana		32	

Tabla 17. Ejemplo de inventario de equipos

Paso 3: Identificación del equipo

Se realizara una codificación de los equipos con base a su ubicación en la mina, el tipo de equipo y su capacidad.

Paso 4: Registro de las instalaciones

Los dos pasos anteriores se incluirán en un archivo de Excel que servirá como base para llevar el historial de los equipos y hoja de vida de los equipos.

Paso 4: Programa específico de mantenimiento

Este básicamente es un informe mensual que se le entregara a los departamentos Life Support (Campamento) y planeación de Conveyor (Producción), donde se detallará el cronograma de actividades a seguir por el programa de mantenimiento durante este tiempo.

Paso 5: Especificación del trabajo

Son la serie de tareas a ser llevadas por el equipo de trabajo en cada zona de mantenimiento de acuerdo a sus destrezas y tipos de equipos que atienden (Estándares de mantenimiento).

Paso 6: Programa de mantenimiento

Esta etapa incluye la ejecución y la justificación de acciones correctivas ante Drummond, luego de haberse realizado las órdenes de servicios planeadas en el mes.

Paso 4: Control del programa

Seguimiento que se deberá realizar para corroborar que el programa esta cumpliendo en calidad y tiempo.

4.10.3. Programación del mantenimiento

La programación y asignación de recursos quedarán a cargo del gerente de mantenimiento, dicha persona se asegurará que los operarios, los equipos y los materiales requeridos estén disponibles antes de realizar un mantenimiento a un equipo de acondicionamiento de aire o refrigeración.

Se materializa dicha programación de mantenimiento utilizando una herramienta software como lo es *Microsoft Project*, que luego de incluir las personas encargadas, tiempo y costos, permite analizar el esquema en general, para tomar decisiones sobre acciones correctivas que permitan disminuir los tiempos muertos de la operación.

Se definen ciertos niveles de criticidad en cada una de las áreas así:

Área de Producción:

Crítico: los equipos que se encuentran en este nivel son los ubicados en la Dragalinea y Apron Feeders

Medio: en este nivel están los de Tripers y Spreeders

Normal: los equipos en I house son los apropiados para este nivel.

Área de Campamento:

Crítico: En primera instancia se encuentran el Staff House Viejo y en Orden de importancia los comedores tanto móviles como fijos, Teatros si esta próximo a realizarse un evento y oficinas administrativas.

Medio: Los equipos de refrigeración y oficinas donde el numero de personas sean considerables.

Normal: Los alojamientos del personal de Drummond en la mina y oficinas donde la cantidad de personas que labore no sea significativo.

4.10.4. Control estadístico

Se propone a continuación a manera de ejemplo como control estadístico a los equipos y sus fallas, el estudio de un cuarto frío de baja temperatura en el Área de Barracas Rol diario. El efecto de algún daño en este equipo tiene serias implicaciones, ya que allí se almacenan carnes y pulpas de fruta para la alimentación del personal diario de la mina (Aproximadamente 1250 operarios de Drummond).

Se realizó un estudio con base en los formatos de reparación del 01 de Febrero de 2005 hasta 31 de Julio de 2006. Dichos formatos muestran la hora que se reporta la llamada al supervisor de Serviparamo y la hora en que volvió a trabajar adecuadamente el cuarto frío. Dichos datos son mostrados en la tabla 18:

Fecha	20/02/05	10/03/05	21/05/05	01/06/05	25/07/05	14/08/05	16/08/05
Duración	12	4	1	3	0.5	16	0.25
Fecha	30/08/05	09/09/05	28/09/05	04/10/05	21/10/05	18/11/05	28/12/05
Duración	2	1	1.25	0.75	2.5	0.75	0.15
Fecha	15/02/06	26/02/06	30/03/06	21/04/06	28/05/06	03/06/06	
Duración	46	0.5	0.5	0.25	1	3	

Tabla 18. Duración tiempos muertos cuarto frío Carnes Barracas

Se presenta a continuación una distribución de frecuencias de los datos anteriormente relacionados:

Duración de la falla	Frecuencia	Frecuencia relativa
$0 < t \leq 1$ (1)	11	55.00%
$1 < t \leq 2$ (2)	2	10.00%
$2 < t \leq 4$ (3)	4	20.00%
$t > 4$ (4)	3	15.00%
Total	20	100%

Tabla 19. Distribución de frecuencias de daños

Por medio del siguiente histograma podemos concluir:

1. Se requirieron mas de 4 horas en 3 ocasiones
2. La mayoría de los paros no fueron muy largos (11)
3. La moda del tiempo muerto fue de 1 hora.

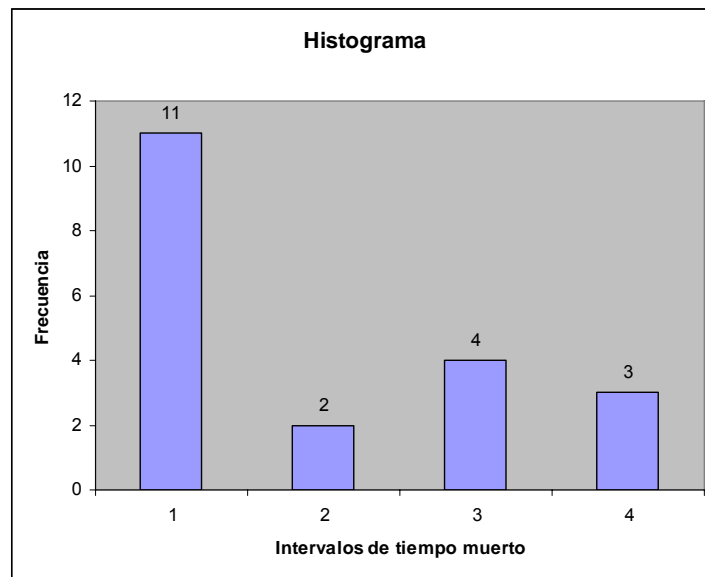


Figura 20. Histograma de frecuencia de daños

4.10.4.1. Estimación de las unidades de refacción necesarias para reemplazo en caso de falla

Considerando el caso anterior del cuarto de congelación el cual ha fallado 20 veces durante 18 meses. Se deberá tener una cantidad de refacciones para este cuarto frío para un año de operaciones con un nivel de confianza de 95%.

El número de piezas necesarias N para una operación uniforme puede obtenerse de la siguiente manera:

$$N = \frac{t}{T} + \sqrt{\frac{t}{T} * Z} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde

t = operación en horas

T = 1/λ, en donde λ representa las fallas por hora

Z = 1.65 para un nivel de confianza de 95%

Siguiendo con el caso anterior obtenemos que la cantidad de tiempo del equipo fuera de servicio.

X= 96.4 horas

Por lo tanto

t = (18*30*24) - 96.4 = 12863.6 horas

λ= 20/12960 = 0.0015 fallas por horas

T=1/λ =1/0.0015= 648

Obtenemos entonces que

$$N = \frac{t}{T} + \sqrt{\frac{t}{T} * Z} = \frac{12683.6}{648} + \sqrt{\frac{12683.6}{648} * 1.65} \cong 26$$

Este es el consumo estimado para 18 meses

4.10.4.2. Diagrama de causa y efecto (espina de pescado)

Siguiendo con el caso del cuarto frío, a continuación se aplica el diagrama de causa y efecto, esta herramienta es muy ampliamente utilizada en mantenimiento para identificar las razones de una eficacia por debajo de los estándares.

Por lo tanto se tiene lo siguiente:

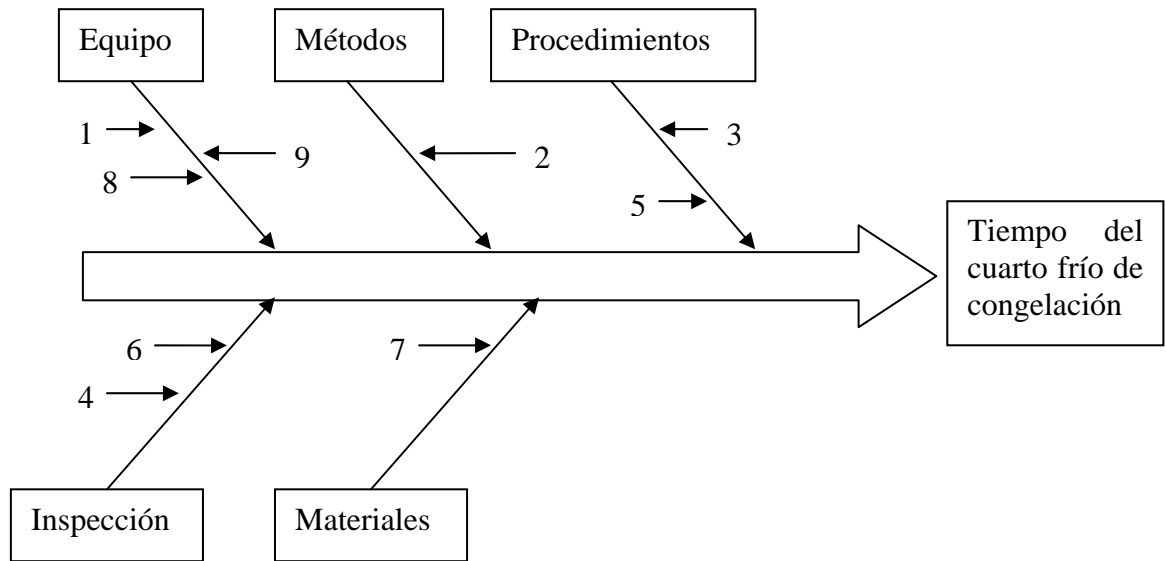


Figura 21. Diagrama de Causa y efecto para el daño en el cuarto frío de carnes barracas

Entre los tipos mas frecuentes de descompostura se encontraban:

1. Temperatura interna por encima de 2 °C.
2. Equipo no arranca.
3. Tuberías congeladas.
4. Ruido en la parte interna.

Listado de las causas fundamentales de descompostura en el cuarto frío

1. Fuga de refrigerante.
2. Manipulación del termostato.
3. Sobrepasso de la línea de flotación.
4. Lectura errónea de registro de temperaturas.
5. Equipo en tiempo de defrost.
6. Giro del motor evaporador en sentido contrario.
7. Daño de contactor del compresor.
8. Daño del motor evaporador
9. Sobrevoltaje o caída de una fase.
10. Daño compresor.

- Análisis ABC

Con el objetivo de identificar las descomposturas más comunes, se procede a continuación a determinar cuales es el curso de acción mas adecuado, para poder disminuir el número de llamadas de atención para el cuarto frío.

Los gráficos de pareto ilustrados en las figuras 22 y 23, muestran cual es la frecuencia de tipo de descompostura y las causas:

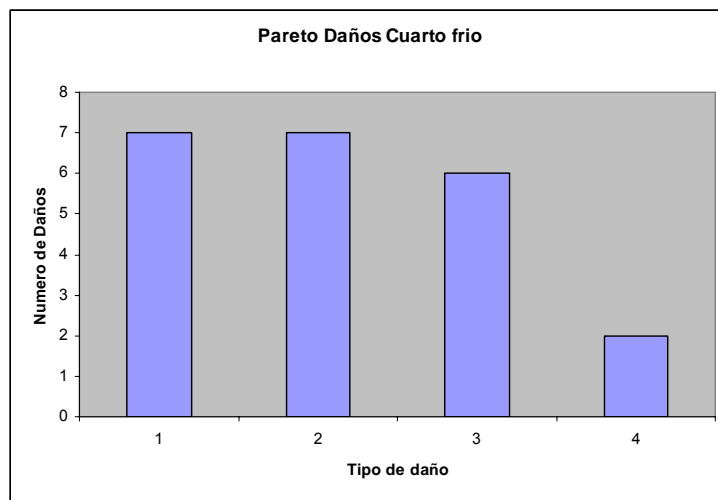


Figura 22. Pareto de Daños en el cuarto frío

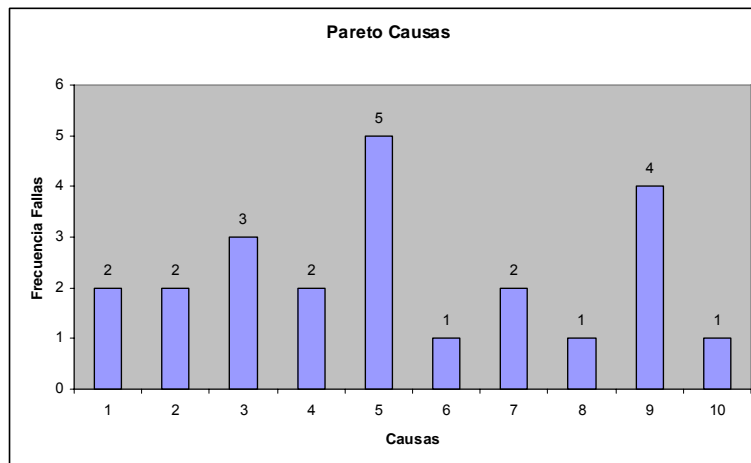


Figura 23. Pareto de Causas de daños en el cuarto frío

Por medio de los anteriores histogramas se puede concluir, que existe un cierto grado de uniformidad entre los daños 1, 2 y 3 (Frecuencias 7, 7 y 6) pero al

analizar las causas y observar la frecuencia relativa de las causas 3, 5 y 9 (13%,22% y 17%) nos damos cuenta que el tipo de respuesta a los problemas que se vienen presentando son:

- Capacitación en cuanto funcionamiento de los equipos.
- Supresores de picos o protecciones de fases.

4.10.5. Control de la calidad del mantenimiento

Aunque la calidad en si, se ha aplicado extensamente en los sistemas de producción, hemos notado como cada vez más se va adentrando en los sistemas de mantenimiento y el sistema que estamos planteando no puede ser la excepción.

Aunque los productos como tal del sistema son difíciles de medir y definir, en ciertos tipos de mantenimiento no hay repetitividad (variedad de equipos), las condiciones son variables (ubicación de equipos en oficinas o en la Dragalinea), intentaremos por lo tanto, dar claridad en la calidad de los productos del mantenimiento.

4.10.5.1. Responsabilidades de control de calidad

El esfuerzo del supervisor y los técnicos garantizará el mantenimiento de alta calidad a los equipos de aire acondicionado y refrigeración, pero además una función extra del supervisor será asegurar la calidad de los productos del mantenimiento al:

1. Realizar inspecciones a los procedimientos, acciones y herramientas de mantenimiento.
2. Conservar y mejorar los documentos (ordenes de servicio, bitácoras, etc.) de mantenimiento.
3. Asegurar que los técnicos de reparación y mantenimiento tengan claros los procedimientos.
4. Capacitar al personal técnico.
5. Cotejar que los estándares de tiempo sean los más acordes a la labor que se realiza en ciertas partes de la mina.

6. Revisar la calidad y disponibilidad de las piezas de reparación que vayan a ser instaladas en cualquier sistema de acondicionamiento de aire y refrigeración en la mina.
7. En caso mediato, alcanzar la certificación por parte de los técnicos en la norma del ministerio del medio ambiente para el mantenimiento de equipos acondicionadores de aire¹⁰.

4.10.5.2. Programa de inspección y verificación

Básicamente este programa se encargará de efectuar ciertas listas de chequeos, que permitan en la parte de trabajos, determinar que el equipo se encuentra dentro de las especificaciones y en la parte general se verifica que el trabajo se realizó con base a las normas determinadas por Serviparamo para dichas labores.

¹⁰ Norma UTO (Unidad Tecnica Ozono)

	CHECK LIST MANTENIMIENTO CORRECTIVO del proceso Ejecución de Mantenimiento Correctivo	Versión: 02
		Página: 1 de 1

CLIENTE: _____ O.SERV.: _____
FECHA MANTENIMIENTO: _____ FECHA INSPECCION: _____
INSPECTOR/SUPERVISOR: _____

DESCRIPCION DEL NO CONFORME	NC	OBSERVACION
GENERALES		
Incumplimiento de las normas de seguridad		
Servicio prestado inoportunamente		
Falta de programación con el cliente		
Falta de supervisión		
Reporte de servicio mal diligenciado		
Area de trabajo sucia		
Funcionamiento inadecuado no reportado		
No entrega formal del servicio al cliente		
Uso de herramientas inadecuadas		
Uso de herramientas descalibradas		
No devolución de los repuestos averiados al cliente		
Ausencia de estética en el trabajo		
Trabajo inconcluso		
Tornillería Incompleta		
Temperaturas fuera de parámetros		Cuál?
TRABAJOS ELECTRICOS		
Tableros o cableados desorganizados		
Empalmes o conexiones flojas o inadecuadas		
Repuesto inadecuado o mal instalado		
Parámetros eléctricos inadecuados		Cuál?
TRABAJOS MECANICOS		
Ausencia de lubricante en rodamientos		
Repuesto desajustado o desalineado		
Estructuras internas o externas del equipo sucias		
Falta de soportes o fijaciones		
Ruido anormal no reportado		

CAUSAS DEL NO CONFORME: _____

TRATAMIENTO DADO: _____

REQUIERE ACCION CORRECTIVA SI NO AC No.

FIRMA INSPECTOR/SUPERVISOR

FIRMA AUTORIZADA

Figura 24. Lista de Chequeo de mantenimiento correctivo

Aunque se considera que el personal de calidad debe ser personal independiente de las labores y no una extensión de la fuerza de trabajo, en este caso por la misma naturaleza y cantidad de operarios no es viable económicamente, contar con una persona que se dedique exclusivamente a esta labor, por lo que será función del supervisor de proyecto.

Se producirán listas de chequeo tanto para el mantenimiento correctivo (reparaciones) como el mostrado en la figura 24., como para el preventivo y montaje. Por otra parte, la información recopilada en estos datos, así como las órdenes de servicio, alimentarán un histograma que permitirá reconocer la frecuencia de daños de los equipos y la distribución de los datos, así como:

- La carga de mantenimiento.
- La confiabilidad de las piezas que envían los proveedores.
- La distribución de tiempo entre fallas.
- La distribución de tiempo de reparación.
- Distribución de trabajos pendientes.

Se debe dejar claro que el programa de capacitación en el complejo corre por parte del supervisor de proyecto o cualquier personal de una agencia de Serviparamo cercana al complejo. Básicamente se fundamenta en los estándares de mantenimiento de la compañía para el tipo de equipos que se encuentran en el complejo, así como actualización en los equipos que se encuentran comercialmente en el mercado y que en un futuro puedan ser vendidos a Drummond para actualizar los equipos con que cuentan en el momento.

4.10.5.3. Control de calidad de los trabajos de mantenimiento

Debido a que los trabajos de mantenimiento difieren a los trabajos de producción, ya que no es repetitivo y tiene mayor variabilidad, se debe controlar por lo tanto el proceso por medio de las entradas, que en el caso del mantenimiento serán:

1. Procedimientos y normas de mantenimiento.
2. Personal.
3. Materiales y refacciones.
4. Equipo y herramientas.

Estas entradas se miden con base en las especificaciones de los equipos, para observar que tan distante se encuentran de estos, después de haber aplicado el servicio de mantenimiento. Deberá contar con el aval tanto del gerente de mantenimiento del contratista como el supervisor de proyecto de campamento, así como las personas que emiten las llamadas de emergencia de índole correctivo.

Donde básicamente se crea una secuencia de pasos que transforma un conjunto de entradas en salidas y con un mecanismo de retroalimentación, como lo muestra la figura 25:

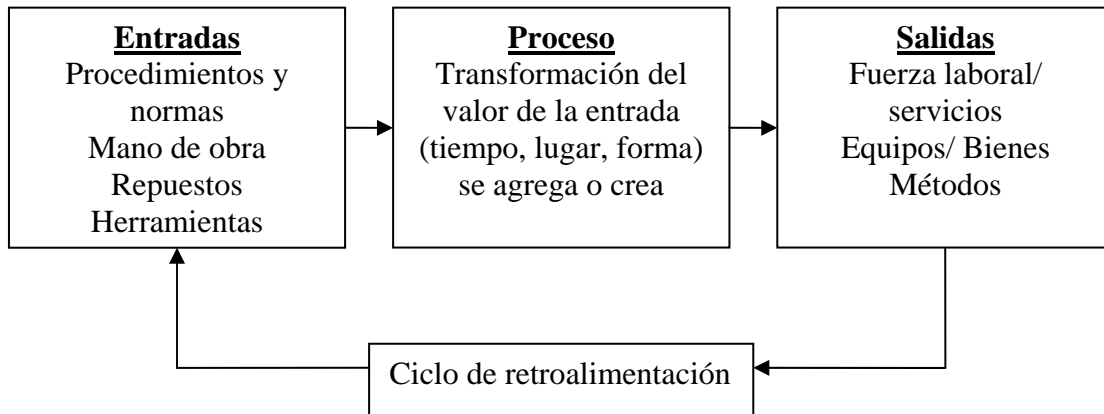


Figura 25. Ciclo de control de calidad de los trabajos de mantenimiento

La figura 26 muestra los pasos para controlar y mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento sobre los aires acondicionados de la mina:

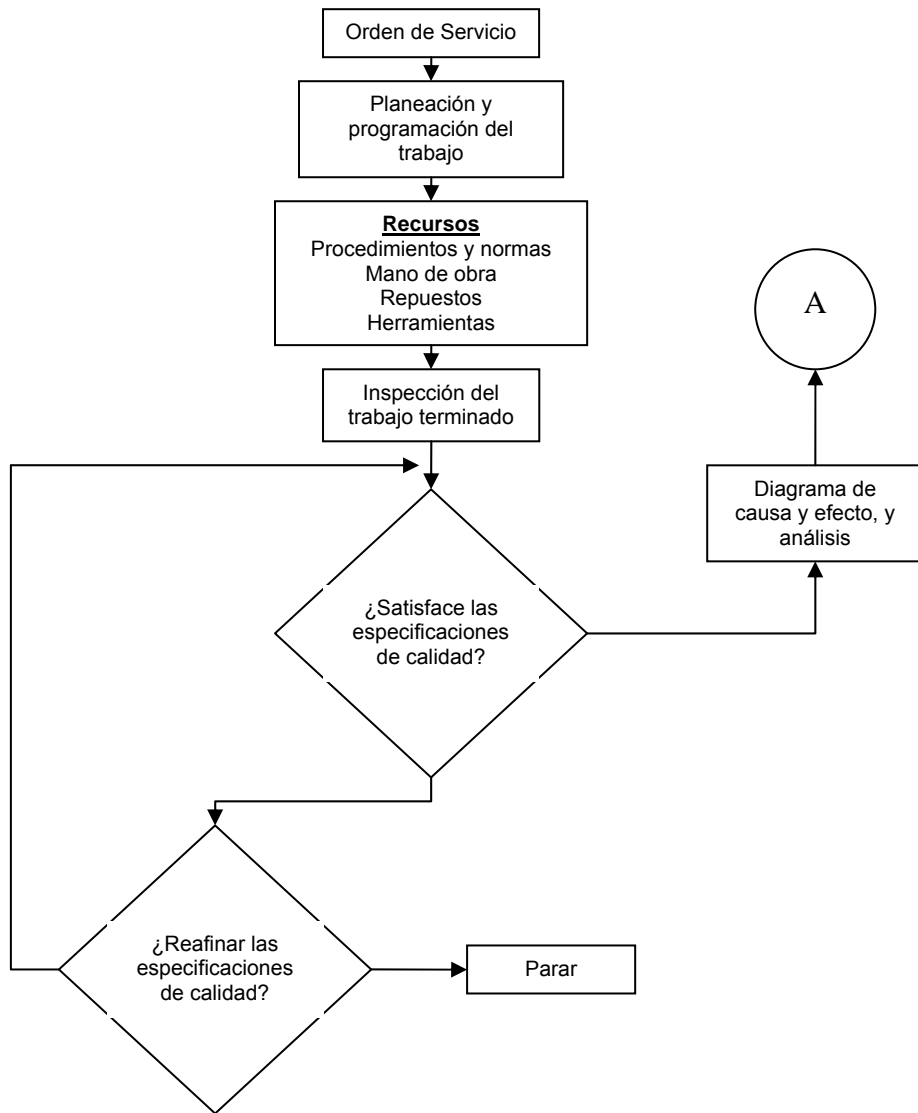


Figura 26. Pasos a seguir para control de calidad de trabajo de mantenimiento (Primera Parte)

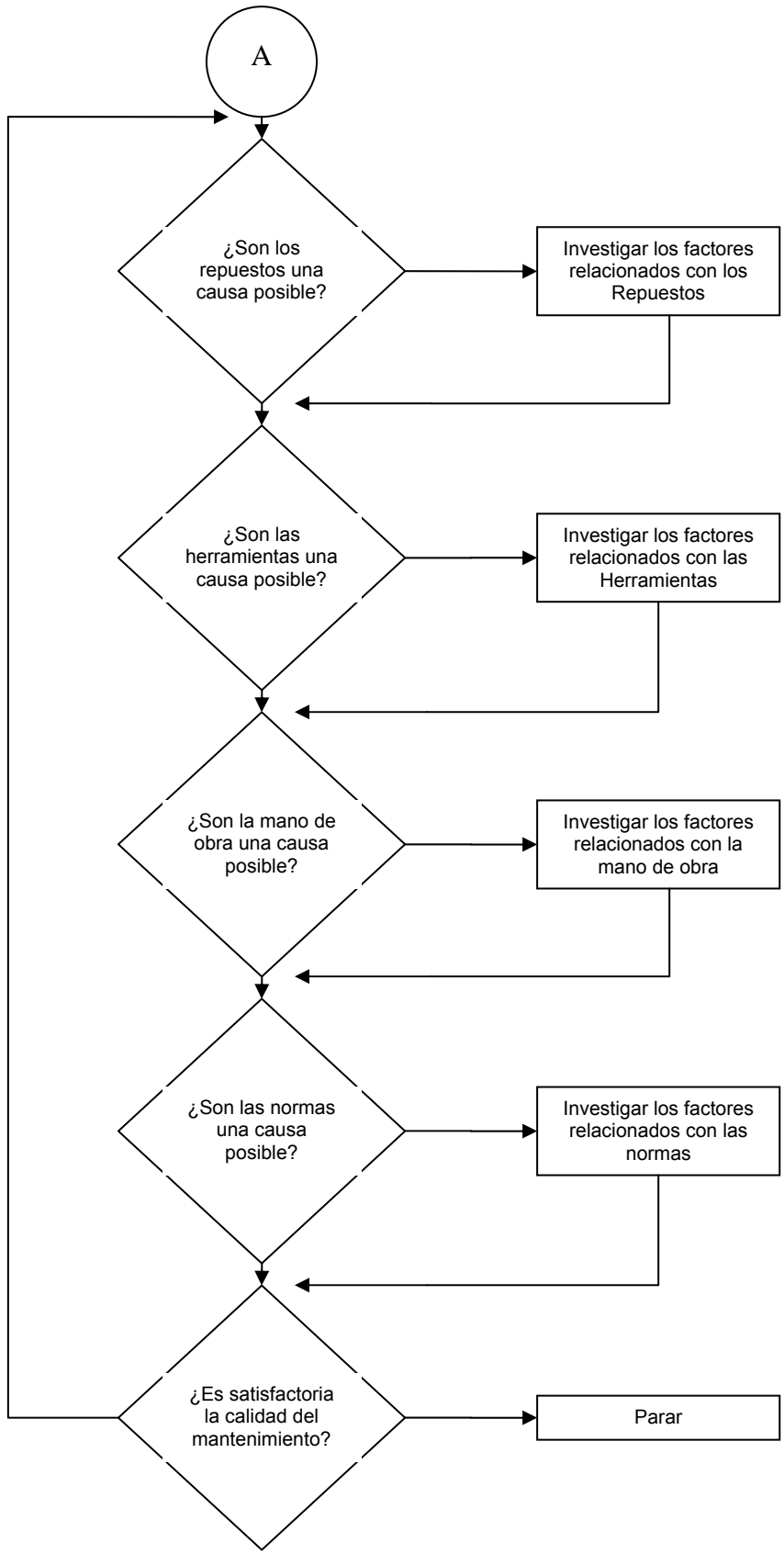


Figura 27. Pasos a seguir para control de calidad de trabajo de mantenimiento (Segunda Parte)

A continuación a manera de ejemplo, a este tipo de procedimiento se le hizo un seguimiento especial al incumplimiento de las especificaciones en la instalación de un compresor de 10 TR marca *Copeland* en el equipo de aire acondicionado tipo paquete ubicado en el comedor de rol mensual (supervisores y directivos) de la mina de *drummond*, realizado bajo el esquema de causa y efecto.

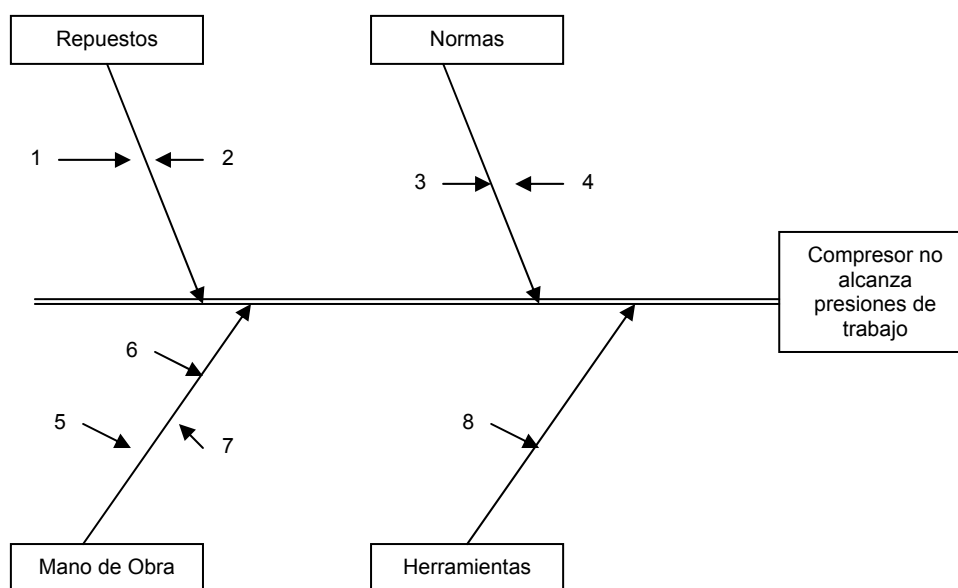


Figura 28. Análisis Causa efecto Instalación compresor

Ítems relacionados a las causas:

1. Compresor de marca diferente a la original.
2. Filtro secador de marca diferente a la original.
3. Desconocimiento del estándar para instalación de compresor.
4. Secuencia de trabajo indebida.
5. Personal con baja actitud.
6. Capacitación insuficiente.
7. Falta de supervisión.
8. Herramientas desgastadas.

4.10.6. Productividad del sistema de mantenimiento

Como en toda operación comercial se respetarán los niveles de rentabilidad determinados por la empresa para este tipo de proyectos de gran envergadura, dentro de los parámetros de disponibilidad, eficiencia y eficacia que exige la empresa multinacional.

Definida la productividad como la relación entre las salidas por entradas ^[4], lo cual en el caso de mantenimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado en Drummond Ltd es interpretado como capacidad de trabajo de los equipo por los recursos que requieren mantener dicha capacidad.

4.10.6.1. Medidas de las entradas

En primera instancia se empieza por definir que factores son los que influyen en los costos de mantenimiento de los equipos:

Mano de obra: en este costo estarán incluidos los salarios pagados, bonificaciones, prestaciones de ley y horas extras de los técnicos de reparación y mantenimiento e ingeniero contratados para el sostenimiento de los equipos y coordinación del trabajo.

Materiales: se tiene en cuenta los inventarios de repuestos así como el transporte de estos a la mina, papelería y dotaciones de los técnicos.

Contenedor de inventario y herramientas: este rubro comprende el costo de las herramientas, así como el contenedor para almacenamiento de herramientas e inventario.

Alquiler de vehiculo: Este factor incluye el pago por la renta de los automóviles y combustible, que se utilizan para los traslados dentro de la mina, así como en el corregimiento de La Loma.

Gastos generales del mantenimiento: abarca los alimentos que reciben los técnicos y el ingeniero durante su turno de trabajo, los arrendamientos de las habitaciones donde descansa el personal operativo y gastos de desplazamiento del personal a sus lugares de origen.

Gastos de la compañía: En este se incluye el resto de gastos.

4.10.6.2. Medidas de salida

Entre las principales medidas de salida aplicables a este proyecto se encuentran:

Disponibilidad: Esta es una medida de tiempo programado menos las demoras entre el tiempo programado.

Confiabilidad y tiempo medio entre fallas: Tiempo de operación entre número de fallas.

Tiempo medio para la reparación: Tiempo muerto por reparación entre el número de fallas.

Tomando como datos de ejemplo las horas de trabajo del aire acondicionado tipo ventana de 18000 BTU ubicado en la cabina del Feeder No 1 del área de producción, los cuales reseñados en la tabla 20 para el mes de febrero de 2006:

Fecha	Horas
3/02	3
8/02	1.5
11/02	0.5
14/02	1.25
15/02	0.5
19/02	0.75
21/02	4.5
23/02	0.5
25/02	0.75
28/02	1

Tabla 20. Reseña de Horas de paro por mantenimiento del feeder N°1 en el mes de febrero

Por lo tanto, debido a la criticidad del feeder para la utilización del aire acondicionado y considerando que solamente tuvo en este mes dos paradas por mantenimiento y desplazamiento de 8 horas cada una en el mes obtenemos que:

$$A = \frac{(S - d)}{S} * 100 \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde

A=Disponibilidad

S= Tiempo de producción programado

d= tiempo muerto

Entonces:

$$S = (28*24)-(8*2) = 672-16 = 656 \text{ horas}$$

$$d = 14.25$$

$$A = (656-14.25)/656*100\% = 97.8\%$$

Lo cual seria un excelente resultado para la disponibilidad, pero se debe dejar claro que en los tiempos no se incluía el tiempo que se realiza en la labor propia de mantenimiento del equipo que era instalado, sino solamente la logística de mover el aire desde el container de Serviparamo hasta el feeder. Por lo tanto adicionando las horas de estándar de mantenimiento para el mantenimiento de un aire acondicionado tipo ventana se obtiene:

$$A = (656-14.25-20)/656*100\% = 94\%$$

El tiempo medio entre fallas se determinará de la siguiente manera:

$$TMEF = \frac{(S - d)}{f} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde f es el número de fallas, por lo que en este caso:

$$TMEF = (656-34.25)/10 = 62.2 \text{ horas} = 2.5 \text{ días}$$

El tiempo medio de la reparación será:

$$TMDR = \frac{df}{f} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde d_f son las demoras de tiempo muerto por las fallas, entonces:

$$TMDR = 34.25/10 = 3.4 \text{ horas}$$

Se encuentra que el equipo a pesar de tener una alta disponibilidad, no tiene una confiabilidad aceptable por lo que se le sugirió a Drummond Ltd. el cambio de dichos equipos por unos equipos tipo paquete presurizados marca *mine air system* de 18.000 BTUH. Los cuales son equipos diseñados para este tipo de ambientes y cargas de trabajo.

4.10.6.3. Medidas dentro del sistema

Se clasificaron los siguientes porcentajes como los más significativos para que se comprenda claramente el sistema planteado:

$$\% \text{ de Horas dedicada al mantenimiento correctivo} = 2/6 = 33\%$$

$$\% \text{ de Horas dedicada al mantenimiento preventivo} = 4/6 = 67\%$$

Demoras: Se considera que un promedio de tiempo para atención de urgencias para el contrato de campamento es de aproximadamente 1.25 horas, mientras que para el de producción es de 0.5 horas.

% de reparaciones por mantenimiento: este dato se toma por los requerimientos de reparaciones que surgen de las órdenes de servicio de mantenimiento preventivo con respecto del global de reparaciones, alcanzando un promedio de 45% de acuerdo a los datos históricos con que se cuenta.

CONCLUSIONES

- El estudio técnico de programa de mantenimientos planteado en la presente monografía a los equipos de aire acondicionado y refrigeración instalados en el complejo minero de Drummond Ltd. permitió la aplicación de conocimientos que usualmente son utilizados en sistemas productivos como son los estudios de tiempos, se pudieron realizar pronósticos de carga de mantenimiento con base a costos de mano de obra y la medición de índices en la parte administrativa y de eficacia del mantenimiento.
- Se desarrollaron pronósticos de futuras cargas de mantenimiento que permitan en posteriores estudios, y aplicando técnicas más depuradas, predecir metodologías de mantenimiento que permitan la optimización de los recursos de mantenimiento y la disminución de los tiempos de respuesta.
- Se presentaron una serie de lineamientos claves para poder realizar control tanto a la operación en si, como los ítems de índole contractual que exige Drummond para cada uno de sus contratistas.
- Aunque por lo general no se mira la calidad como un fin del mantenimiento, en el presente trabajo, se presentó la forma como podría influenciar de manera positiva en proximos meses, la consecución de máxima disponibilidad y eficacia de los equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración con que cuenta Drummond Ltd. en las instalaciones de su mina a cielo abierto
- El trabajo operativo de mantenimiento no debe dejar a un lado, las funciones de control de los materiales de mantenimiento preventivo y correctivo para poder contar con un tiempo de respuesta acorde a las necesidades de la empresa extranjera, es decir con un inventario que

tenga las piezas que realmente se necesitan y en las cantidades apropiadas.

- Se prestó gran atención a los modelos analíticos que son aplicables a los programas de mantenimiento de orden mundial que contribuyen al reconocimiento del mantenimiento prestado por Serviparamo S.A. como una parte importante en la capacidad de producción con que se cuenta en la mina Pribbenow.

BIBLIOGRAFIA

- [1] NIEBEL, BW, "Gerencia del Mantenimiento", España, Ed. Limasa, 1998.
- [2] Sistema de gestión de Calidad Serviparamo S.A. 2002
- [3] Material publicitario Serviparamo S.A.
- [4] PRANDO, Raúl, "Manual Gestión de Mantenimiento a la medida", Guatemala, Ed. Piedra Santa, 1996.
- [5] DUFFOE, Simón, "Sistemas de Información del Mantenimiento, Planeación y Control", España, Ed. Marcombo, 2000.
- [6] DE BONA N, José M, "Gestión del Mantenimiento", España, Editorial FC, 1999
- [7] COOK, Nicolás, "Curso Practico de Aire Acondicionado y Refrigeración", Argentina, Ed. Buenos Aires, 2001
- [8] INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRIO, "Guía del almacenamiento frigorífico", Ecuador, Ed. Atahualpa, 1992.
- [9] CATALOGOS DE PRODUCTOS LG, línea Aire acondicionado.
- [10] Norma de competencias laboral obligatorias Ministerio de medio ambiente.
http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/normas_competencia_lab_frio.pdf
- [11] Marco Legal Laboral de Colombia,
www.proexport.org/VBeContent/library/documents/DocNewsNo5722DocumentNo5542.PDF
- [12] Indicadores económicos de Colombia
www.banrep.gov.co
- [13] Ciclos termodinámicos
<http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap07ciclostermicos.php>
- [14] HAX A.C y CANDEA D., Gerencia de Producción e inventarios, Prentice Hall, Nueva York.1998.

APENDICE A

- **Esquema servicio Campamento**

Aires tipo ventana 15 días (2 servicios mensual)

56

Áreas Servidas	Cantidad de equipos
Comedores Fijos y móviles	23
Load out Nuevo	19
Garita principal	3
Nuevo comedor mto.	6
Comedor mto.	5
Total	56

Tabla A.1 Aires de Ventana a 15 Días

Aires tipo ventana 30 días (1 servicio mensual)

91

Áreas Servidas	Cantidad de equipos
Comedor GHL(Casa Hielo GHL)	1
Administración(Oficinas)	3
Compras	2
Bodega	15
Planeación	1
Oficinas Talleres Mantenimiento	6
Soldadura	3
Back Line	7
Cobre Tire	4
Dispatch Camiones	20
Construcción Conveyor	8
Power plant	2
Load out Viejo	7
Casino la Loma	11
Nueva Planta explosivos	1
Total	91

Tabla A.2 Aires de Ventana a 30 días

Áreas Servidas	Cantidad de equipos
Borrego Nuevo	41
Auxiliary Garden	84
Taganga	96
Florida	36
Servicios Especiales	7
Borrego viejo	9
Life Support	3
Staff House N° 1	13
Staff House N° 2	2
Staff House N° 3	32
Staff House N° 4	32
Staff House N° 5	32
Staff House N° 6	32
Staff House N° 7	32
Comedor GHL	6
Hangar	6
Ingeniería	5
Administración	10
Geología muestras	4
Unidad medica	15
Bombero	2
Departamento Eléctrico	5
Barracas	5
Bases militares	21
Palas	6
Total	536

Tabla A.3 Aires de ventana a 60 días

Áreas Servidas	Cantidad de equipos
Borrego viejo	7
Recreación	1
Ingeniería	2
Administración	1
Planeación	4
Talleres de mantenimiento	8
Soldadura	1
Palas	2
Nueva planta explosivos	4
Total	30

Tabla A.4 Minisplit

Aires tipo Split y paquetes 30 días (1 servicio mensual)

42

Áreas Servidas	Cantidad de equipos
Staff House N° 1	3
Staff House N° 2	5
Recreación	2
Comedor GHL	5
Ingeniería	2
Administración	5
Unidad Medica	4
Power plant	6
Barracas	10
Total	42

Tabla A. 5 Aires Split y Paquetes

Cuartos Fríos y Maquinas de Hielos

28

Áreas Servidas	Cantidad de equipos
Comedor GHL	15
Base Militar CIR	2
Barracas	8
Casino de la loma	3
Total	28

Tabla A.6 Cuartos Fríos y Maquinas de Hielo

- **Esquema servicio conveyor**

Aires Acondicionado (según requerimiento)

67

Áreas Servidas	Cantidad de equipos	Tipos de equipos
Feeders	28	ventana
I house	22	Paquete
Spreeder	16	Presurizados
Dragalinea	7	Ventana, paquete y presurizados
Total	67	

Tabla A.7 Equipos de Conveyor

• **Resumen de equipos (Tipos, ubicación y tasa de mantenimiento)**

ZONA	ÁREA SERV.	AIRE/ 15 Dias	AIRE/ 30 Dias	AIRE/ 60 Dias	MINI/SPLIT	AIRE/SPLIT	CAPC. EN TR	TOTAL TR A/SPLIT
BORREGO MUJERES	HABITACIONES			24				
TAGANGA ETAPA 1	CONTENEDORES			59				
TAGANGA ETAPA 2	CONTENEDORES			50				
AUXILIAR GARDEN	CONTENEDORES			75				
	CONTENEDOR DE NOMINA			2				
	KOMATSU			4				
FLORIDA	CONTENEDORES			38				
SERVICIOS ESPECIALES	OFICINA			4				
BORREGO VIEJO	HABITACIONES			7				
	HABITACIONES				6			
CENTRO DE IDIOMAS	SALAS DE CLASE			6				
LIFE SUPPORT	OFICINAS			2				
RECEPCIÓN LIFE SUPPORT	OFICINA			2				
STAFF HOUSE # 1	HABITACIONES			11				
	HABITACIONES					3	5	15
	KIOSCO			2				
STAFF HOUSE # 2	HABITACIONES					3	8	24
	HABITACIONES					2	10	20
	KIOSCO			2				
STAFF HOUSE # 3	HABITACIONES			32				
STAFF HOUSE # 4	HABITACIONES			32				
STAFF HOUSE # 5	HABITACIONES			32				
RECREACIÓN	SALA DE RECREACIÓN					1	5	5
	SALA DE CINE					2	5	10
GIGNACION	SALA DE AERÓBICO				1			
	SALA DE PESAS			2				
COMEDOR GHL	COMEDOR					1	30	30
	COCINA					1	15	15
	CONTAINER AMA DE LLAVES			1				
	CONTAINER DE TOALLAS			1				
	BODEGA GHL					2	8	16
	CASA DE HIELO		1					
HANGAR	OFICINAS			6				
INGENIERÍA	CONTENEDORES			2				
	OFIC. BODEGA DE PINTURA			1				
	DISPHATS DE CAMIONES				1			
	LABORATORIO				1			
	OFIC. SUPERVISOR AMB				1			
	OFICINAS DE PRODUCCIÓN					1	8	8
	OFICINA ANTIGUO DISPHATS					1	3	3
ADMINISTRACIÓN	OFICINAS					5	5	25
	PBX		1					
GEOLOGÍA	OFICINAS			5				

ZONA	ÁREA SERV.	AIREV 15 Dias	AIREV 30 Dias	AIREV 60 Dias	MINI/SPLIT	AIRE/SPLIT	CAPC. EN TR	TOTAL TR A/SPLIT
CONSTRUCCIÓN	OFICINA			4				
ARCHIVO MUERTO	CONTENEDOR			2				
COMEDOR DE MTTO	COMEDOR	4						
COMPRAS	OFICINA		4					
BODEGA	RECIBO		2					
	GERENCIA		1					
	OFICINA BODEGA		3					
PLANEACIÓN	OFICINA				3			
	OFICINA		1					
TALLERES DE MTTO	OFICINAS DE PALA		2					
	SUPERVISOR EQUIPO LIVIANO		1					
OFICINAS DE:	TOPIN		1					
	JHON DILINE		1					
	LARRY FRITTS		1					
	RICARDO NOEL		1					
	RICHAR MILER				1			
	ANA RAQUEL LARA				1			
	GARY KING				1			
	PETER NURPHY				1			
	LARRY HOWKINS				1			
	STEVE GROBEN				1			
	DOVE ADANS				1			
	CAMIONES				1			
	SALÓN DE CONFERENCIA MTTO				2			
	BODEGA GECOLSA DRUMMOND				1			
	OFICINA TECPALSA		1					
PERFORACIÓN Y VOLADURA	DRYLL ANDS BLASTING		1					
SOLDADURA	PLANEACIÓN DRAGA		1					
	SUPERVISOR				1			
COBRE TIRE	COMEDOR		1					
	OFICINA		2					
	OFICINA GERENCIA				1			
GEOLOGÍA	MUESTRA			2				
VOLADURA	OFICINA			2				
UNIDAD MEDICA BIT	SALA DE CONFERENCIA					2	5	10
	OFICINA SEGURIDAD					1	5	5
	UNIDAD MEDICA					1	5	5
	CONTENEDOR UNIDAD MEDICA			2				
	CONTENEDOR SENA			2				
	CONTENEDOR OFICINA			2				
BOMBERO	OFICINA			1				
DEPARTAMENTO ELÉCTRICO	CONTENEDOR DPT. ELÉCTRICO			2				
	CONTENEDORES BODEGA			2				
PALAS	CONTENEDORES DOBLES				2			

ZONA	ÁREA SERV.	AIRE/V 15 Dias	AIRE/V 30 Dias	AIRE/V 60 Dias	MINI/SPLIT	AIRE/SPLIT	CAPC. EN TR	TOTAL TR A/SPLIT
CONTENEDORES DEMAG	COMEDOR	2						
	COMEDOR	1						
TALADRO	OFICINA			3				
	OFICINAS			2				
DISPHATS DE CAMIONES	OFICINAS		5					
TORRE DE COMUNICACIONES	CONTENEDOR DE EQUIPOS		4					
	CONTENEDOR DE TALLER MTTO		2					
	CONTENEDOR OFICINA		1					
	NUEVOS		4					
CONVEYOR	CONTENEDORES DOBLES		4					
	CONTENEDORES SENCILLOS		3					
	CONTENEDOR REPUESTOS		1					
POWER PLANT	OFICINAS					2	10	20
	SALA DE CONTROL					2	8	16
	CUARTO DE CPU		1					
LOAD OUT	COMEDOR	2						
	LABORATORIO	5						
	PLANTA DE LAVADO	2						
	TOLVA	2						
	GENERADORES	2						
	SUPERVISOR DE GENERADORES	1						
	TICKET	1						
COCINA BARRACAS	LAVANDERÍA					1	6	6
	LAVANDERÍA					1	8	8
	COCINA					1	5	5
	COCINA					1	10	10
	SALA DE PROCESO					1	10	10
	OFICINAS Y ÁREA COMÚN					1	10	10
HABITACIONES BARRACAS	HABITACIONES					3	10	30
	SALA DE ENTRENAMIENTO					1	10	10
	SALA DE ENTRENAMIENTO			2				
BARRACAS	VIVERO			1				
	SINDICATO			1				
VIEJO LOAD OUT	HABITACIONES		5					
	COMEDOR		1					
GARITA PRINCIPAL	GARITA	1	1					
	CONTENEDOR DE ESPERA	2	1					
BASE MILITAR VIRGINIA	HABITACIONES					1	5	5
	CONTENEDORES		2					
BASE MILITAR CIR	OFC. COT			1				
	OFC. CO7			2				
	ENFERMERÍA			1				
	SALA DE TELEVISIÓN			2				
	HABITACIONES			7				

ZONA	ÁREA SERV.	AIRE/V 15 Dias	AIRE/V 30 Dias	AIRE/V 60 Dias	MINI/SPLIT	AIRE/SPLIT	CAPC. EN TR	TOTAL TR A/SPLIT
ANTIGUA BASE MILITAR	HABITACIONES			1				
RAMPA BORREGO	COMEDOR	5						
RAMPA 3	COMEDOR	4						
RAMPA 8	COMEDOR	3						
COMEDORES MÓVILES	MONITO	3						
	DONCELLA	3						
	PERICO	1						
	CAZADOR	1						
	CABALLERO	1						
	ROUZE AUD	1						
CASINO LA LOMA	COMEDOR					5	5	25
	COMEDOR ALTERNO #1		4					
	COMEDOR ALTERNO #2		6					
	BODEGA DE VERDURAS		2					
	BODEGA DE ALIMENTOS		1					
	BODEGA			1				
	PREPARACIÓN DE CARNES			1				
	OFICINA DE MTTO			1				
	OFICINA EURES			1				
	HABITACIONES EURES			13				
	HABITACIÓN VIGINORTE			1				

TABLA A.8 DISCRIMINACION DE EQUIPOS POR TIEMPO

APENDICE B

• **ESTANDAR PARA AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT**

Requerimiento

Materiales: Aceite ref: SAE 10, tornillos, lija, cinta aislante, anticorrosivo y plástico.

Herramientas y equipos: termómetro, voltiamperímetro, destornillador, brocha, aceitera manual, extensión eléctrica, escalera, motobomba, manguera con pico y cepillo.

Numero de operarios: 2 operarios

Tiempo requerido: 2 horas

Procedimiento

Revisar el funcionamiento del equipo

Encender el equipo por medio de breaker y/o interruptores

Detectar ruidos/vibraciones anormales en condensadoras y manejadoras

Verificar visualmente funcionamiento de motores y compresores

Medir temperatura de suministro (ref.: 12°C a 15°C) en la manejadora

Medir temperatura de retorno (ref.: 23°C a 25°C) en la manejadora

Revisar parámetros eléctricos (voltaje/amperaje) de compresor y motores.

Verificar que no hay calentamiento en los cables

Verificar que no haya ruido en los contactores, en caso de que existan, los platinos pueden estar sulfatados.

Detectar condensaciones externas, filtraciones anómalas del equipo.

Informar a cliente sobre anomalías encontradas

Emplear un vocabulario decente y adecuado

Atender los comentarios del cliente referentes al funcionamiento del equipo

Atender las quejas y comentarios del cliente referentes al servicio

Mantenimiento de la manejadora

Apagar el equipo por termostato o desenergizarlo (breaker off)

Despejar el área cercana al equipo y/o cuarto de la manejadora.

Apertura de la manejadora (Quitar tapa)

Verificar que la bandeja de condensado esta libre de agua. El drenaje debe estar libre de obstrucciones

Retirar filtro de polvo.

Revisión, limpieza y ajuste de partes eléctricas. Incluye: cajas, accesorios y motores eléctricos de la manejadora

Destapar cajas eléctricas y motores

Retirar el polvo y telarañas acumuladas

Aplicar limpia contactos y desplazados de humedad a los accesorios

Lijar conexiones sulfatadas (verificar platinos de los contactores)

Ajustar conexiones eléctricas, borneras. Reemplazar terminales dañados

Tapar cajas eléctricas

Lubricar bujes y/o chumaceras del motor

Aplicar lubricantes ref: SAE-10

Limpiar excesos de aceite

Colocar tapa a motores

Mantenimiento del blower

Desmonte del blower (anualmente)

Desconectar eléctricamente el motor del blower

Desatornille el caracol y desmóntelo con mucho cuidado

Limpieza del blower

Tapar cajas, registros y motores eléctricos con plásticos

Aplicar agua a presión en las aletas del blower.

Limpiar aletas con cepillo pequeño de cerdas plásticas y/o bayeta

Reinstalar blower.

Atornillar caracol y montarlo con cuidado

Conectar eléctricamente el motor del blower

Nota si el blower no está muy sucio realizar limpieza sin desmontarlo

Limpieza del serpentín evaporador

Tapar cajas, registros y motores eléctricos con plásticos

Instalar extensión eléctrica

Instalar manguera en punto de agua, con su pico

Instalar motobomba

Aplicar agua a presión en contra- flujo del aire a través del serpentín de evaporación, el chorro de frente a las lanas, barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo

Limpiar con cepillo, en forma longitudinal en el sentido de las lanas, la parte externa del serpentín, para sacar las incrustaciones.

Aplicar nuevamente agua a presión primero en contra- flujo del aire y luego en la otra cara del serpentín para una mejor limpieza

Limpieza del filtro de polvo: limpiar con cepillos y luego aplicar agua a presión por ambos lados

Limpieza del drenaje: verificar y despejar el drenaje por medio de agua a presión

Limpieza del cuarto de manejadora: el gabinete y los alrededores de la manejadora deben quedar limpios y secos

Corrección de pequeños focos de corrosión: lijar, limpiar y aplicar anticorrosivo a la parte afectada

Ajuste general y cierre del equipo: verificar ajustes y colocar tapa a manejadora. Reemplazar tornillos deteriorados

Mantenimiento de unidad condensadora

Despejar y limpiar el área cercana del equipo

Apertura de la condensadora (quitar tapa)

Revisión, ajuste y limpieza de partes eléctricas

Incluye: cajas y accesorios eléctricos de la unidad condensadora

Destapar cajas eléctricas

Retirar el polvo acumulado

Lijar conexiones sulfatadas

Ajustar conexiones eléctricas/ borneras. Reemplazar terminales dañados

Tapar cajas eléctricas

Limpieza del serpentín condensador

Tapar cajas y accesorios eléctricos con plásticos

Instalar extensión eléctrica

Instalar manguera en punto de agua con su pico

Instalar motobomba

Limpiar el serpentín del polvo acumulado, hojas, partículas pesadas

Aplicar agua a presión en contra flujo del aire a través del serpentín de condensación, el chorro frente a las lanas, barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo.

Limpiar con cepillo suave, en forma longitudinal en el sentido de las lanas, la parte externa del serpentín para sacar las incrustaciones.

Aplicar nuevamente agua a presión, primero en contra- flujo del aire y luego en la otra cara del serpentín, para una mejor limpieza

Verificar que debajo y alrededor de la condensadora quede limpio y seco.

Limpieza de hélice: limpiar con esponja y agua a presión la hélice. Secar con bayeta

Inspección al filtro secador

Verificar el estado general del filtro secador. Revise fugas de refrigerante manchas de aceite son evidencias de fugas de refrigerante

Con relativa frecuencia aplicar anticorrosivo a todo el cuerpo del filtro

PRECAUCION: PINTAR EL FILTRO SIN QUITAR EL OXIDO

Verifique si después del filtro existe condensación en la tubería, de ser así cambiar el filtro

Encendido del equipo

Encender el equipo por medio de breaker y/o interruptores

Detectar ruidos / vibraciones anormales en condensadora y manejadora

Verificar visualmente funcionamiento de motores y compresores

Medir temperatura de suministro (ref.: 12°C a 15°C) en la manejadora

Medir temperatura de retorno (ref.: 23°C a 25°C en la manejadora

Revisar parámetros eléctricos (voltaje/amperaje) de compresor y motores.

Detectar condensaciones externas, filtraciones anómalas del equipo

Nota es muy importante dejar el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento.

Limpieza de las rejillas

Retira el polvo acumulado con ayuda de una brocha, bayeta o esponja

Con una bayeta o esponja húmeda limpiar las rejillas

Secar muy bien, tener cuidado de no manchar paredes, cielo raso o puertas

Entrega del equipo al cliente

Informar al cliente el óptimo estado en que se deja funcionando el equipo

Llenar orden de servicio y hacerla firmar por el cliente

• **ESTANDAR PARA AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA**

Requerimiento

Materiales: Aceite ref.: SAE 10, tornillos, lija, cinta aislante, anticorrosivo y plástico.

Herramientas y equipos: termómetro, voltiamperímetro, destornillador, brocha, aceitera manual, extensión eléctrica, escalera, motobomba, manguera con pico y cepillo.

Numero de operarios: 2 operarios

Tiempo requerido: 2 horas

Procedimiento

Revisar el funcionamiento del equipo

Encender el equipo por medio de breaker y/o interruptores

Detectar ruidos/vibraciones anormales

Verificar visualmente funcionamiento del motor y compresor

Medir temperatura de suministro (ref.: 12°C a 15°C)

Detectar condensaciones externas, filtraciones anómalas del equipo.

Verificar estado del filtro de polvo

Informar a cliente sobre anomalías encontradas

Emplear un vocabulario decente y adecuado

Atender los comentarios del cliente referentes al funcionamiento del equipo

Atender las quejas y comentarios del cliente referentes al servicio

Desmontar el equipo (aire de ventana)

Apagar el equipo por breaker

Desconectar el equipo eléctricamente (enchufe o registro eléctrico)

Despejar el área cercana al equipo.

Verificar que la bandeja de condensado esta libre de agua.

Bajar el equipo de su puesto. Entre dos personas

Trasladar el equipo al sitio de mantenimiento

Revisión, limpieza y ajuste de partes eléctricas. Incluye: cajas, accesorios y motores eléctricos de la manejadora

Destapar cajas eléctricas y motores

Retirar el polvo –lijar conexiones sulfatadas

Ajustar conexiones eléctricas, borneras. Reemplazar terminales dañados

Aplicar limpia contactos y desplazadores de humedad a los accesorios

Tapar cajas eléctricas

Lubricar bujes y/o chumaceras del motor

Aplicar lubricantes ref.: SAE-10

Limpiar excesos de aceite

Colocar tapa a motores

Limpieza de serpentines

Tapar cajas, registros y motores eléctricos con plásticos

Instalar extensión eléctrica

Instalar manguera en punto de agua, con su pico

Instalar motobomba

Preparar cepillo, esponja, balde y trapero

Limpieza del serpentín evaporador

Aplicar agua a presión en contra- flujo del aire a través del serpentín de evaporación, el chorro de frente a las lanas, barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo

Nota: Distancia aproximada de una 1" (2.5 cm.) entre pico y serpentín. Verificar previamente que la presión no dañe las lanas

Limpiar con cepillo, en forma longitudinal en el sentido de las lanas, la parte externa del serpentín, para sacar las incrustaciones.

Aplicar nuevamente agua a presión primero en contra- flujo del aire y luego en la otra cara del serpentín para una mejor limpieza

Limpieza del serpentín evaporador con químico

(Casos donde el serpentín este muy incrustado)

Verter el químico líquido en la cara mas incrustada del serpentín (concentración químico vs. agua 1:3)

Dejar actuar el químico al menos 10 minutos

Aplicar agua a presión en contra- flujo del aire a través del serpentín de evaporación, el chorro de frente a las lanas, barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo

Limpiar con cepillo, en forma longitudinal en el sentido de las lanas, la parte externa del serpentín, para sacar las incrustaciones.

Aplicar nuevamente agua a presión primero en contra- flujo del aire y luego en la otra cara del serpentín para una mejor limpieza

Asegurarse que no queden residuos de químico en el serpentín

Limpieza del serpentín condensador

Limpiar el serpentín del polvo acumulado, hojas, partículas pesadas

Aplicar agua a presión en contra flujo del aire a través del serpentín de condensación, el chorro frente a las lanas, barriendo de lado a lado todo el serpentín y avanzando de arriba hacia abajo.

Limpiar con cepillo suave, en forma longitudinal en el sentido de las lanas, la parte externa del serpentín para sacar las incrustaciones.

Aplicar nuevamente agua a presión, primero en contra- flujo del aire y luego en la otra cara del serpentín, para una mejor limpieza

Limpieza del mueble tipo aire ventana

Aplicar agua, limpiar con bayeta y esponja la carcasa. Secar con bayeta

Limpieza del blower y la hélice del condensador.

Limpiar con esponja y agua a presión. Secar con bayeta

Limpieza del filtro de polvo tipo aire de ventana

Limpiar con cepillo y luego aplicar agua a presión por ambos lados

Corrección de pequeños focos de corrosión

Lijar y aplicar anticorrosivo a la parte afectada

Ajuste general de tornillería

Verificar ajustes. De ser necesario cambiar o reponer tornillos

Instalación de equipo tipo aire de ventana

Montar el equipo en su puesto. Entre dos personas

Conectar eléctricamente el equipo

Encender el equipo y verificar su funcionamiento (de 10 a 15 minutos)

Revisión de temperaturas (Suministro y retorno de aire)

Entrega del equipo al cliente

Informar al cliente el óptimo estado en que se deja funcionando el equipo

Llenar orden de servicio y hacerla firmar por el cliente

- **OTROS ESTANDARES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Limpieza de serpentines tipo tubería aleteado

Los serpentines deben mantenerse libres de incrustaciones de polvo u otras partículas para:

1. mantener una adecuada transferencia de calor entre el refrigerante y el medio
2. asegurar la capacidad de enfriamiento nominal del equipo

3. retirar la cantidad de humedad planeada según el diseño del serpentín evaporador o asegurar una adecuada condensación para el caso de los serpentines condensadores
4. reducir desperdicios de energía y asegurar la eficiencia nominal del equipo

Las principales causas para que un serpentín de este tipo se incruste o contamine son:

1. escasa o nula filtración en el retorno
2. áreas donde existe un ambiente altamente contaminante (cementerías, peluquerías, almacenes de alto tráfico, etc.)
3. levante o barrido de áreas con el aire encendido
4. mantenimiento deficiente

Estándar Limpieza de serpentines tipo tubería aleteado


- los serpentines deberán lavarse preferiblemente con agua o en su defecto con aire a una presión adecuada, asegurando que el exceso de presión no afecte ni doble las aletas las tuberías de transferencia de calor
- la relación presión-caudal de agua aplicada para la limpieza no deberá exceder la presión máxima especificada por el fabricante del serpentín
- se deberá pasar cepillo plástico previamente a la aplicación del fluido limpiador para así retirar los contaminantes superficiales y evitar que estos sean impulsados dentro del serpentín durante la limpieza
- el agua o aire se deberá aplicar siempre en sentido contrario al flujo del aire para evitar incrustaciones a mediano plazo
- la presión del agua para la limpieza será mínimo de 30 psi
- la aplicación de producto químico se realizara siempre y cuando la diferencia de temperatura entre el retorno y suministro de aire exceda los 14 °C.
- el producto químico siempre deberá ser diluido en agua de acuerdo a instrucciones del fabricante. Se tomara como base la relación de 1:10

- por ninguna circunstancia se deberá aplicar productos químicos ácidos a los serpentines condensadores enfriados por aire
- si los serpentines presentan aletas dobladas estas dieran ser peinadas antes de realizar las limpiezas

APENDICE C

• Ordenes de Servicio

Ordenes de Servicio de Mantenimiento Preventivo



SERVIPARAMO
NIT. 890.116.102-1

EQUIPO SPLIT	MINI-SPLIT	MULTI-SPLIT	PAQUETE
--------------	------------	-------------	---------

ORDEN SERVICIO No. _____

ZONA: _____

NOMBRE: _____ NIT / C.C.: _____

DIRECCIÓN: _____

FECHA: _____ CONVENIO: _____

HORA DE LLEGADA: _____ HORA DE SALIDA: _____

CONVENIO No.: _____ MARCA: _____

EQUIPO: _____ DE _____ MODELO: _____

VENCIMIENTO: _____ SERIE: _____

SECCIÓN: _____

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO MANEJADORA ANTES DEL MANTENIMIENTO

REFERENCIA	LECTURA
TEMP. SUMINISTRO	11 - 14
TEMP. RETORNO	21 - 24
TEMP. AMBIENTE	21 - 24
TEMP. EXTERIOR	26 - 33
HUMEDAD RELATIVA	

MOTOR	LECTURA	DATO PLACA
VOLTAJE		
AMPERAJE		
CAPACIDAD		

AUTORIZO REALIZAR EL MANTENIMIENTO

FIRMA DEL CLIENTE

OBSERVACIONES: _____

ITEM	INSPECCION				ACTIVIDADES REALIZADAS							
	B	R	PC	F	DES/TE	LIMPIEZA	AJUSTE	AL/CION	LUB/CION	ANT/VO	MEDIDAS	CANTIDAD
BORNES MOTOR												
BLOWER												
CARACOL												
ASLAMIENTO MANEJADORA												
CORREAS												
ASLAMIENTO TUBERIAS												
POLEAS												
CABLEADO												
LUB. EJES, BUJES, CHUMBA												
DUCTOS Y CUELLO												
SERPENTIN EVAPORADOR												
VALVULA EXPANSION												
CAPACITOR												
CONTACTOR												
BREAKER												
BANDEJA CONDENSADO												
TORNILLERIA												
TERMOSTATOS												
DRENAJE												
FILTRO POLVO												
REJILLAS												
LATONERIA												
PINTURA												
SOPORTES Y BASE												
VIBRACIONES Y RUIDO												
CONTROL REMOTO												
TARJETA												
FREENTERA												
PUSH BOTON / SWITCH												

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO MANEJADORA DESPUES DEL MANTENIMIENTO


REFERENCIA	LECTURA
TEMP. SUMINISTRO	11 - 14
TEMP. RETORNO	21 - 24
TEMP. AMBIENTE	21 - 24
TEMP. EXTERIOR	26 - 33

MOTOR	LECTURA
VOLTAJE	
AMPERAJE	
CAPACIDAD	

FECHA DESMONTE _____

* (B) Bueno *(R) Regular *(PC) Para Cambio *(F) Faltante

Figura A.1. Orden de Servicio Manejadora equipo tipo split



SERVIPARAMO
NIT. 890.116.102-1

EQUIPO SPLIT	MINI-SPLIT	MULTI-SPLIT	PAQUETE
--------------	------------	-------------	---------

PAGINA 2
ORDEN SERVICIO No.

ZONA: _____ NIT / C.C.: _____ CONVENIO No.: _____ MARCA: _____
 NOMBRE: _____ DIRECCION: _____ EQUIPO: _____ DE _____ MODELO: _____
 FECHA: _____ CONVENIO: _____ VENCIMIENTO: _____ SERIE: _____
 HDRA DE LLEGADA: _____ HORA DE SALIDA: _____ SECCION: _____

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO CONDENSADORA ANTES DEL MANTENIMIENTO

CONDENSADOR

REF.	LEET.
26 - 33	
TEMP. ENTRADA	
36 - 45	
TEMP. DESCARGA	

COMP. HERMETICO
SEMI HERMETICO

PARAMETROS	COM 1	COM 2	MOTOR 1	MOTOR 2	MOTOR 3	MOTOR 4
HP						
AMP						
PH						
MARCA						
MODELO						
VOLTAJE						

ITEM	INSPECCION				ACTIVIDADES REALIZADAS							
	B	R	PC	F	DES/TE	LIMPIEZA	AJUSTE	ALICION	LUB/CION	ANT/VO	MEDIDAS	CANTIDAD
BORNERA COMPRESOR												
CARCASA COMPRESOR												
VALVULAS SUCCION												
VALVULA DE LIQUIDO												
VALVULA DE BUSANILLO												
NIVEL ACEITE												
AISLAMIENTO TUBERIA												
SOPORTES												
FILTRO SECADOR												
HELICES												
LATONERIA												
PINTURA												
SERPENTIN CONDENSADOR												
VIBRACIONES Y RUIDOS												
RESISTENCIA COMPRESOR												
ACOMETIDAS												
CONTACTORES												
TEMPORIZADOR												
TORNILLERIA												
TERMINALES												
CONTROL ALTA												
CONTROL BAJA												
RELAY TERMICO												
RELAY POTENCIAL												
CONTROL DE ACEITE												
CARCASA MOTOR												
CABLEADO												
BORNES MOTOR												
POLEAS												
CHUMACERAS												
CORREAS												
LUB. EJES, BUJES Y CRUM.												
MONITOR FASE												
SUPER ARRANCADOR												

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO COMPRESOR DESPUES DEL MANTENIMIENTO

CONDENSADOR

REF.	LEET.
26 - 33	
TEMP. ENTRADA	
36 - 45	
TEMP. DESCARGA	

AMP	COM 1	COM 2	MOTOR 1	MOTOR 2	MOTOR 3	MOTOR 4

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES:


NOMBRE DEL TECNICO _____

FIRMA DEL SUPERVISOR _____

FIRMA DEL CLIENTE _____

* (B) Bueno *(R) Regular *(PC) Para Cambio *(F) Fallente Pg. 17 TADPOPEL Systems Ltda. W. 122247064 / 152 211 711 / Serviparamo, Ltd.

Figura A.2. Orden de Servicio Condensadora equipo tipo split



SERVIPARAMO
MT. 890.116.102-1

EQUIPO VENTANA

ORDEN SERVICIO No.

ZONA: _____

NOMBRE: _____ NIT / C.C.: _____ CONVENIO No.: _____ MARCA: _____

DIRECCIÓN: _____ VENCIMIENTO: _____ DE _____ MODELO: _____

FECHA: _____ CONVENIO: _____ SECCIÓN: _____ SERIE: _____

HORA DE LLEGADA: _____ HORA DE SALIDA: _____

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO ANTES DEL MANTENIMIENTO

	REFERENCIA		LECTURA	COMP.		LECTURA		DATO PLACA
	10 - 14	21 - 24						
TEMP. SUMINISTRO	10 - 14			C	VOLTAJE			
TEMP. AMBIENTE	21 - 24			C	AMPERAJE			
TEMP. EXTERIOR	26 - 33			C	MOTOR			
TEMP. RETORNO	21 - 24			C	VOLTAJE			
TEMP. ENTRADA CONDENSADOR	26 - 33			C	AMPERAJE			

COMP. ROTATIVO

RECIPROCO

MARCA

AUTORIZO REALIZAR EL MANTENIMIENTO

FIRMA DEL CLIENTE

ITEM	INSPECCION				ACTIVIDADES REALIZADAS							
	B	R	PC	F	DES/TE	LIMPIEZA	AJUSTE	ALICION	LUB/CION	ANTI/VO	MEDIDAS	CANTIDAD
BLOWER												
CABLEADO INTERNO												
LUB. EJES, BUJES												
SERPENTIN EVAPORADOR												
CAPACITOR												
BREAKER												
BANDEJA CONDENSADO												
TORNILLERIA												
SERPENTIN CONDENSADOR												
DRENAJE												
FILTRO POLVO												
LATONERIA												
PINTURA												
SOPORTES COMPRESOR												
VIBRACIONES Y RUIDO												
CONTROL REMOTO												
TARJETA												
BORNERA COMPRESOR												
SOPORTES MOTOR												
HELICES												
ACOMETIDA ELECTRICA												
TORNILLERIA												
TERMINALES												
CARCASA												
BORNES MOTOR												
CARETA												

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DEL MANTENIMIENTO

	REFERENCIA		LECTURA	COMP.		LECTURA		DATO PLACA
	10 - 14	21 - 24						
TEMP. SUMINISTRO	10 - 14			C				
TEMP. AMBIENTE	21 - 24			C	VOLTAJE			
TEMP. EXTERIOR	26 - 33			C	AMPERAJE			
TEMP. RETORNO	21 - 24			C				
TEMP. ENTRADA CONDENSADOR	26 - 33			C				

FECHA DESMONTE: _____

MOTOR

VOLTAJE

AMPERAJE

CAPACITOR

MARCA

OBSERVACIONES: _____

NOMBRE DEL TECNICO

FIRMA DEL SUPERVISOR

FIRMA DEL CLIENTE

* (B) Bueno * (R) Regular * (PC) Para Cambio * (F) Faltante

Imp. por TAYORAL, Terminal L30, Tel: 8536294 - Fax: 8536294 - Bogotá, Col.

Figura A.3. Orden de Servicio equipo tipo aire de ventana

Ordenes de servicio Mantenimiento Correctivo

				FORMATO DE REPORTE DE DAÑOS del proceso Ejecución de mantenimientos			Versión: 02	
							Fecha Vigencia: Nov. 9 de 2004	
							Pag: 1 de 1	
Fecha:	DD	MM	AA	Hora de llegada		Hora de salida		
CLIENTE:								
Sección:			EQUIPO No.			TR		
NOVEDAD REPORTADA								
EVENTO REPORTADO:								
CAUSAS								
ACCIONES A SEGUIR								
DESCRIPCION:								
ITEM	MATERIAL	UNID.	CANT.	MARCA	REF.	OBSERVACIONES		
PARAMETROS DE OPERACION								
TEMP. SUMINISTRO		TEMP. EXTERNA		PRESION ALTA		TEMP. FLUIDO		
TEMP. RETORNO		PRESION BAJA		TEMP. SUCCION		CORRIENTE COMPRESOR		
_____			_____			_____		
FIRMA TECNICO			FIRMA DEL SUPERVISOR			FIRMA CLIENTE		

Figura A.4. Orden de Servicio Mantenimiento Correctivo

APENDICE D

Inventario Requerido

Inventario requerido para stock mínimo drummond mina				
Ítem	Descripción	Referencia	Unid	Can
1	Aceite capela	Wf 68	Gln	2
2	Adaptador macho pvc	3/4"	Unid	10
3	Adaptador hembra pvc	3/4"	Unid	10
4	Arana para motor blower	Tres patas	Unid	3
5	Balinera	6201zz	Unid	30
6	Base de caucho para condensadora		Unid	10
7	Bóxer	Cd. -134-2720	Gln	5
8	Buje roscado pvc	1/2 xx 1/4	Unid	10
9	Buje soldado pvc	1-1/2 x 3/4	Unid	10
10	Butano		Unid	4
11	Cable dúplex	2x12	Mts	10
12	Cable eléctrico	# 6	Mts	20
13	Cable eléctrico	# 8	Unid	20
14	Cable eléctrico	# 10	Mts	20
15	Cable eléctrico	# 12	Mts	20
16	Cable eléctrico	# 18	Mts	20
17	Cable encauchetado	3x14	Mts	20
18	Capacitor de arranque	270 - 324 mfd 220v	Unid	4
19	Capacitor de marcha	5 mfd 370 Vol.	Unid	5
20	Capacitor de marcha	7,5 mfd 370 Vol.	Unid	5
21	Capacitor de marcha	10 mfd 370 Vol.	Unid	5
22	Capacitor de marcha	15 mfd 370 Vol.	Unid	5
23	Capacitor de marcha	25mfd 370 Vol.	Unid	5
24	Capacitor de marcha	30 mfd 370 Vol.	Unid	5
25	Capacitor de marcha	35 mfd 370 Vol.	Unid	5
26	Capacitor de marcha	40 mfd 370 Vol.	Unid	5
27	Capacitor de marcha	45 mfd 370 Vol.	Unid	5
28	Capacitor de marcha	50 mfd 370 Vol.	Unid	5
29	Capacitor de marcha	55mfd 370vol	Unid	5
30	Chumacera SKF	1 pg	Unid	4
31	Cinta aislante alta temperatura	Scotch	Rll	5
32	Cinta foil de aluminio	3" x 40"	Rll	6
33	Cinta teflón	12,5mm	Rll	10
34	Codo de cobre	1/2" x 90	Unid	10
35	Codo de cobre	3/8" x 90	Unid	10
36	Codo de cobre	7/8" x 90	Unid	10
37	Codo de cobre	5/8" x 90	Unid	10
38	Codo de cobre	1/2" x 45	Unid	5
39	Codo de cobre	3/8" x 45	Unid	5
40	Codo de cobre	7/8" x 45	Unid	5

Ítem	Descripción	Referencia	Unid	Can
41	Codo de cobre	5/8" x 45	Unid	5
42	Codo de pvc 1/2"	1/2" x 90	Unid	10
43	Codo de pvc 3/4"	3/4" x 90	Unid	10
44	Compresor scroll	60.000 btu 220v 3ph	Unid	1
45	Compresor scroll	60.000 btu 220v 1ph	Unid	1
46	Compresor reciprocante	60.000 btu 440v 3ph	Unid	1
47	Compresor reciprocante	48.000 btu 440v 3ph	Unid	1
48	Compresor reciprocante	36.000 btu 220vol 1ph	Unid	2
49	Compresor scroll	36.000 btu 440vol 3ph	Unid	1
50	Compresor reciprocante	48.000 btu 220v 3ph	Unid	1
51	Compresor rotativo	12.000 btu 220v 3ph	Unid	1
52	Compresor rotativo	18.000 btu 220vol 3ph	Unid	1
53	Compresor rotativo	24.000 btu 220v 3ph	Unid	1
54	Contactador	3px30 amp 220 Vol.	Unid	1
55	Contactador	3px40 amp 220vol	Unid	1
56	Contactador	3px60 amp. 220vol	Unid	1
57	Contactador	3px75 amp 220vol	Unid	1
58	Contactador	3px30 amp 24vol	Unid	1
59	Contactador	3px40 amp 24vol	Unid	1
60	Contactador	3px50 amp. 24vol	Unid	1
61	Contactador	3px75 amp 24vol	Unid	1
62	Contactador	2px40 amp 24vol	Unid	1
63	Contactador	2px30 amp 24vol	Unid	1
64	Contactador	2px30 amp. 220vol	Unid	1
65	Control de alta	Wastco quality	Unid	3
66	Control de baja presión	25psi	Unid	3
67	Control de temperatura	Danfoss UT/2	Unid	2
68	Correa	Tipo b-51	Unid	2
69	Correa	Tipo b-48	Unid	2
70	Correa	Tipo b-45	Unid	2
71	Correa	Tipo a-39	Unid	2
72	Fan relay	24 Vol.	Unid	2
73	Filtro de succión	7/8"	Unid	1
74	Filtro de succión	1-1/8"	Unid	1
75	Filtro de succión	7/8"	Unid	1
76	Filtro secador línea de liquido	Ek-164 1/2" 5tr	Unid	1
77	Filtro secador línea de liquido	Ek-163 1/2" 3tr	Unid	1
78	Filtro secador línea de liquido	Ek-304 1/2" 7.5tr	Unid	1
79	Filtro secador línea de liquido	Ek-305 5/8" 7.5 tr	Unid	1
80	Filtro secador línea de liquido	Ek-165 5/8" 5 tr	Unid	1
81	Indicador de liquido	1/2"	Unid	1
82	Indicador de liquido	7/8"	Unid	1
83	Indicador de liquido y humedad roscado	5/8"	Unid	1

Ítem	Descripción	Referencia	Unid	Can
84	Jumbolón negro	Densidad 10 mm	Mts	20
85	Lamina de fibra de vidrio	96"x48"x1"	Unid	2
86	Lamina de icopor con foil	Cd.-127-2488	Unid	2
87	Manguera rubatex	3/4"	Unid	5
88	Manguera rubatex	1-1/8"	Unid	5
89	Manguera rubatex	1-3/8"	Unid	5
90	Manguera rubatex	5/8 x 1/2"	Unid	5
91	Manguera rubatex	7/8" x 1/2"	Unid	5
92	Motor p/blower	1/2 hp 1075 rpm 220vol	Unid	1
93	Motor p/blower	3/4 hp 1075 rpm 1ph 220v	Unid	1
94	Motor p/condensador	1/4 hp 1075 rpm 1ph 220 Vol.	Unid	1
95	Motor p/condensador	3/4 hp 1075 rpm 1ph 220 Vol.	Unid	2
96	Motor p/condensador	1/3 hp 1075 rpm 1ph 220 Vol.	Unid	1
97	Motor p/condensador	1/2 hp 1075 rpm 1ph 440v	Unid	1
98	Motor p/condensador	1/2 hp 1075 rpm 220vol	Unid	1
99	Motor p/condensador	1/4 hp 1075 rpm 1ph 440v		
100	Motor para cuarto frío (evaporador)	1/20 hp 220 Vol.	Unid	1
101	Motor para cuarto frío (condensador)	1/6 hp 1550 rpm 220 Vol.	Unid	1
102	Motor siemens	2.hp 1200rpm trifásico	Unid	2
103	Peine para lavado de serpentines	Plástico	Unid	5
104	Perno expansivo	1/4 x 2 1/4	Unid	20
105	Perno expansivo	1/2 x 3	Unid	100
106	Piedra para filtro	Z48	Unid	3
107	Pintura anticorrosiva	Gris	Gln	1
108	Polea de aluminio	Tipo b*4 " x1/2"	Unid	2
109	Reducción de cobre	1/2 x 5/8	Unid	1
110	Reducción de cobre	7/8 x 1/2	Unid	1
111	Reducción de cobre	5/8 x 3/4	Unid	1
112	Reducción pvc	3/4" x 1/2"	Unid	10
113	Reducción pvc	1" x 3/4"	Unid	10
114	Refrigerante freón	No.12	Cilindro	1
115	Refrigerante freón	No. 22 x 30 lbs.	Cilindro	6
116	Refrigerante freón	R 134a x 30 lbs	Cilindro	1
117	Refrigerante freón	R 407c x 30 lbs	Cilindro	1
118	Refrigerante freón	R404	Cilindro	1
119	Refrigerante freón	R502	Cilindro	1
120	Relay potencial	2-5 a 220	Unid	5
121	Soldadura pvc	#1/4	Unid	2
122	Súper arrancador	Qsp-5	Unid	2
123	Switch de codillo	Para los cuartos fríos	Unid	2

Ítem	Descripción	Referencia	Unid	Can
124	Tee de cobre	1/2"	Unid	5
125	Tee de cobre	3/8"	Unid	5
126	Tee de cobre	7/8"	Unid	5
127	Tee de cobre	5/8"	Unid	5
128	Tee pvc	1 pg	Unid	10
129	Tee pvc	3/4 pg	Unid	10
130	Tee pvc	1/2"	Unid	10
131	Temporizador electrónico		Unid	5
132	Terminal de cobre	P/cable 8	Unid	20
133	Terminal de cobre	P/cable 4	Unid	20
134	Terminal de cobre	P/cable 8	Unid	20
135	Terminal ojo		Unid	10
136	Terminal vaco		Unid	10
137	Termómetro bulbo carátula de 3 pg	Para cuartos fríos	Unid	1
138	Termostato digital programable 1 etapa		Unid	1
139	Tornillo autoperforante	#10 x 3/4	Unid	100
140	Tornillo cabeza hexagonal	1/2 x 2 pg	Unid	100
141	Tornillo cabeza hexagonal	3/8 x3/4	Unid	100
142	Tornillo cabeza hexagonal	Varias	Unid	100
143	Tornillo cabeza hexagonal	Varias	Unid	100
144	Tornillo goloso	Varias	Unid	100
145	Tornillo goloso	Varias	Unid	100
146	Tornillo goloso	Varias	Unid	100
147	Transformador 40 va		Unid	5
148	Tubería de cobre	1/2"	Mts	10
149	Tubería de cobre	3/8"	Mts	10
150	Tubería de cobre	7/8"	Mts	10
151	Tubería de cobre	5/8"	Mts	10
152	Tubería pvc presión	1 pg	Mts	10
153	Tubería pvc presión	1/2 pg	Mts	10
154	Tubería pvc presión	3/4 pg	Mts	10
155	Tuerca fler	1/4 pg	Unid	20
156	Tuerca fler	3/8 pg	Unid	20
157	Tuerca fler	1/2 pg	Unid	20
158	Unión de cobre	1/2"	Unid	5
159	Unión de cobre	3/8"	Unid	5
160	Unión de cobre	7/8"	Unid	5
161	Unión de cobre	5/8"	Unid	5
162	Válvula de expansión	8 t.r	Unid	1
163	Válvula de expansión	10 t.r	Unid	1
164	Válvula de expansión	5 t.r	Unid	1
165	Válvula solenoide con bobina alco	5/8	Unid	1

TABLA F.1. LISTADO DE REPUESTOS NECESARIOS EN LA MINA

APENDICE E

- **Herramientas para reparaciones**

Técnico de reparaciones
Boquilla para butano
Chisperos
Cortatubo
Destornillador de copa 5/16
Destornillador de copa 1/4
Juego destornilladores
Hombre solo
Juego de llaves mixtas 3/8 hasta 1 1/8
Juegos de llaves allen
Juego manómetros refrigeración
Pinza voltiamperimétrica digital
Extensiones eléctricas 20 m
Rachet refrigeración
Termómetro digital de bolsillo
Juego de dados de 1/4 hasta 1 1/8
Linterna de mano pequeñas
Llave expansión 12
Llave expansión 10
Caja de herramientas
Juego de expander
Flexometro de 5 metros
Pinza alicate
Corta frío
Prensa fleer de 1/4" a 3/4"
Martillo de bola
Supervisores de reparaciones
Bomba de aceite
Extractor de poleas 3 patas
Extractor de poleas 2 patas
Portalámparas
Bomba para hacer vacío
Vernier (pie de rey)
Taladro percutor
Juego de copa sierra de 1/2" a 1"
Escalera de 6 peldaños
Escalera de 8 peldaños
Escalera doble de 10 mts
Equipo de soldadura oxiacetileno
Termohidrometro portátil
Ponchadora de terminales eléctricos
Termómetro láser
Llave tubo 24"
Data logger graficador amp-volt-Temp.-hum
Termómetro digital de contacto

TABLA B. 1. Herramientas para reparación

- **Herramientas para mantenimiento**

Técnico de mantenimiento
Destornillador de copa 5/16
Destornillador de copa 1/4
Juego destornilladores
Hombre solo
Juegos de llaves allen
Juego de llaves mixtas 3/8 hasta 1 1/8
Motobombas de 1/2 hp 110 v
Pico para manguera
Termómetro digital de bolsillo
Peine para serpentines
Llave expansión 10
Manguera para jardín 30 mts
Engrasadora
Flexometro de 5 metros
Pinza alicate
Extensiones eléctricas 20 m
Caja de herramientas
Supervisores de mantenimiento
Juego manómetros refrigeración
Pinza voltiamperimétrica digital
Portalámparas
Taladro percutor
Escalera de 6 peldaños
Escalera de 8 peldaños
Hidrolavadora
Escalera doble de 10 mts
Herramientas latonería y pintura
Maquina soldadura eléctrica
Compresor para pintura
Pulidora
Remachadora
Martillo de bola
Tijera de vuelta derecha
Tijera de vuelta izquierda
Tijera de corte recto de 14"

TABLA B. 2.Herramientas para mantenimiento

- **Herramientas para proyectos**

Técnicos de proyectos
Prensa fleer de 1/4" a 3/4
Chisperos
Cortatubo
Destornillador de copa 5/16
Destornillador de copa 1/4
Juego destornilladores
Hombre solo
Juego de llaves mixtas 3/8 hasta 1 1/8
Juegos de llaves allen
Juego manómetros refrigeración
Pinza voltiamperimetrica digital
Extensiones eléctricas 20 m
Rachet refrigeración
Termómetro digital de bolsillo
Llave expansión 12
Llave expansión 10
Caja de herramientas
Juego de expander
Flexometro de 5 metros
Segueta
Nivel
Juego de doblatubo de resorte
Pinza alicate
Corta frío
Equipo de soldadura oxiacetileno
Martillo de bola
Supervisores de proyectos
Boquilla para butano
Portalámparas
Bomba para hacer vacío
Taladro percutor 1/2
Juego de copa sierra de 1/2" a 1"
Escalera de 6 peldaños
Escalera de 8 peldaños
Escalera doble de 10 mts.
Termohidrometro portátil
Ponchadora de terminales eléctricos
Termómetro láser
Llave tubo 24"
Llave de tubo de 14"
Termómetro digital de contacto
Juego de dados de 1/4 hasta 1 1/8

TABLA B. 3. Herramientas para proyectos