

**ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO DEL PISO DE CARGA
DEL EDIFICIO DE FUNDICIÓN DE CERRO MATOSO S.A.**



CARMEN JULIA MACHADO CARREÑO

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA, CÓRDOBA
2015**

**ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO DEL PISO DE CARGA DEL
EDIFICIO DE FUNDICIÓN DE CERRO MATOSO S.A.**

CARMEN JULIA MACHADO CARREÑO

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de trabajo de investigación y
extensión, como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Mecánico.**

Director (s):

DEMÓSTENES JOSÉ DURANGO ÁLVAREZ, M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA, CÓRDOBA**

2015

**La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del
proyecto, serán responsabilidad de los autores.**

Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida en el que me encuentro, por guiarme en todo momento y nunca dejarme desfallecer en el camino.

A mi padre Máximo Machado, que aunque no se encuentre conmigo físicamente sé que espiritualmente está, por ser la persona que me enseñó que con esfuerzo y dedicación se pueden conseguir muchas cosas en la vida. A mi madre Silvia Carreño por todo el amor y sacrificios que ha hecho por ayudarme a salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por guiarme durante todo este camino. A las personas que integran el programa de Ingeniería Mecánica por su colaboración, enseñanzas y apoyo que en algún momento de mi vida me brindaron.

Al ingeniero Demóstenes Durango, por ser mi guía durante el desarrollo de este trabajo, por ser una persona que siempre se mostró dispuesta a colabórame en todo lo que necesitara.

Al ingeniero German Guerra por invitarme a participar en el proyecto del Sistema Centralizado de Vacío durante el tiempo que fue el líder de este y a su sucesor, el ingeniero Richard Sarmiento quienes me brindaron su ayuda en todo momento.

Al ingeniero Luis Carlos Bonilla y a todo el equipo de Mantenimiento Planta por la colaboración brindada durante los meses que trabaje con ellos.

A mi amiga Marcela Banda por todos los años de amistad, por sus consejos y por ser la persona que permitió el inicio de todo esto.

Gracias a toda mi familia y amigos, que son las personas que me hacen esforzarme día a día por ser una persona íntegra.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUCCIÓN	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA	20
3.1. MANTENIMIENTO.....	21
3.2. SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO	24
4. MATERIALES Y MÉTODOS	28
4.1. SITUACIÓN PROBLEMA.....	29
4.2. PROYECTO SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO	31
4.3. PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO	32
4.4. ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO	32
4.5. ENTREGA DE INFORME.....	34

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS	36
5.1.1. Paquete de vacío del soplador	36
5.1.2. Sistema de válvulas de control	39
5.1.3. Sistema de redes de tuberías	40
5.1.4. Sistema de filtración.....	41
5.1.5. Sistema Transportador	41
5.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO (CVC)	43
5.3. TABLA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	45
5.4. TABLA DE RCM PARA EL SOPLADOR DE LÓBULOS	46
5.5. TABLA DE RCM PARA EL MOTOR DEL SOPLADOR DE LÓBULOS	52
5.6. TABLA DE RCM PARA EL TORNILLO SIN FIN	57
5.7. PLANES ENTREGADOS EN CMSA.....	57
6. CONCLUSIONES.....	63
7. BIBLIOGRAFÍA.....	65

8. ANEXOS	69
ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CVC.....	70
ANEXO 2. DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN	71
ANEXO 3. PAQUETE DE VACÍO	72
ANEXO 4. FICHA TÉCNICA DEL MOTOR DEL SOPLADOR DE LÓBULOS.....	73
ANEXO 5. RED DE TUBERÍA EN EL PISO DE CARGA LÍNEA 1.....	74
ANEXO 6. RED DE TUBERÍA EN EL PISO DE CARGA LÍNEA 2.....	75
ANEXO 7. PLANO DEL SISTEMA TRANSPORTADOR.....	76
ANEXO 8. PLANO DEL SOPLADOR DE LÓBULOS.....	77
ANEXO 9. PLANTILLA PARA PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PLANTA	79
ANEXO 10. ACTA DE REUNIÓN DE SOCIALIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO.....	81

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Variables que influyen en el mantenimiento	21
Figura 2. Tina de baño	23
Figura 3. Patrones de diferentes tipos de falla	24
Figura 4. Componentes del CVC	26
Figura 5. Isométrico del sistema centralizado de vacío	27
Figura 6. Ubicación del CVC en la CMSA.....	29
Figura 7. Ambiente piso de carga	30
Figura 8. Material acumulado en distintas superficies del piso de carga.....	30
Figura 9. Trabajador limpiando el piso de carga con aire comprimido	31
Figura 10. Soplador de lóbulos.	37
Figura 11. Motor del soplador de lóbulos	39
Figura 12. Representación gráfica de la manguera utilizada en el CVC	40
Figura 13. Sistema de filtración	41
Figura 14. Sistema transportador	42
Figura 15. Representación gráfica de la descarga de la tolva y tornillo sin fin	44
Figura 16. Válvula ZP-621.....	45
Figura 17. Perfil de las poleas del sistema de transmisión de potencia.	47
Figura 18. Medidas de la correa del sistema de transmisión de potencia	48
Figura 19. Junta expansiva.....	48
Figura 20. Rodamiento NU320C3	52
Figura 21. Rodamiento 6316C3	53
Figura 22. Plan 12S RUT Lubricación del FA376.....	60
Figura 23. 12S RUT Lubricación del motor del FA376	61

Figura 24. 24S RUT Inspección mecánica del ventilador FA376 y tornillo sin fin BM154	62
Figura 25: Diagrama de flujo del CVC.....	70
Figura 26: P&ID del CVC	71
Figura 27: Paquete de vacío del soplador	72
Figura 28: Ficha técnica del motor	73
Figura 29: Red de tubería en Línea 1.....	74
Figura 30: Red de tubería en Línea 2.....	75
Figura 31: Plano del tornillo sin fin.....	76
Figura 32: Listado de partes del soplador de lóbulos	77
Figura 33: Plano del soplador de lóbulos.....	78
Figura 34: Plantilla para procedimientos de mantenimiento planta (Página 1).....	79
Figura 35: Plantilla para procedimientos de mantenimiento planta (Página 2).....	80
Figura 36: Acta de reunión de socialización.....	81

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Datos de operación del CVC.....	25
Tabla 2. Partes del paquete de vacío	36
Tabla 3. Condiciones de operación del soplador de lóbulos	37
Tabla 4. Condiciones ambientales para el funcionamiento del soplador de lóbulos.....	38
Tabla 5. Datos técnicos del motor	38
Tabla 6. Longitud de la red de tubería	40
Tabla 7. Características del sistema transportador del CVC.....	42
Tabla 8. Cuadro para la metodología RCM	45
Tabla 9. Medidas de las poleas del motor y soplador de lóbulos.....	47
Tabla 10. Cuadro RCM para el soplador de lóbulos	49
Tabla 11. Cantidad de lubricante para cada rodamiento	51
Tabla 12. Cantidad de reposición de lubricante para los rodamientos.....	53
Tabla 13. Cuadro RCM para el motor del soplador de lóbulos.....	54
Tabla 14. Equivalencias de los lubricantes	55
Tabla 15. Tiempo de lubricación para los rodamientos de bolas.....	56
Tabla 16. Tiempo de lubricación para los rodamientos de rodillos cilíndricos	56
Tabla 17. Cuadro de RCM para el tornillo sin fin.....	58

RESUMEN

La empresa Cerro Matoso S.A. dedicada a la producción de ferroníquel cuenta con una planta, donde se lleva a cabo el proceso de reducción del metal. En el último piso de esta planta se decide implementar un nuevo Sistema Centralizado de Vacío para sustituir el uso de aire comprimido como método de limpieza en el sitio.

Por lo anterior, fue necesario realizar una programación de mantenimiento preventivo para garantizar los tiempos de disponibilidad previstos para el sistema, para lo cual, se utilizó la metodología del mantenimiento centrando en la confiabilidad para determinar que tareas se deben llevar a cabo para que los equipos principales que conforman el sistema cumplan con sus funciones.

Contando con la información suministrada a través del líder del proyecto consistente en: manuales de los equipos suministrados por los fabricantes, planos del sistema, información de materiales y con la experiencia de los trabajadores del área de Mantenimiento Planta, se obtuvo la información necesaria para el desarrollo de los planes de mantenimiento entregados.

Palabras Clave: Mantenimiento preventivo, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, Sistema Centralizado de Vacío.

ABSTRACT

The enterprise Cerro Matoso SA dedicated to the production of ferronickel has a plant where it performs the process of reducing the metal. On the top floor of this plant, it was decided to implement a new Central Vacuum Cleaning to replace the use of compressed air as a way of cleaning this place.

Therefore, it was necessary to develop a preventive maintenance program to ensure availability times scheduled for the Central Vacuum Cleaning, for which, the methodology of Reliability Centred Maintenance was used to determine which tasks should be carried out for the main equipment that make the system fulfill their functions.

Counting on the information provided by the project leader: equipment manuals supplied by the manufacturers , blueprints of Central Vacuum Cleaning , information materials; and the experience of workers in the area of Plant Maintenance, it was obtained the information necessary for the development of maintenance plans delivered was obtained.

Key words: Preventive maintenance, Reliability Centred Maintenance, Central Vacuum Cleaning.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa Cerro Matoso S.A. (CMSA) ubicada en el municipio de Montelíbano, perteneciente al departamento de Córdoba, se dedica a la producción de ferroníquel (aleación de hierro y níquel) a través de un proceso piro metalúrgico.

El proceso se hace de la siguiente forma: extracción de material, transporte vehicular, trituración, transporte por bandas, secado, calcinación, fundición, refinación, empaque y despacho. Entre la etapa de calcinación y fundición, el material se almacena en tolvas que alimentan el horno, pero, durante el proceso de descarga de la calcina a las tolvas se produce un escape de material particulado al ambiente, el cual luego se precipita y se forman acumulación en el suelo. La recolección de este, se realiza actualmente con ayuda de aire comprimido, lo que produce partículas en suspensión en el ambiente, aumentando el riesgo para los trabajadores. Por tal motivo, en el año fiscal FY13¹ se incluyó el proyecto del Sistema Centralizado de Vacío (CVC²) para realizar la recolección de dicho material. El CVC es un sistema que cuenta con un: paquete de vacío del soplador, sistema de válvulas de control, sistema de red de tuberías, sistema de filtración y sistema transportador.

Al ser el CVC nuevo en la empresa, es necesario que cuente con planes de mantenimiento para los sistemas principales.

Durante la elaboración de los planes de mantenimiento se analizó la información siguiendo la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM³ por sus siglas en inglés), se tuvieron en cuenta las sugerencias del personal de mantenimiento de los grupos mecánico y eléctrico de CMSA y se socializó con los supervisores de

¹ Siglas para Fiscal Year, en español, Año Fiscal

² Central Vacuum Cleaning

³ Reliability Centred Maintance

mantenimiento correspondientes a la unidad DRKEF⁴ con el fin de que conocieran cuales son los planes que se generaron para el mantenimiento del sistema y las rutas⁵.

Por lo anterior, el proyecto permitió tener un plan de mantenimiento que va a ayudar al personal encargado a desarrollar su labor, mantener los tiempos de disponibilidad definidos para el CVC, y a la persona que lo realizo, implementar un tipo de estrategia de mantenimiento a través del RCM.

⁴ Siglas para Dry Rotary Kiln Electric Fournal, en español, Secador Horno Rotatorio (Calcinador) Horno eléctrico (Horno de fundición)

⁵ Las rutas se refieren a los tiempos en que se deben realizar el mantenimiento

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el programa de mantenimiento preventivo para los principales equipos del sistema de vacío en el piso de carga del edificio de fundición en Cerro Matoso basándose en la metodología del RCM para mantener la disponibilidad establecida del sistema.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las variables conceptuales que influyen en la elaboración de los planes de mantenimiento para su correcta elaboración.
- Revisar los manuales de los equipos entregados por el fabricante.
- Realizar un análisis basado en las 7 preguntas del RCM para el soplador de lóbulos, motor del soplador y tornillo sin fin del sistema para garantizar una correcta operación del sistema de vacío.
- Redactar los procedimientos de mantenimiento mecánico y eléctrico de los equipos asignados de acuerdo al formato establecido por Cerro Matoso S. A. para su integración al sistema de la empresa.
- Organizar una socialización de los planes de mantenimiento preventivo del sistema centralizado de vacío con los supervisores de mantenimiento de la unidad de DRKEF y la comunidad académica de la Universidad de Córdoba.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1. MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede ser definido como un conjunto de actividades que se llevan a cabo para garantizar unas buenas condiciones de trabajo de un sistema o instalación. (Torres, 2005)

Para la realización de dichas actividades, es necesario, tener en cuenta un conjunto de variables que influyen en el comportamiento de los equipos o sistemas. En la Figura 1 se pueden apreciar dichas variables.

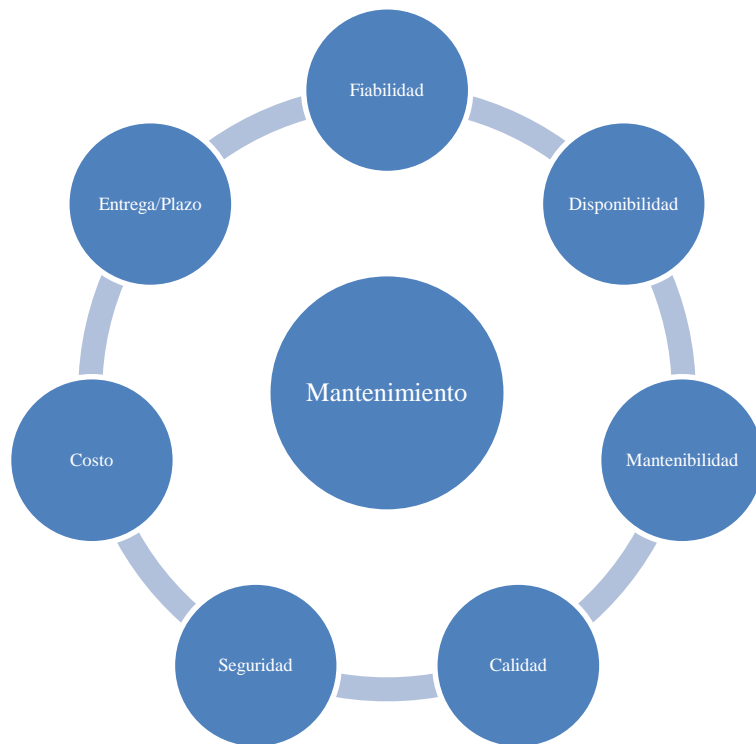


Figura 1. Variables que influyen en el mantenimiento

Tomada de: (Torres, 2005)

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centred Maintenance) es una metodología que permite la identificación de actividades que se deben realizar para el mantenimiento de los equipos. (Amendola, 2006)

El RCM está basado en 7 preguntas básicas las cuales se pueden encontrar en la norma SAE JA1011, son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

(Zylberberg, 2005, Pag. 1)

Por lo anterior, es necesario saber que una falla se puede definir como: “*El deterioro o desperfecto en las instalaciones, maquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento*” (Torres, 2005, Pag. 24)

Por lo tanto, de lo anterior se puede deducir que la presencia de una falla no corresponde únicamente a la avería total del equipo que se desea mantener, sino que el hecho de que este no cumpla con su función bajo los parámetros para los cuales fue diseñado, es un indicador de que hay una falla en el mismo. Hay que resaltar que las fallas no se refieren solo a lo relacionado con la producción del sistema, cuando el equipo se convierte en un potencial peligro para la seguridad o en un agente contaminante (no controlado), es necesario que se haga todo lo posible para solucionar estos inconvenientes. (Torres, 2005) Entonces falla es todo aquello que afecta a la producción, sino también que afecta al entorno en el que se está trabajando.

Las fallas pueden presentar distintos patrones, existe uno generalmente aceptado para describir fallas de operación, el cual es conocido como “tina de baño”, que se muestra en la Figura 2. (Alarcón, 2004)

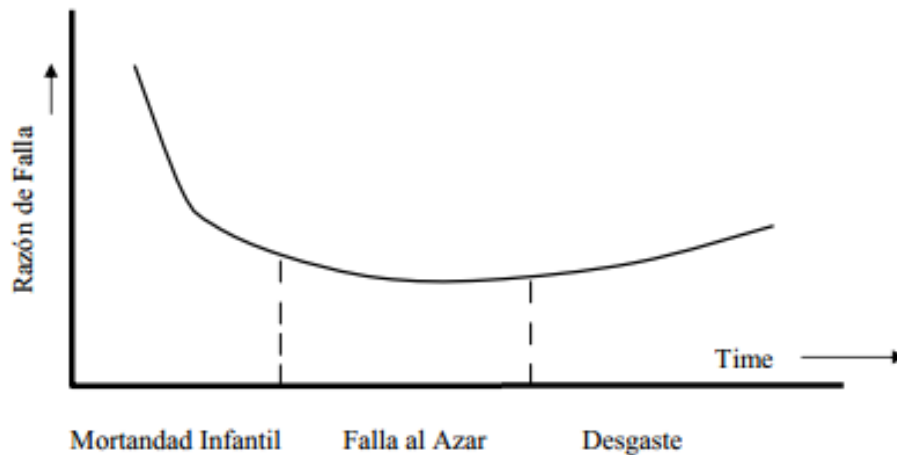


Figura 2. Tina de baño

Tomada de: (Alarcón, 2004)

En el podemos observar tres zonas:

- Mortalidad infantil: Fallas que se presentan en los inicio de funcionamiento del sistema, por razones tales como mal diseño del equipo, mala operación de este, entre otras.
- Fallas al azar: Aquellas que se presentan aleatoriamente en el equipo, por ejemplo, producto de un accidente.
- Desgaste: Son aquellas fallas que van aumentando a medida que pasa el tiempo por el deterioro de las piezas.

En la Figura 3 se pueden observar otros patrones de fallas (Alarcón, 2004):

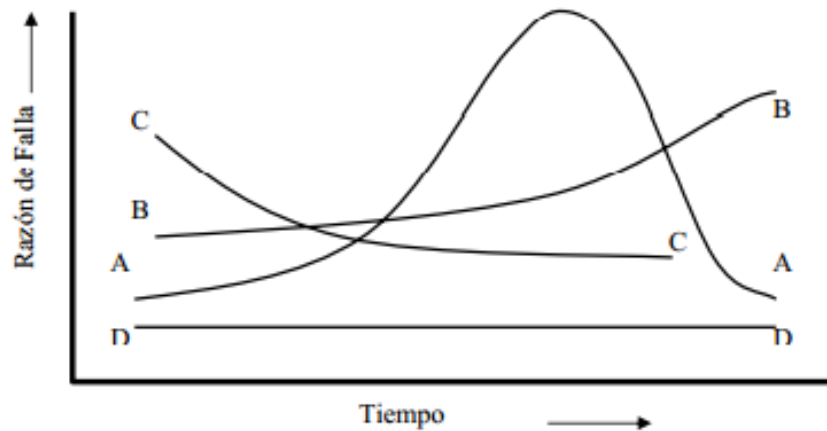


Figura 3. Patrones de diferentes tipos de falla

Tomada de: (Alarcón, 2004)

- **Patrón A:** Para elementos con falla por desgaste
- **Patrón B:** Para elementos en movimiento, relacionadas a un daño gradual con el paso del tiempo.
- **Patrón C:** Para elementos con mortalidad infantil, es decir, aquellos en los cuales la falla se presenta al inicio del funcionamiento
- **Patrón D:** Para elementos que solo ocasionalmente presentan fallas.

3.2. SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO

EL sistema centralizado de vacío (CVC) es un sistema de recolección de finos para el piso de carga en Línea 1 y Línea 2 diseñado para operar solo en una conexión de una de las líneas a la vez (INDISA S. A., 2014a). La Tabla 1 y la Figura 4 muestran los datos de operación del sistema y los componentes del CVC respectivamente.

Tabla 1. Datos de operación del CVC

Sistema centralizado de vacío (CVC)	
Capacidad	2 000 Kg/h
Presión máxima de succión	23 inHg
Tamaño de partícula	5 mm (máximo)
Tiempo de funcionamiento	4 horas continuas diarias

Tomada de: (INDISA S. A., 2014a)

El CVC, mostrado en la Figura 5, cuenta con 4 ramales de tuberías, dos para línea 1 y dos para línea 2, los cuales cuentan a lo largo de ellos con unas conexiones a las cuales se puede conectar una manguera flexible con la cual se pueden aspirar partículas hasta el tamaño de grano mencionado anteriormente, puesto que el diseño de la boquilla de succión no permitirá el paso de partículas de un mayor tamaño. El material recogido a través de la manguera pasara a través de las tuberías hasta un filtro de mangas, luego por medio de un tornillo descargador, la calcina llegara hasta un contenedor, donde el área pertinente evaluara la disposición final de este material. (INDISA S. A., 2014a)

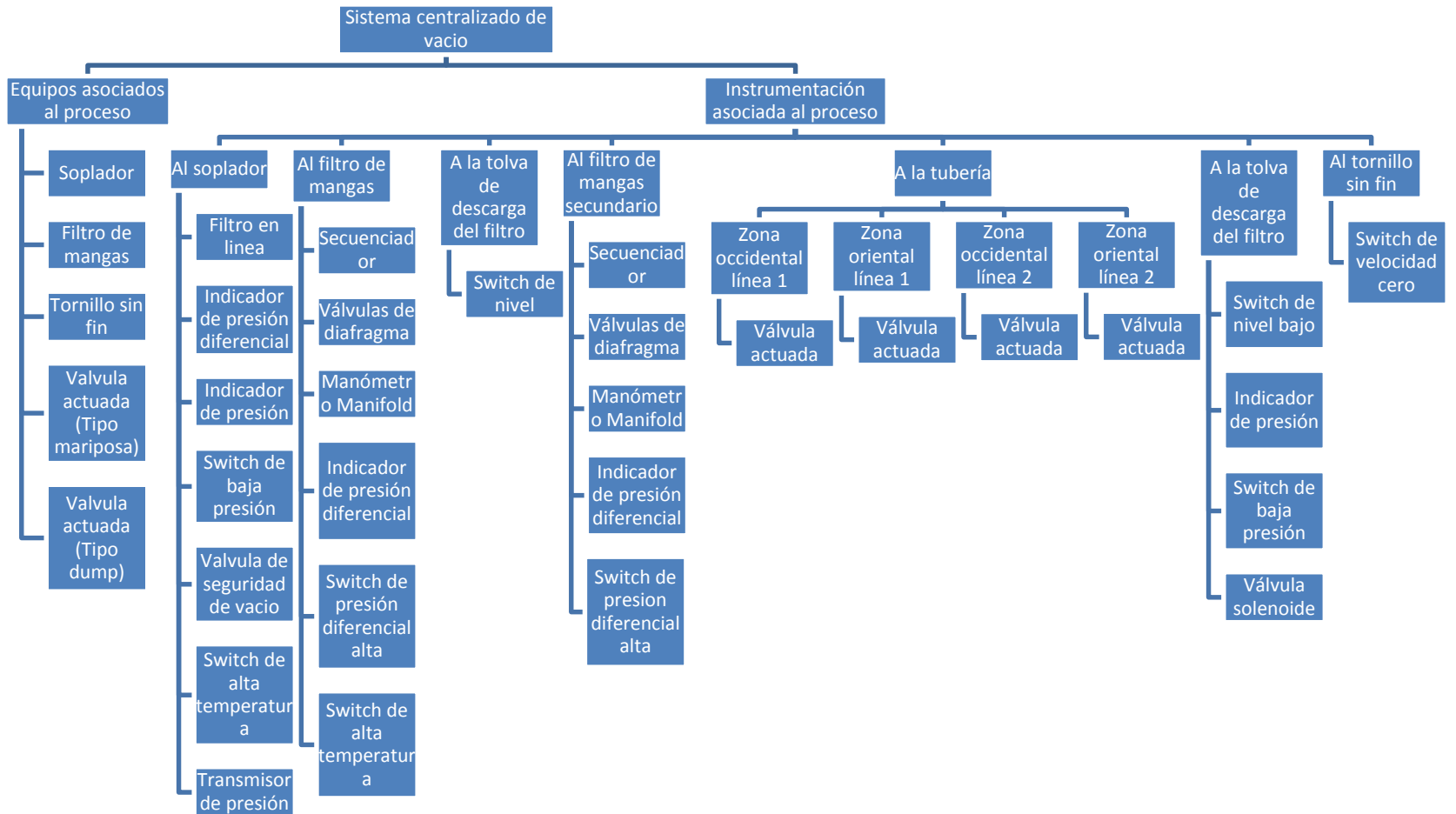


Figura 4. Componentes del CVC

Tomada de: Adaptada de (INDISA S. A., 2014a)

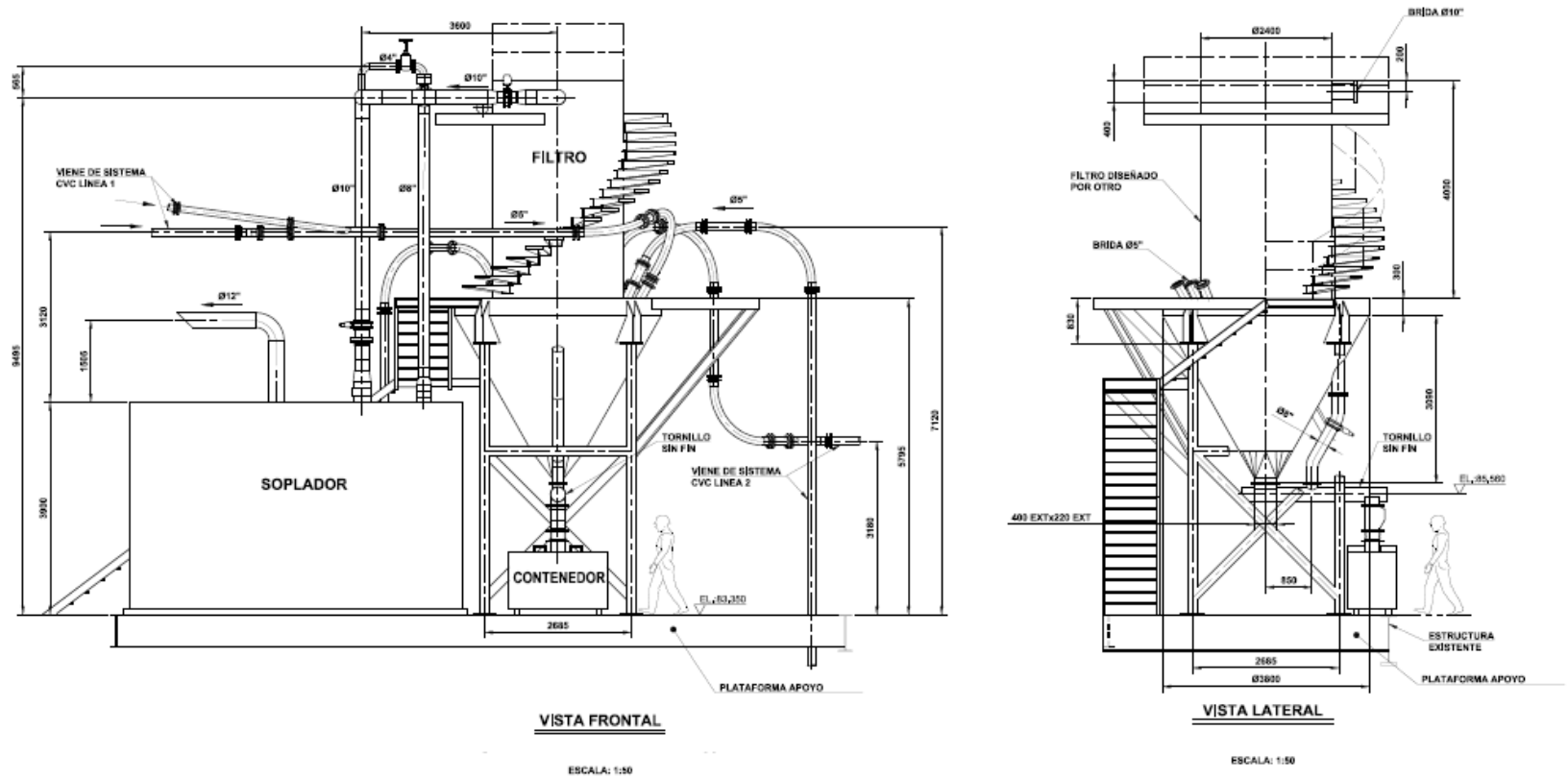


Figura 5. Isométrico del sistema centralizado de vacío

Tomada de: (INDISA S.A., 2013a)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. SITUACIÓN PROBLEMA

La empresa Cerro Matoso S. A. dentro de su proceso de producción de Ferro Níquel cuenta con el edificio de fundición, que es donde se encuentran los hornos eléctricos. Este edificio está compuesto por cuatro pisos: Piso de piqueras, piso hidráulico, techo y piso de carga; como se muestra en la Figura 6.

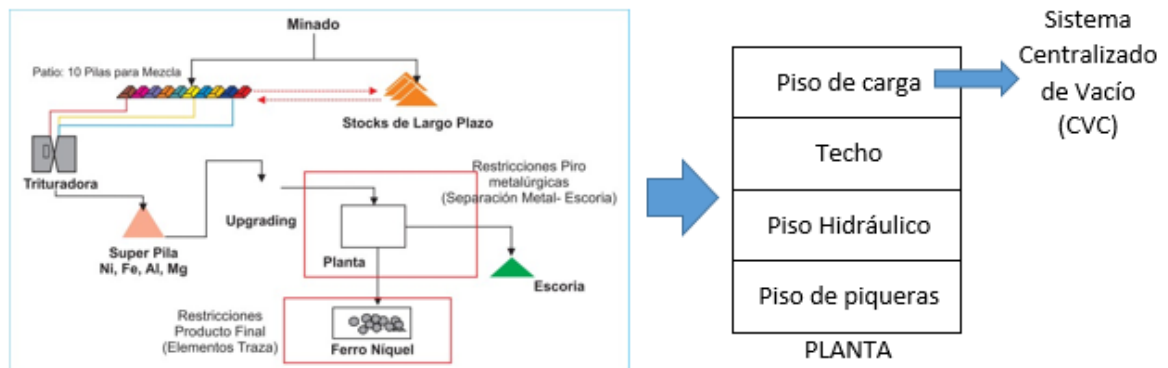


Figura 6. Ubicación del CVC en la CMSA

Tomada de: Adaptada de (UPME, 2009)

En el piso de carga, la grúa de transferencia de calcina es la encargada de transportar el material a los tubos de alimentación del horno, durante este proceso se producen escapes de calcina, que producen polución en el ambiente como se muestra en la Figura 7, y que luego al precipitarse, se acumula sobre cualquier superficie en el piso de carga. Como se puede observar en la Figura 8, el material al precipitarse cae sobre cualquier superficie: pisos, barandas y botones de accionamiento de los equipos.



Figura 7. Ambiente piso de carga

Tomada de: Elaboración propia, 2014



Figura 8. Material acumulado en distintas superficies del piso de carga

Tomada de: Registro fotográfico (Cerro Matoso S.A., 2012)

4.2. PROYECTO SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO

Para realizar la limpieza del piso de carga, un operador utiliza aire comprimido para la recolección del material como se puede ver en la Figura 9, pero de esta forma, aumenta la cantidad de material en el aire, y por lo tanto, aumenta también el riesgo de inhalarlo, provocando en un futuro que el operador sufra de cáncer.⁶



Figura 9. Trabajador limpiando el piso de carga con aire comprimido

Tomada de: (Guerra, 2012)

Por lo anterior, la empresa decide aprobar el proyecto del CVC, en busca de minimizar los riesgos de exposición de los trabajadores de este material al momento de realizar la recolección de la calcina.

⁶ El operador cuenta con protección respiratoria para realizar esta actividad, pero la premisa de la empresa es eliminar o disminuir cualquier riesgo al que se vean expuesto sus trabajadores.

El CVC es un sistema de recolección de finos que funcionará en todo el piso de carga (para Línea 1 y Línea 2⁷). Como se puede observar en el diagrama de flujo del CVC (Ver Anexo 1), este contará con dos ramales de tubería para cada una de las líneas, y a lo largo de estos ramales se encontrarán unos puntos de conexión para que el operario encargado de realizar la limpieza del piso pueda conectar una manguera y realizar la recolección; el material llegará hasta un filtro de mangas donde se separa, y por medio de un transportador de tornillo sin fin pasará a un contenedor, para luego llevarlo hasta el área que se disponga.

4.3. PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

Por solicitud de la empresa Cerro Matoso S.A., a través de una convocatoria, se requiere un estudiante de Ingeniería Mecánica para el área de Mantenimiento Planta al cual se le asignará la tarea de elaborar el programa de mantenimiento preventivo del CVC, para poder garantizar la disponibilidad⁸ del sistema. Dentro de la elaboración de este programa se analizarán los siguientes equipos: soplador de lóbulos, motor del soplador de lóbulos y tornillo sin fin.

4.4. ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

La empresa suministró la información relacionada con el proyecto (Los archivos de la Etapa de Identificación, Etapa de Selección, Etapa de Detalle, Etapa de Ejecución y Etapa de Cierre), se solicitó la colaboración de los supervisores para poder acceder a través de

⁷ Cerro Matoso cuenta con dos líneas de producción, por lo cual, en el edificio de fundición se pueden encontrar los equipos de cada una de estas líneas.

⁸ El CVC debe tener una disponibilidad de 4 horas continuas diarias.

1SAP⁹ a distintos planes de mantenimiento de otros equipos para conocer la forma en que se realiza la programación de las tareas de mantenimiento en la empresa.

Con ayuda de los mantenedores e ingenieros, se conoció la situación que se manejaba en el piso de carga: la polución que se produce por la calcina; esto afecta a los equipos que se encuentran en este piso, por lo tanto, a pesar de que los equipos se encuentren dentro de una cabina, sufren riesgo de que el material ingrese y afecte el funcionamiento de los equipos. La anterior información fue tomada en cuenta, al momento de determinar los tiempos para las rutinas de mantenimiento.

Posteriormente, por medio de la información recolectada se estudió la metodología del RCM que se iba a implementar para la elaboración del programa de mantenimiento.

Con la información recolectada y la asesoría de los trabajadores encargados del área de mantenimiento de DRKEF, se construirán los cuadros que responderán las siete preguntas de la metodología del RCM. Esta información, se organizará en la plantilla destinada para los procedimientos en el área de Mantenimiento Planta.

Con los formatos completos y con la cooperación del jefe inmediato, se organizó una reunión con los supervisores de mantenimiento DRKEF y el líder del proyecto para mostrar cómo se elaboró el programa de mantenimiento del CVC. Durante la reunión los asistentes dieron sus puntos de vista de acuerdo al programa de mantenimiento y su opinión se tuvo en cuenta para la presentación final del programa de mantenimiento a la dirección del área encargada.

⁹ 1SAP es la plataforma utilizada en Cerro Matoso

4.5. ENTREGA DE INFORME

Finalizado el trabajo en la empresa, se realizara la entrega de un informe en el programa de Ingeniería Mecánica.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Sistema Centralizado de Vacío (CVC) está diseñado para la recolección de calcina en el piso de carga. Como se puede observar en el diagrama de proceso e instrumentación (Anexo 2) está conformado por 5 sistemas:

- Paquete de vacío del soplador
- Válvulas de control (ZP-616 y ZP-617)
- Redes de tuberías
- Paquete de filtración
- Transportador

5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

5.1.1. Paquete de vacío del soplador

El paquete de vacío del soplador se puede observar en el Anexo 3. Las partes principales de este sistema se listan a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Partes del paquete de vacío

Item	Cant.	Parte
A	1	Base
B	1	Soplador 1021 DVJ
C	1	Motor, AC, 200 HP
D	1	Base del motor
E	1	Silenciador RDY-12 Y=23
F	1	Silenciador RD-12
G	2	Junta Expansiva, Ø14'', 8'' longitud
H	1	Sistema de transmisión, Correas en V
J	1	Silenciador, RISK-14, Y=23
K	1	Filtro en línea, F65-14
L	1	Válvula de control, 14''
M	1	Filtro, CCF-12

Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

Este sistema es el encargado de generar el vacío que permite la succión de las partículas de calcina en el piso de carga. El flujo de aire llega al paquete de vacío, este inicialmente pasa por un filtro para eliminar cualquier tipo de partícula que se haya quedado en el flujo. Después, sigue por los silenciadores que se encuentran antes y después del soplador para reducir el sonido y la vibración que se pueda producir. Además, cuenta con una válvula de control para evitar una sobre presurización del soplador.

El soplador de lóbulos del sistema es marca DRESSER Roots 1021J, mostrado en la Figura 10. En la Tabla 3, se encuentran las condiciones de operación.



Figura 10. Soplador de lóbulos.

Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

Tabla 3. Condiciones de operación del soplador de lóbulos

Condiciones de operación	
Gas	Aire
Capacidad de admisión	2429,59 m ³ /h
Presión barométrica	100,59 KPa
Presión de admisión	69,42 KPa
Temperatura de admisión	65 °C
Presión de descarga	101,97 KPa
Velocidad	1250 RPM
Caballos de fuerza al freno	164,4 BHP (±4%)

Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

Las condiciones ambientales de funcionamiento del soplador se enlistan a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4. Condiciones ambientales para el funcionamiento del soplador de lóbulos

Condiciones ambientales	
Gas	Aire
Humedad Relativa	85%
Peso Molecular	21,284
Valor K	1,312
Gravedad Especifica	0,375
Temperatura Ambiente	37°C
Presión Ambiente	100,59 KPa
Elevación	62 metros

Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

El soplador es accionado por un motor eléctrico TECO Westinghouse. En la tabla 5, se muestran los datos técnicos del motor.

Tabla 5. Datos técnicos del motor

Datos técnicos	
Manufacturado	TECO Westinghouse
Tamaño/Tipo	447T/TEFC
Potencia	149,14 KW
RPM	1800/1785 (Actual)
Voltaje	3/60/460

Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

En la Figura 11 se ilustra el motor utilizado en el paquete de vacío.



Figura 11. Motor del soplador de lóbulos

Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

En el Anexo 4 se encuentra una ficha técnica del motor.

5.1.2. Sistema de válvulas de control

El sistema cuenta con dos válvulas para el control del flujo del aire a través de las redes de tuberías: la ZP-616 y la ZP-617. Estas válvulas son tipo mariposa, con interruptor para la posición de abierto y cerrado que son accionadas por actuador neumático (INDISA S. A., 2014a). Además, cuentan con un controlador lógico programable de tal forma que las dos no se encuentren en la misma posición al mismo tiempo, tal como se puede observar en el Anexo 2.

El comportamiento de estas válvulas es el siguiente (INDISA S. A., 2014a):

- Durante el proceso: ZP-616 debe estar abierta y la ZP-617 debe estar cerrada.
- Durante la conexión o desconexión de la manguera: La ZP-617 debe estar abierta y la ZP-616 debe estar cerrada.

5.1.3. Sistema de redes de tuberías

Las redes de tuberías distribuidas por todo el piso de carga tienen una longitud de 208 m y está distribuido a través de dos líneas, las cuales están compuesta por tubos de acero al carbono ASTM A53 Grado B, sin costura, SCH40, extremos biselados, ANSI B36,1 de diámetros de 101,6 mm y 127,0 mm (INDISA S. A., 2014b). En la Tabla 6, se muestra las longitudes y diámetros de tubería por línea.

Tabla 6. Longitud de la red de tubería

Diámetro de la tubería	Línea 1	Línea 2	
101,6 mm	55 m	22 m	77 m
127,0 mm	79 m	109 m	131 m
Total			208 m

Tomada de: Elaboración propia, 2015

En los Anexos 5 y 6 se muestran los isométricos correspondientes a las redes de tuberías de la Línea 1 y 2.

Para realizar la limpieza, existen 13 conexiones a la red de tubería distribuidas en el piso de carga de la siguiente manera: siete conexiones en Línea 1 y seis conexiones en Línea 2. Al momento en que el operador vaya a realizar su labor, debe conectar la manguera (que se muestra en la Figura 12) en uno de estos puntos, cabe recordar que solo puede funcionar una conexión al tiempo.

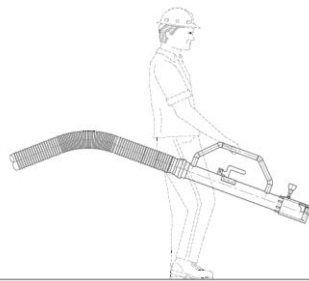


Figura 12. Representación gráfica de la manguera utilizada en el CVC

Tomada de: (INDISA S.A., 2014c)

5.1.4. Sistema de filtración

El sistema de filtración está compuesto por un filtro primario y un filtro secundario, como se muestra en la Figura 13.

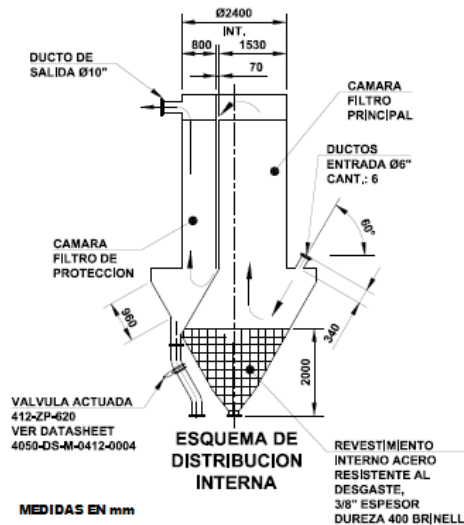


Figura 13. Sistema de filtración

Tomada de: (INDISA S.A., 2014d)

Al filtro llegan las redes de tuberías (6 ductos) y cuenta con dos salidas, la del filtro principal que cae directamente al sistema transportador y la del filtro secundario que es controlada por la válvula ZP-620 que es una válvula tipo mariposa.

5.1.5. Sistema Transportador

El sistema transportador, mostrado en la Figura 14, es el encargado de transportar la calcina de la tolva al contenedor. Cuenta con dos entradas, una proveniente del filtro primario y la otra del filtro secundario. En la Tabla 7 se muestran las características del sistema transportador.

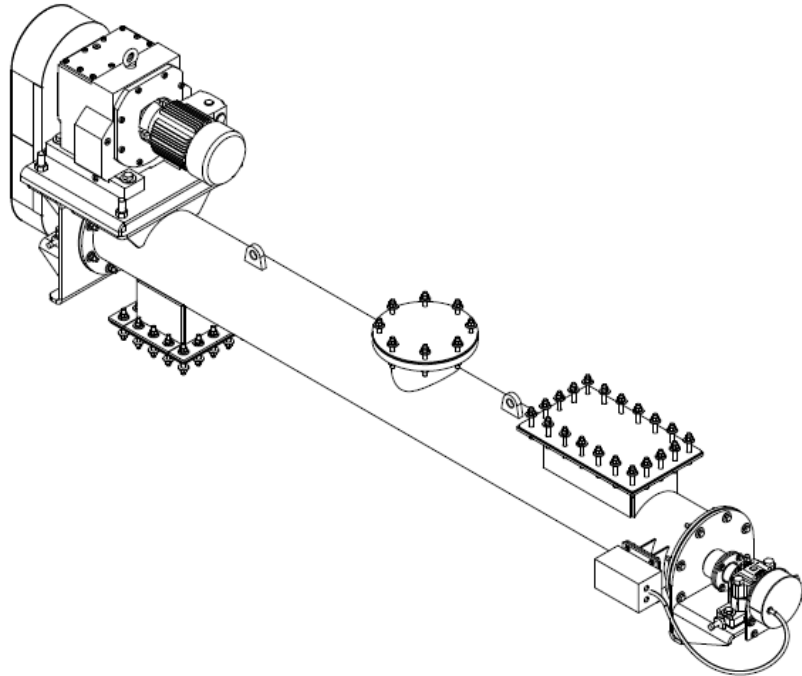


Figura 14. Sistema transportador

Tomada de: (Rapiscol S.A., 2014)

Tabla 7. Características del sistema transportador del CVC

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA TRANSPORTADOR	
Material a manejar	Calcina
Capacidad máxima	6,5 T/h
Granulometría	< 12,70 mm
Peso específico	0,75 Ton/m ³ – 1,10 Ton/m ³
Tipo de carcasa	Bazuca – Tubo Ø10’’ SCH40
Eje de la hélice	Tubo SCH-80 Ø3’’
Tipo de hélice	Aleta helicoidal paso variable
Diámetro ext. Hélice	Ø9,5’’ (Ø241,3mm)
Paso hélice	Variable
Motor reductor	Helicoidal 3,7 KW/24RPM
Velocidad de rotación hélice	20 RPM
Peso lleno de material	988,4 Kg

Tomada de: (Rapiscol S.A., 2014)

En el Anexo 7, se encuentra el plano del sistema transportador.

5.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO (CVC)

Para iniciar la recolección de calcina se deben realizar los siguientes pasos:

- Colocar en funcionamiento el soplador de lóbulos.
- La válvula ZP-616 debe estar abierta.
- La válvula ZP-617 debe estar cerrada.

Ahora, con el soplador de lóbulos en marcha y teniendo en cuenta la posición en la que se deben encontrar las válvulas anteriormente mencionadas, el operador puede empezar su labor conectando la manguera en 1 de los 13 puntos de conexión que tiene a lo largo del piso, de acuerdo al orden que tenga establecido para realizar su trabajo. La red de tubería distribuida en el piso, será el medio de transporte de la calcina recolectada para llegar al filtro de mangas DC-276, con capacidad de 6,5 toneladas.

Cuando la calcina llega al filtro se va adhiriendo a las mangas las cuales a través de un pulso de aire comprimido creara un contra flujo que hará que la mangas se expandan y se desprenda la calcina para que caiga a la tolva. (COIN, 2014)

Como se puede observar en la Figura 15, la calcina almacenada en la tolva proveniente del filtro principal pasa directamente al transportador tornillo sin fin y la proveniente del filtro secundario es controlada a través de la ZP-620.

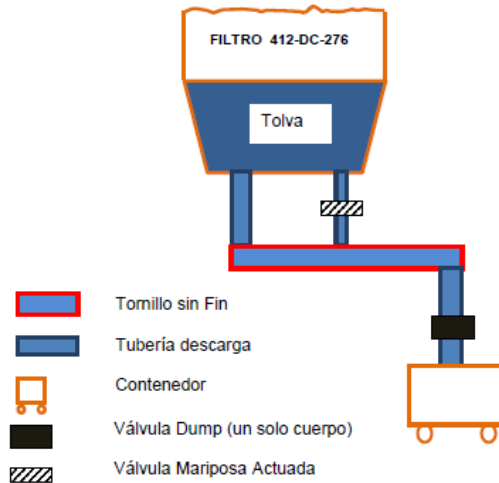


Figura 15. Representación gráfica de la descarga de la tolva y tornillo sin fin

Tomada de: (INDISA S. A., 2014a)

El transportador lleva la calcina hacia un contenedor con una capacidad de $1,4 \text{ m}^3$, esta descarga es controlada a través de la válvula ZP-621 que es una válvula tipo Dump simple, con interruptor para la posición de abierto y cerrado que es accionada por un actuador neumático (INDISA S. A., 2014a), como se muestra en la Figura 16. La válvula se encuentra abierta solo en el momento de descargar la calcina, mientras el soplador está en funcionamiento se encuentra cerrada.

El material recolectado en el contenedor es transportado hacia el sitio destinado por la empresa.

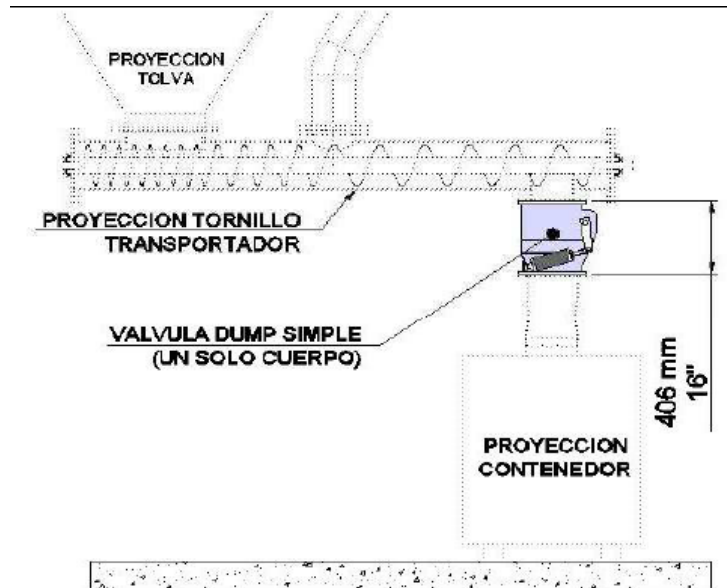


Figura 16. Válvula ZP-621

Tomada de: (INDISA S.A., 2014e)

5.3. TABLA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Para realizar el análisis de mantenimiento del sistema de vacío, utilizando la metodología del RCM, se utiliza la Tabla 8 para resolver cada una de las preguntas (Pérez):

Tabla 8. Cuadro para la metodología RCM

Parte	Funciones	Fallos funcionales	Modos de fallo	Efectos de los fallos	Consecuencias de los fallos	Tareas Preventivas	Tareas "a falta de"

Tomada de: Elaboración propia, 2015

- Parte: Se describe que elemento se está analizando
- Funciones: Se describe el comportamiento esperado del elemento que se está analizando.
- Fallos funcionales: Se describirá la incapacidad del elemento para cumplir con la función asignada

- Modos de fallo: Se describirá la o las causas por las cuales el elemento no puede cumplir con la función asignada.
- Efectos de los fallos: Se describirá las repercusiones que tendría los fallos funcionales en el elemento analizado.
- Consecuencias de los fallos: De acuerdo con la metodología del RCM, las consecuencias de los fallos están clasificadas de la siguiente manera:
 - Consecuencias de los fallos no evidentes
 - Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente
 - Consecuencias operacionales
 - Consecuencias no operacionales
- Tareas preventivas: Se describirán la o las actividades que se deben realizar para evitar el fallo funcional del elemento.
- Tareas “a falta de”: Se describirá que acción se debe realizar en caso de que las tareas preventivas no lleguen a solucionar el problema.

5.4. TABLA DE RCM PARA EL SOPLADOR DE LÓBULOS

Al momento de aplicar la metodología del RCM al soplador de lóbulos, se contaba con el manual del fabricante de este equipo.

Se analizaron los siguientes equipos:

- a) **Rodamientos:** El soplador cuenta con 4 rodamientos de rodillos esféricos de doble fila y con un rodamiento de rodillo cilíndrico. En el Anexo 8 se pueden observar los rodamientos mencionados como ítems 31 y 60 respectivamente. Los rodamientos se lubrican por medio de su propio depósito de lubricante.

- b) **Engranajes:** Cuenta con unos engranes de sincronización de aleación de acero y están carburados. Se pueden observar como ítems 9 y 10 en el Anexo 8. Cuenta con su propio depósito de lubricante.
- c) **Correas y poleas:** El soplador de lóbulos y el motor cuentan con un sistema de transmisión de correa y poleas. En la Tabla 9 se pueden observar las medidas referenciadas en la Figura 17 de los perfiles de las poleas marca MASKA. La polea utilizada por el motor es la Tipo 4 y la del soplador una Tipo 1.

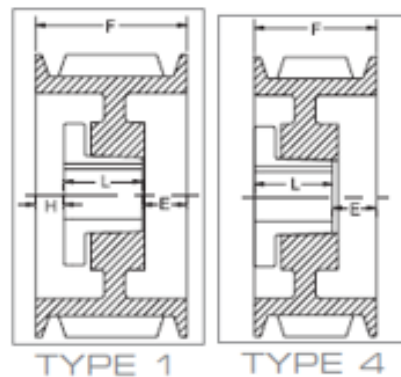


Figura 17. Perfil de las poleas del sistema de transmisión de potencia.

Tomada de: (MASKA, 2014)

Tabla 9. Medidas de las poleas del motor y soplador de lóbulos

Polea	H (mm)	F (mm)	E (mm)	L (mm)
Motor	0	77,79	11,11	66,68
Soplador	4,76	77,79	6,35	66,68

Tomada de: (MASKA, 2014)

La correa marca Gates utilizada en este sistema de transmisión está diseñada para aplicaciones agresivas con resistencia al desgaste. En la Figura 18 se muestran las medidas de la correa.



Figura 18. Medidas de la correa del sistema de transmisión de potencia

Tomada de: (Gates Corporation, 2010)

- d) **Carcasa:** Elaborada en hierro gris.
- e) **Junta:** Es una junta expansiva marca REP INC. elaborada en caucho de etileno propileno dieno (EPDM). Es una junta expansiva de 355,6mm y largo de 203,2mm tal como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Junta expansiva

Tomada de: (PDBLOWERS INC., 2015)

- f) Las conexiones bridadas

En la Tabla 10 se muestra el análisis del RCM del soplador de lóbulos.

Las tareas preventivas se dividirán en dos rutinas de mantenimiento diferentes, una rutina de lubricación y otra de inspección.

Para la rutina de lubricación se tendrán en cuenta dos aspectos: tiempos de lubricación y cantidad.

Tabla 10. Cuadro RCM para el soplador de lóbulos

Parte	Funciones	Fallos funcionales	Modos de fallo	Efectos de los fallos	Consecuencias de los fallos	Tareas Preventivas	Tareas "a falta de"
A	Reducir la fricción y soportar esfuerzos	Desgaste de las paredes del rodamiento	Ingreso de partículas abrasivas	Perdida de material	Consecuencias operacionales	Comprobar los niveles de aceite y realizar el cambio cada X horas	Mtto. Correctivo
A	Reducir la fricción y soportar esfuerzos	Fatiga superficial	Lubricación inadecuada	Grietas en la superficie del rodamiento	Consecuencias operacionales	Comprobar los niveles de aceite y realizar el cambio cada x horas	Mtto. Correctivo
B	Transmitir la potencia	Caja de engranajes mal ajustada	Escape de lubricante	Vibraciones	Consecuencias operacionales	Revisar el ajuste de los tornillos de la caja	Mtto. Correctivo
B	Transmitir la potencia	Desgaste superficial de los engranes	Niveles inadecuados de lubricante	Sobrecalentamiento de engranajes	Consecuencias operacionales	Agregar aceite hasta que alcance la mitad de la mirilla	Mtto. Correctivo
C	Transmitir la potencia mecánica que entrega el motor	Correas dañadas, poleas con desgaste en las ranuras, poleas mal alineadas	exceso de tensión en las correas	Sobrecalentamiento de engranajes	Consecuencias operacionales	Comprobar el estado de las correas	Mtto. Correctivo
D	Protección y estabilidad	Desgaste en la pintura	Partículas en el ambiente	Corrosión	Consecuencias operacionales	Revisar estado de la pintura	Mtto. Correctivo

D	Protección y estabilidad	Tornillos sueltos o falta de estos	No se realizó esta labor correctamente en mantenimientos anteriores	Vibración	Consecuencias operacionales	Comprobar que los tornillos se encuentren completos y ajustados	Mtto. Correctivo
E	Permite evitar las deformaciones plásticas	Grietas o fisuras	Desgaste durante la operación	Baja capacidad del soplador	Consecuencias operacionales	Inspección	Mtto. Correctivo
F	Unir componentes de un sistema de tuberías	Fugas, tornillos faltantes,	Daños en las tuberías, mantenimiento anterior inadecuado	Baja capacidad del soplador	Consecuencias operacionales	Inspección	Mtto. Correctivo

Tomada de: Elaboración Propia, 2015

De acuerdo a la información suministrada por el manual del fabricante, se debe realizar un cambio cada 2000 horas de trabajo. En la ecuación 1, se convierten las horas utilizando factores de conversión para convertir las 2000 horas de trabajo en semanas, teniendo en cuenta las horas de trabajo del CVC.

$$No. de semanas = 2000 h \left(\frac{1 \text{ día}}{4 h} \right) \left(\frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} \right) = 71,43 \text{ semanas} \approx 71 \text{ semanas} \quad (1)$$

El resultado obtenido como parámetro inicial es realizar la tarea de lubricación cada 71 semanas, sin embargo, es un periodo de tiempo alto (aproximadamente cada 18 meses) consecuencia de las pocas horas de trabajo diario, por lo cual se decide reducir este tiempo debido a que aunque el soplador no trabaje se encuentra expuesto a un posible ingreso de calcina, por lo anterior, por sugerencia del ingeniero de confiabilidad, se decide reducir el periodo de lubricación a 12 semanas, tiempo que podrá ajustarse más adelante de acuerdo a lo que se observe durante la realización de esta tarea.

Establecido el periodo de lubricación, se debe determinar la cantidad de lubricante que se debe adicionar a los rodamientos, para esto se utilizara la Tabla 11.

Tabla 11. Cantidad de lubricante para cada rodamiento

Tamaño del soplador	Opposite Gear End Bearings – fluid oz. (Liters)		
	Eje accionado	Eje de transmisión acoplado	Eje de transmisión por correa
1000	4 (.12)	4 (.12)	12 (.36)
1200	5 (.15)	5 (.15)	16 (.47)
1400	4 (.24)	4 (.24)	28 (.83)
1600	9 (.27)	9 (.27)	X
1800	16 (.47)	16 (.47)	X
2000	19 (.56)	19 (.56)	X

Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

Con la información obtenida de la cantidad y el periodo de lubricación, se procede luego a la redacción de esta rutina de mantenimiento en el formato establecido por CMSA para estas actividades.

Para la rutina de inspección mecánica del soplador de lóbulos se incluirán las tareas que quedan en el cuadro de la Tabla 10. Para esta rutina de mantenimiento se estableció un periodo de inspección de 24 semanas, periodo obtenido a través de las recomendaciones del personal de mantenimiento.

5.5. TABLA DE RCM PARA EL MOTOR DEL SOPLADOR DE LÓBULOS

Al momento de aplicar la metodología del RCM al motor del soplador, se contaba con el manual del fabricante de este equipo.

Se analizaron los siguientes elementos en el motor:

- g) **Rodamiento NU320C3:** Es un rodamiento de rodillos cilíndricos de 1 hilera con capacidad de carga dinámica de 299 KN y con capacidad de carga estática de 335 KN (NTN - SNR, 2015a). Se puede observar en la Figura 20.



Figura 20. Rodamiento NU320C3

Tomada de: (NTN - SNR, 2015a)

- h) **Rodamiento 6316C3:** Es un rodamiento de bolas de 1 hilera con capacidad de carga dinámica de 123 KN y capacidad de carga estática de 86,5 KN (NTN - SNR, 2015a). El rodamiento está representado en la Figura 21.



Figura 21. Rodamiento 6316C3

Tomada de: (NTN - SNR, 2015b)

En la Tabla 12 se muestra el análisis del RCM del motor.

Para determinar la cantidad de lubricante que debe adicionarse a los rodamientos se utilizó la Tabla 13.

Tabla 12. Cantidad de reposición de lubricante para los rodamientos

Rodamiento No.		Cantidad de reposición
63XX	6310	40 g
73XX	6312	60
NU3XX	6313	80
223XX	6314	80
	6315	100
	6316	100
	6317	120
	6318	120
	6320	160
	6322	220
	6324	270
	6326	300
	6328	400
	6330	450
	6332	500
	6334	600
	6336	700
	6338	800
	6340	900
	6344	900
	6348	900

Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

Tabla 13. Cuadro RCM para el motor del soplador de lóbulos

Parte	Funciones	Fallos funcionales	Modos de fallo	Efectos de los fallos	Consecuencias de los fallos	Tareas Preventivas	Tareas "a falta de"
G y H	Reducir la fricción y soportar esfuerzos	Desgaste de las paredes del rodamiento	Ingreso de partículas abrasivas	Perdida de material	Consecuencias operacionales	Realizar el cambio cada X horas	Mtto. Correctivo
G y H	Reducir la fricción y soportar esfuerzos	Fatiga superficial	Lubricación inadecuada	Grietas en la superficie del rodamiento	Consecuencias operacionales	Realizar el cambio cada X horas	Mtto. Correctivo

Tomada de: Elaboración propia, 2015

Entonces, para el rodamiento NU320C3 de deben adicionar 160 gramos de lubricante y para el rodamiento 6316C3 se deben adicionar 100 gramos.

Luego de determinar la cantidad de lubricante que necesitan los rodamientos, es necesario realizar la homologación del lubricante a la marca MOBIL que es la utilizada en CMSA, para lo cual será necesaria la Tabla 14.

Tabla 14. Equivalencias de los lubricantes

Viscosidad del aceite	Equivalencias		Rango de los polos
	ESSO	MOBIL	
ISO VG32 (150 SSU/100°F)	TERESSO 32	DTE OIL LIGHT	2 polos
ISO VG46 (200 SSU/100°F)	TERESSO 46	DTE OIL MEDIUM	4 polos
ISO VG68 (300 SSU/100°F)	TERESSO 68	OIL HEAVY MEDIUM	6 polos y superiores

Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

Ahora, para determinar el tiempo de lubricación de los rodamientos se tomara como primer parámetro el tiempo sugerido por el manual del fabricante, para eso se utilizaron las tablas 15 y 16.

El tiempo de lubricación para el rodamiento 6316C3 es cada 2000 horas y el del rodamiento NU320C3 es cada 1000 horas, teniendo en cuenta que el tiempo de lubricación del NU320C3 es el menor se tomara como valor de referencia para estimar el tiempo de la rutina de mantenimiento.

Recordando que el CVC trabaja 4 horas diarias, convertimos el valor de 1000 hrs. de trabajo en semanas utilizando factores de conversión, como se muestra en la ecuación 2, que es el tiempo utilizado por CMSA para determinar las rutinas de mantenimiento.

Tabla 15. Tiempo de lubricación para los rodamientos de bolas

Numero rodamiento		600 RPM	720 RPM	750 RPM	900 RPM	1000 RPM	1200 RPM	1500 RPM	1800 RPM	3000 RPM	3600 RPM
62XX	6210										
63XX	12									2000 Hrs	
72XX	13										
73XX	14									1000 Hrs	
	15										
	16									720 Hrs	
	17							2000 Hrs			
	18			3000 Hrs						500 Hrs	
	20										
	22										
	24							1500 Hrs			
	26										
	28					2000 Hrs		1000 Hrs			
	30									500 Hrs	
	32										
	34					1500 Hrs					
	36										
	38			2000 Hrs		1000 Hrs					

Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

Tabla 16. Tiempo de lubricación para los rodamientos de rodillos cilíndricos

Numero rodamiento		600 RPM	720 RPM	750 RPM	900 RPM	1000 RPM	1200 RPM	1500 RPM	1800 RPM
NU2XX	NU214								
NU3XX	15								2000 Hrs
	16								
	17								
	18			3000 Hrs					1500 Hrs
	20								
	22							1000 Hrs	
	24								
	26					2000 Hrs			
	28								500 Hrs
	30								
	32								
	34			2000 Hrs		1000 Hrs			
	36								
	38	2000 Hrs							
	40								
	44			1000 Hrs		500 Hrs			
	48	1000 Hrs							

Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

$$\text{No. de semanas} = 1000 \text{ h} \left(\frac{1 \text{ día}}{4 \text{ h}} \right) \left(\frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} \right) = 35,71 \text{ semanas} \approx 36 \text{ semanas} \quad (2)$$

El resultado obtenido sería de una rutina de mantenimiento de 36 semanas, sin embargo, de acuerdo a la experiencia de los trabajadores, la situación de polución de la calcina podría llegar a afectar el correcto funcionamiento de los rodamientos, puesto que podría llegar a ingresar dentro de estos. Por lo anterior, se toma la decisión de reducir la rutina de mantenimiento de 36 semanas a 12 semanas y a medida que se vaya llevando a cabo esta tarea se determinara si se puede ir aumentando o disminuyendo el número de semanas de la rutina.

5.6. TABLA DE RCM PARA EL TORNILLO SIN FIN

Al momento de aplicar la metodología del RCM al tornillo sin fin se contaba con el plano del fabricante de este equipo.

En la Tabla 17 se muestra el análisis del RCM del tornillo sin fin.

Las tareas obtenidas del cuadro de RCM se colocaran junto a las tareas obtenidas para la rutina de inspección mecánica del soplador de lóbulos y tendrán una periodicidad de 24 semanas.

5.7. PLANES ENTREGADOS EN CMSA

La información obtenida a través de los cuadros del RCM se organizara en la plantilla de procedimientos de mantenimiento planta, la cual se puede observar en Anexos 9.

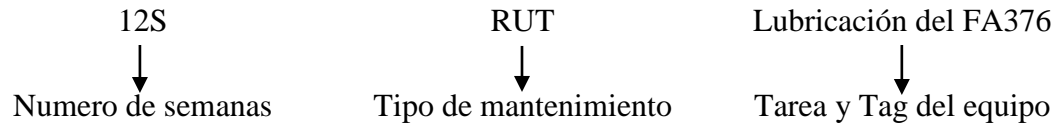
Para nombrar los planes de mantenimiento se tendrán en cuenta cada cuanto se va a realizar, nombrar que tipo de mantenimiento se llevara a cabo y la tarea a realizar mencionando el Tag¹⁰ del equipo:

¹⁰ Tag es el código a través del cual se reconocen los equipos

Tabla 17. Cuadro de RCM para el tornillo sin fin

Parte	Funciones	Fallos funcionales	Modos de fallo	Efectos de los fallos	Consecuencias de los fallos	Tareas Preventivas	Tareas "a falta de"
I	Transmitir la potencia del motor al tornillo	Fatigas de las placas del eslabón	Lubricación inadecuada	Corrosión, desgaste de las piezas	Consecuencias operacionales	Una correcta lubricación y revisión del estado de las partes	Mtto. Correctivo
I	Transmitir la potencia del motor al tornillo	Impacto de los rodillos al engranar	Lubricación inadecuada	Calentamiento excesivo	Consecuencias operacionales	Una correcta lubricación y revisión del estado de las partes	Mtto. Correctivo


Tomada de: Elaboración propia, 2015



Las tareas obtenidas se organizaron en los siguientes planes de mantenimiento:

- 12S RUT Lubricación del FA376 (Ver en la Figura 22)
- 12S RUT Lubricación del motor del FA376 (Ver en la Figura 23)
- 24S RUT Inspección mecánica del ventilador FA376 y tornillo sin fin BM154 (Ver en la Figura 24)

Con los planes redactados, la colaboración del líder del proyecto y del ingeniero de confiabilidad se llevó a cabo una reunión en la que se socializó con los supervisores de mantenimiento de DRKEF la programación de mantenimiento del Sistema Centralizado de Vacío, de la cual quedo constancia en el acta que se encuentra en el Anexo 10.

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CÓDIGO			Tipo	Rutinario			
	Habilidad	Mecánico	Descripción	12S RUT Lubricación del FA376				
	Elaborado	Carmen Machado	Revisado	Fecha	Espacio para normalización	Rev	Esp normaliz	
Titulación:			Titulación Pladesa (Aplica para habilidad eléctrica)					
Registro de revisión y aprobación:			Espacio para normalización					

- **Propósito:** Realizar de manera segura la lubricación del soplador de lóbulos FA376 para evitar posibles fallas en el equipo.
- **Alcance:** Soplador de lóbulos FA376.
- **Documentos de Referencia:** Manual del fabricante "INSTRUCTION AND OPERATING MANUAL".
- **Materiales, Herramientas y Equipos Especiales:** Engrasadora y estopa
- **Requerimientos de HSEC Relevantes:** Portar todos los elementos de protección personal básicos y su respectivo mini CO.

PASO A PASO DEL PROCEDIMIENTO													
1	Coordinar con proceso												
Coordine con el operador de campo la tarea a realizar													
2	Aislamiento y bloqueo												
Identifique todas las fuentes de energía y realice el procedimiento de bloqueo según norma general TE023005													
3	Limpeza y revisión del equipo												
<ul style="list-style-type: none"> • Revise que no se presenten pérdidas de aceite por los sellos y que los tornillos de la caja de engranaje estén bien ajustados. • Revise que la válvula de alivio se encuentre en buenas condiciones. En caso de encontrar un daño en el equipo, realice el aviso correspondiente.													
3	Lubricación del equipo												
Para la caja de engranajes, retire el tapón y adicione aceite hasta que este alcance la mitad de la mirilla, esperar unos minutos para que el nivel de aceite se equilibre entre el sumidero primario y secundario, entonces agregar más aceite si es necesario o drenar el exceso. Para los rodamientos, limpie la boquilla para el engrase del rodamiento y retire el tapón de desfogue para permitir que salga la grasa usada. Adicione el lubricante a los rodamientos de acuerdo a la tabla:													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>RODAMIENTO</th> <th colspan="2">CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Eje accionado</td> <td>4 oz</td> <td>0,12 litros</td> </tr> <tr> <td>Eje de transmisión acoplado</td> <td>4 oz</td> <td>0,12 litros</td> </tr> <tr> <td>Eje de transmisión con correa</td> <td>12 oz</td> <td>0,36 litros</td> </tr> </tbody> </table>		RODAMIENTO	CANTIDAD		Eje accionado	4 oz	0,12 litros	Eje de transmisión acoplado	4 oz	0,12 litros	Eje de transmisión con correa	12 oz	0,36 litros
RODAMIENTO	CANTIDAD												
Eje accionado	4 oz	0,12 litros											
Eje de transmisión acoplado	4 oz	0,12 litros											
Eje de transmisión con correa	12 oz	0,36 litros											
Limpie los residuos de grasa, y coloque los tapones.													
Aspecto clave: El accesorio de entrada debe limpiarse muy bien para evitar que llegue cualquier suciedad al rodamiento. El equipo no debe operar mientras el nivel de aceite se encuentre por encima o por debajo de la mirilla. Tenga cuidado de no entrar en contacto con el lubricante, de ser así, actúe de acuerdo a la hoja de seguridad de este.													
4	Normalizar el equipo												
Retirar bloqueo según norma TE023005 (tarjetas y candados)													
5	Entregable de la actividad												
<ul style="list-style-type: none"> • Al finalizar la actividad asegúrese de registrar en el aviso, los datos de cada medida realizada. • Indique las observaciones encontradas con respecto al estado del equipo. • Indique en el aviso los cambios o modificaciones realizadas para normalizar el equipo. • Si el equipo entra a operar y queda alguna novedad realice un aviso subsecuente, documentando claramente la anomalía a corregir. • Al final asegúrese de adjuntar sólo la tabla de resultados en el aviso. 													

P00305FD

2015-01-20

REV. 1

1

Figura 22. Plan 12S RUT Lubricación del FA376

Tomada de: Elaboración propia.2015

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CÓDIGO					Tipo	Rutinario	
	Habilidad	Mecánico	Descripción	12S RUT Lubricación del motor del FA376				
	Elaborado	Carmen Machado	Revisado		Fecha	Espacio para normalización	Rev	Esp normaliz
Titulación:		Titulación Pladesa (Aplica para habilidad eléctrica)						
Registro de revisión y aprobación:		Espacio para normalización						

- **Propósito:** Realizar de manera segura la lubricación del motor del soplador de lóbulos FA376 para evitar posibles fallas en el equipo.
- **Alcance:** Motor del Soplador de lóbulos FA376.
- **Documentos de Referencia:** Manual del fabricante "INSTRUCTION FOR THREE PHASE INDUCTION MOTORS" de TECO Westinghouse.
- **Materiales, Herramientas y Equipos Especiales:** Engrasadora y estopa
- **Requerimientos de HSEC Relevantes:** Portar todos los elementos de protección personal básicos y su respectivo mini CO.

PASO A PASO DEL PROCEDIMIENTO												
1	Coordinar con proceso											
Coordine con el operador de campo la tarea a realizar												
2	Preparación de la tarea											
Limpie la boquilla para el engrase del rodamiento y retire el tapón de desfogue para permitir que salga la grasa usada.												
3	Lubricación de rodamientos											
Adicione grasa MOBIL DTE OIL MEDIUM a los rodamientos de acuerdo a la tabla:												
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>RODAMIENTO</th> <th colspan="2">CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NU320C3</td> <td>160 gr</td> <td>5.64 oz</td> </tr> <tr> <td>6316C3</td> <td>100 gr</td> <td>3.53 oz</td> </tr> </tbody> </table>				RODAMIENTO	CANTIDAD		NU320C3	160 gr	5.64 oz	6316C3	100 gr	3.53 oz
RODAMIENTO	CANTIDAD											
NU320C3	160 gr	5.64 oz										
6316C3	100 gr	3.53 oz										
Limpie los residuos de grasa, y coloque los tapones de desfogue.												
Aspecto clave:												
<ul style="list-style-type: none"> • El accesorio de entrada debe limpiarse muy bien para evitar que llegue cualquier suciedad al rodamiento. • Después de la lubricación, coloque el motor en funcionamiento durante 10 o 30 minutos para que cualquier exceso de grasa sea removido. • Portar la hoja de seguridad de aceites y grasas utilizadas en la lubricación. 												
4	Normalizar el equipo											
Retirar bloqueo según norma TE023005 (tarjetas y candados)												
5	Entregable de la actividad											
<ul style="list-style-type: none"> • Al finalizar la actividad asegúrese de registrar en el aviso, los datos de cada medida realizada. • Indique las observaciones encontradas con respecto al estado del equipo. • Indique en el aviso los cambios o modificaciones realizadas para normalizar el equipo. • Si el equipo entra a operar y queda alguna novedad realice un aviso subsecuente, documentando claramente la anomalía a corregir. • Al final asegúrese de adjuntar sólo la tabla de resultados en el aviso. 												

P00305FD


2014-09-22

REV. 3

1

Figura 23. 12S RUT Lubricación del motor del FA376

Tomada de: Elaboración propia. 2015

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CÓDIGO			Tipo	Rutinario		
	Habilidad	Mecánico	Descripción	24S RUT Inspección mecánica del ventilador FA376 y tornillo sin fin BM154			
	Elaborado	Carmen Machado	Revisado	Fecha	Espacio para normalización	Rev	Esp normaliz
Titulación:		Titulación Pladesa (Aplica para habilidad eléctrica)					
Registro de revisión y aprobación:			Espacio para normalización				

- **Propósito:** Realizar de manera segura la inspección mecánica del soplador de lóbulos FA376 para identificar posibles fallas en el equipo y su respectiva reparación.
- **Alcance:** Soplador de lóbulos FA376
- **Documentos de Referencia:** Manual del fabricante "INSTRUCTION AND OPERATING MANUAL"
- **Materiales, Herramientas y Equipos Especiales:** Manguera para limpieza con aire comprimido, trapo cocido
- **Requerimientos de HSEC Relevantes:** Portar todos los elementos de protección personal básicos y su respectivo mini CO.

PASO A PASO DEL PROCEDIMIENTO	
1	Coordinar con proceso Coordine con el operador para realizar la inspección del FA376 y del BM154
2	Aislamiento y bloqueo Identifique todas las fuentes de energía y realice el procedimiento de bloqueo según norma general TE023005
3	Limpieza de los equipos Utilice la manguera para aire comprimido y realice una limpieza de la estructura del ventilador y del tornillo.
4	Inspección de la base Revise que la base se encuentre nivelada y no presente algún daño. Aspecto clave: Cerciórese de que los tornillos están completos y con el torque adecuado, en caso de que hagan falta, proceda a colocarlos.
5	Inspección de la carcasa, junta flexible Diríjase al ventilador y revise: <ul style="list-style-type: none"> • Condición de las soldaduras, que no presenten corrosión, grietas o soldaduras. • Pintura en buen estado • Tornillos completos y ajustar los que se encuentren flojos de acuerdo a la tabla de torque. • Estado de las juntas, que no presenten grietas o fisuras • Que los empaques no estén rotos o partidos • Revisar que no falten tornillos y que no haya tornillos desajustados.
6	Inspección sistema de transmisión Retire las guardas y revise que estas se encuentren en buen estado. Luego, observe las correas no presenten algún daño, en caso de presentarlo, realizar el cambio de estas. Después, inspeccione en las poleas que no presenten desgaste en las ranuras y que se encuentren alineadas. Si es necesario realizar el cambio, realice el aviso correspondiente. Aspecto clave: Recuerde instalar nuevamente las guardas al finalizar las observaciones.
7	Inspección de bridas En las bridas revise: <ul style="list-style-type: none"> • No haya fugas por ellas • Los sellos estén en buen estado • No hayan signos de corrosión • Si faltan tornillos, reponerlos con el torque adecuado.
8	Inspección sistema de transmisión del BM154 Retire las guardas y revise que la cadena y los piñones se encuentren en buen estado.
9	Normalizar el equipo Retirar bloqueo según norma TE023005 (tarjetas y candados)
10	Entregable de la actividad <ul style="list-style-type: none"> • Al finalizar la actividad asegúrese de registrar en el aviso, los datos de cada medida realizada. • Indique las observaciones encontradas con respecto al estado del equipo. • Indique en el aviso los cambios o modificaciones realizadas para normalizar el equipo. • Si el equipo entra a operar y queda alguna novedad realice un aviso subsecuente, documentando claramente la anomalía a corregir. • Al final asegúrese de adjuntar sólo la tabla de resultados en el aviso.

P00305FD

2014-09-22

REV. 3

Figura 24. 24S RUT Inspección mecánica del ventilador FA376 y tornillo sin fin BM154

Tomada de: Elaboración propia. 2015.

6. CONCLUSIONES

Del desarrollo de la programación de mantenimiento para el Sistema Centralizado de Vacío se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se utilizaron los manuales correspondientes del soplador de lóbulos y del motor para establecer algunos parámetros (tipo de lubricante, periodicidad de las tareas, entre otras) en los planes de mantenimiento.
- Se utilizó la metodología del RCM en los tres equipos críticos del sistema para determinar porque se deben realizar las tareas preventivas descritas en los planes de mantenimiento.
- Se entregaron tres planes de mantenimiento, dos de carácter mecánico y uno eléctrico, resultado del RCM, a la persona encargada de estos.
- Se realizó una reunión con la presencia de los supervisores de mantenimiento de la unidad de DRKEF y del líder del proyecto del Sistema Centralizado de Vacío para dar a conocer la programación de mantenimiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J. (2004). *Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo, auxiliado por software, para una línea de pintura electroforética*. Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Amendola, J. (2006). *Gestión de proyectos de activos industriales*. Valencia: Editorial de la UPV.
- Cerro Matoso S.A. (2012). Montelíbano.
- Cerro Matoso S.A. (2014). *Plantilla para procedimientos de mantenimiento planta*.
- COIN. (2014). *Instructivo general para operación y mantenimiento. Sistema de Captación. Colector de polvo*.
- DRESSER Roots. (2004). *Instruction and operating manual*.
- Gates Corporation. (2010). *Heavy Duty V-Belt Drive Design Manual*. Recuperado el 2014, de http://www.gates.com/~~/media/files/gates/industrial/power-transmission/catalogs/heavy_duty_vbelt_drive_design_manual.pdf
- Guerra, G. (2012). *Sistema Centralizado de Vacío piso de carga (PPT)*.
- INDISA S. A. (2014a). *Ingeniería detalle Sistema Centralizado de Vacío*. Medellín.
- INDISA S. A. (2014b). *I. D. Sistema Centralizado de Vacío*. Medellín.
- INDISA S.A. (16 de Diciembre de 2013a). Plano: Arreglo general. Layout e isometricos equipos nivel 83.350 I.D. Sistema Centralizado de Vacío (CVC) Unidad de negocios DRKEF.
- INDISA S.A. (2013b). *Plano: Diagrama de flujo sistema de limpieza piso de carga. I.D. Sistema Centralizado de Vacío (CVC) Unidad de negocios DRKEF*.
- INDISA S.A. (2013c). *Plano: P&ID Diagrama de proceso e instrumentación. I.D. Sistema Centralizado de Vacío (CVC) Unidad de negocios DRKEF*.

- INDISA S.A. (2013d). *Plano: Ductos de proceso. Isométrico piso de carga L1 Nivel 83.220 I.D. Sistema Centralizado de Vacío (CVC) Unidad de negocios DRKEF.*
- INDISA S.A. (2013e). *Plano: Ductos de proceso. Isométrico piso de carga L2 Nivel 83.220 I.D. Sistema Centralizado de Vacío (CVC) Unidad de negocios DRKEF.*
- INDISA S.A. (2014c). *Plano: Detalles constructivos Boquillas para pilas. I. D. Sistema Centralizado de Vacío CVC. Unidad de Negocios DRKEF.*
- INDISA S.A. (2014d). *Plano: Dimensiones generales del filtro de mangas.*
- INDISA S.A. (2014e). *Data Sheet: Valvula tipo Dump simple (un solo cuerpo).*
- MASKA. (2014). *MASKA Catálogo de productos.* Recuperado el 2014, de <http://pdf.directindustry.es/pdf/maska/catalogo-mask/11939-195216.html>
- NTN - SNR. (2015a). *NU320C3 Rodamientos de rodillos cilíndricos de 1 hilera.* Recuperado el 2015, de <https://eshop.ntn-snr.com/es/NU320C3-687085.html>
- NTN - SNR. (2015b). *6316C3 Rodamientos de bolas de 1 hilera.* Obtenido de <https://eshop.ntn-snr.com/es/6316C3-684523.html>
- PDBLOWERS INC. (2015). *Products: Expansion Joint .* Recuperado el 2015, de <http://www.pdblowers.com/pr13697-14-single-arch-epdm-expansion-joint.php?c=80>
- Pérez, C. M. (s.f.). *Soporte & CIA. LTDA.* Recuperado el 2014, de http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf
- Rapiscol S.A. (2014). *Plano: Tornillo sin fin. Tornillo O9" - Calcina.*
- TECO Westinghouse. (2010). *Instructions For Three Phase Induction Motors.*

Torres, L. D. (2005). *Mantenimiento su implementación y gestión*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte1.pdf>

UPME. (Noviembre de 2009). *El níquel en Colombia*. Recuperado el Febrero de 2015, de http://www.upme.gov.co/Docs/Niquel_Colombia.pdf

Zylberberg. (2005). RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Mantenimiento Planificado.

8. ANEXOS

ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CVC

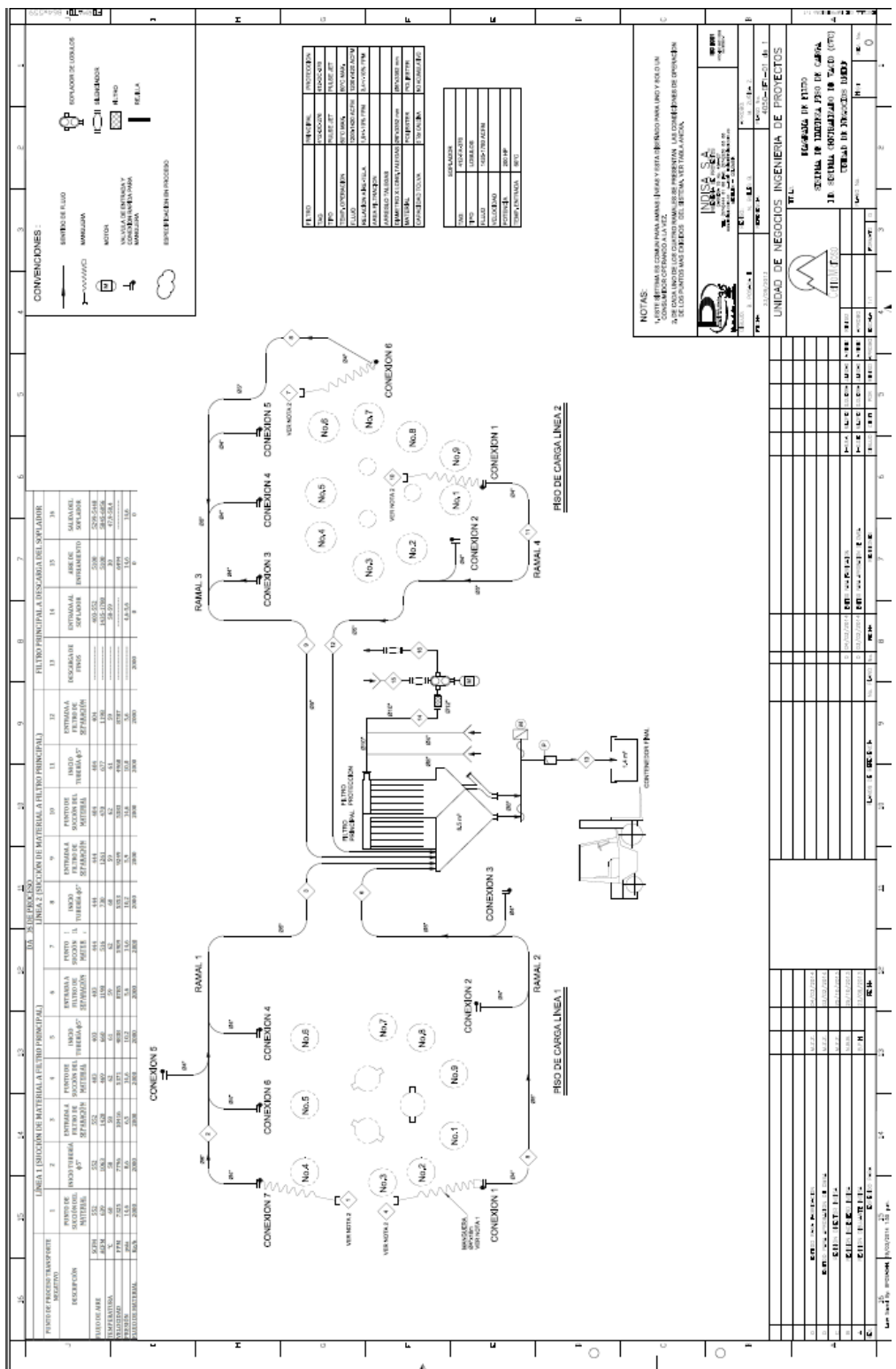


Figura 25: Diagrama de flujo del CVC
Tomada de: (INDISA S.A., 2013b)

ANEXO 2. DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN

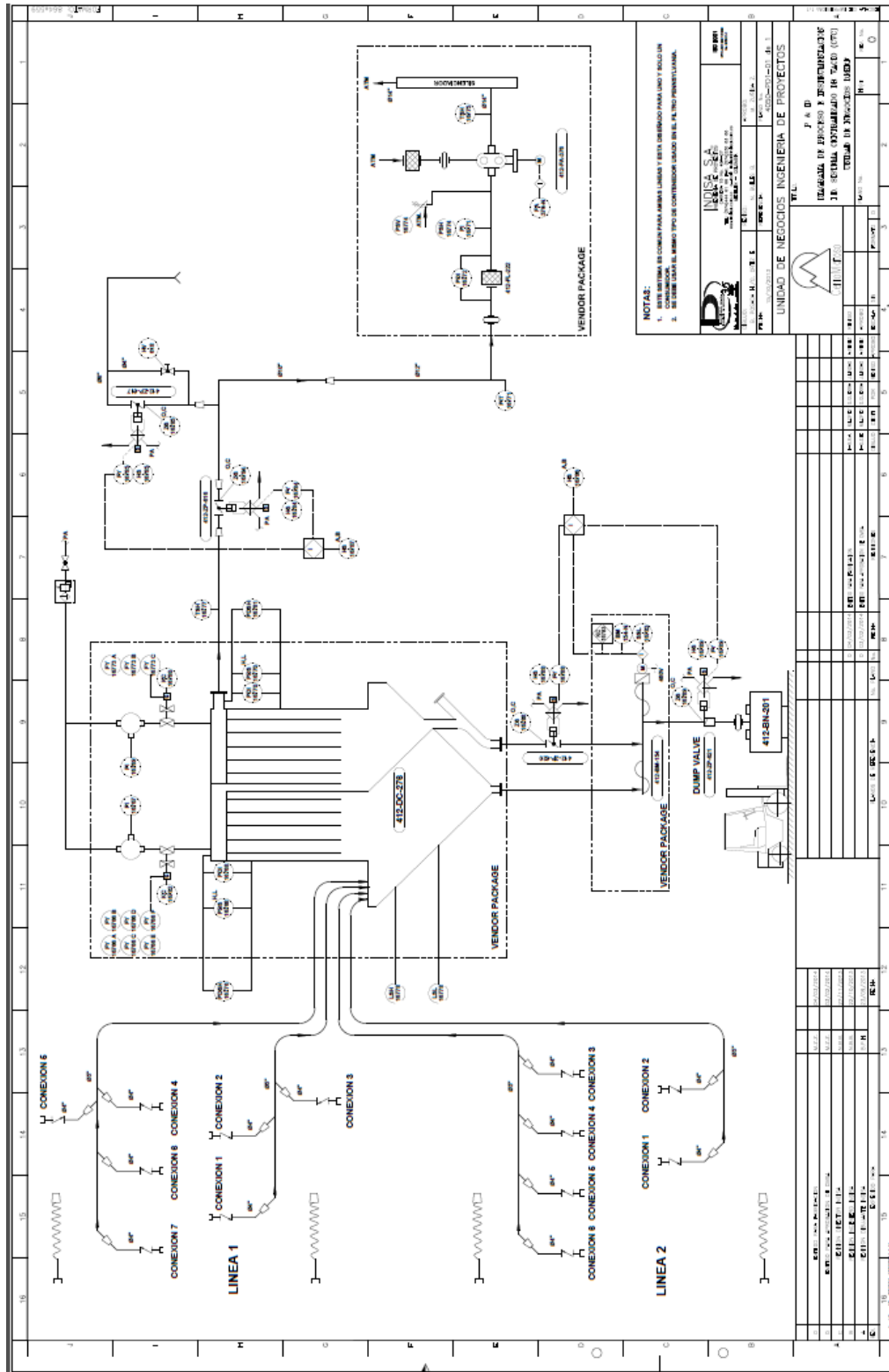


Figura 26: P&ID del CVC
 Tomada de: (INDISA S.A., 2013c)

ANEXO 3. PAQUETE DE VACÍO

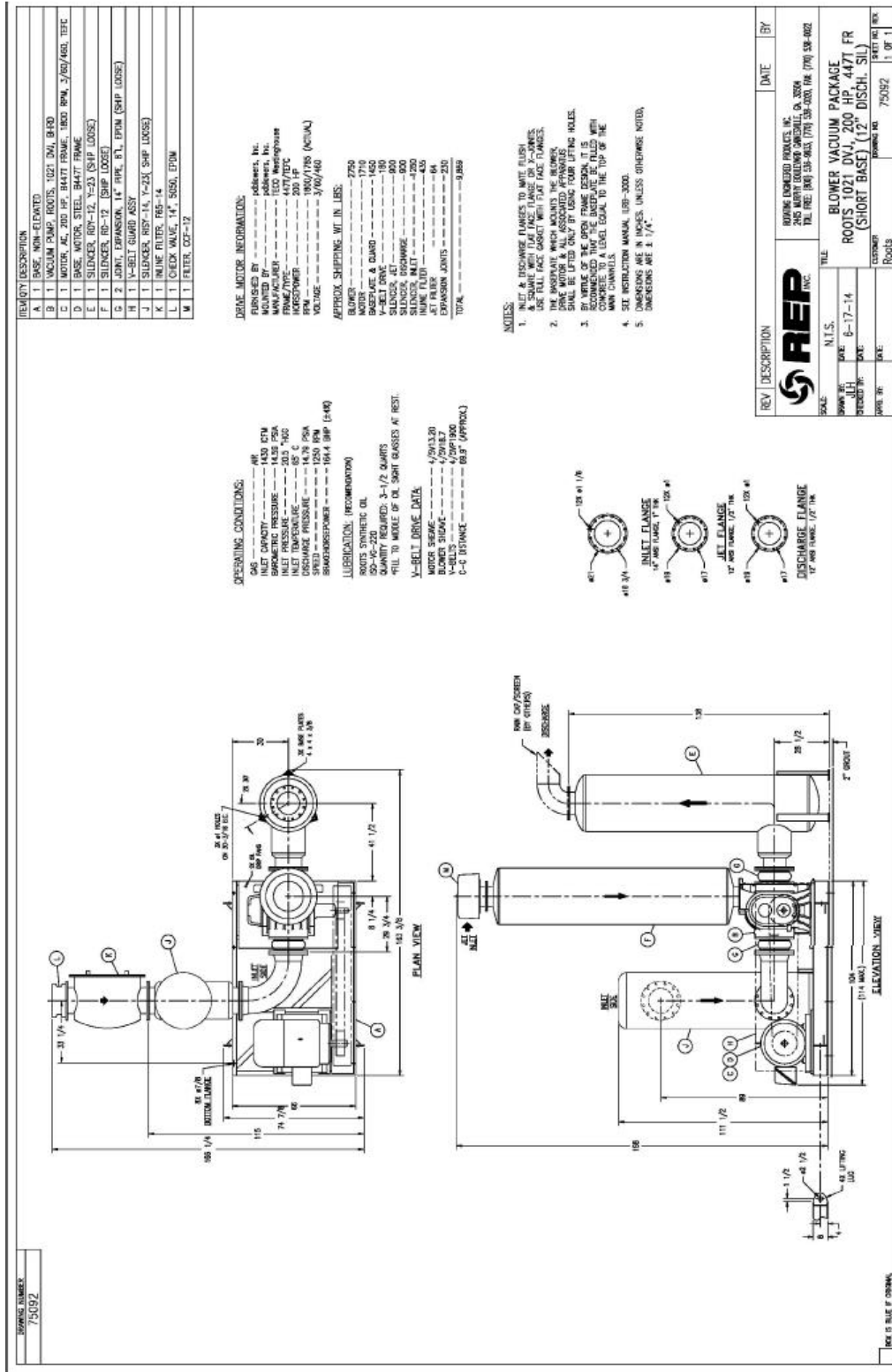


Figura 27: Paquete de vacío del soplador
Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

ANEXO 4. FICHA TÉCNICA DEL MOTOR DEL SOPLADOR DE LÓBULOS


											
ISSUED 6/1/2011			PERFORMANCE DATA 3-PHASE INDUCTION MOTOR						ENCLOSURE TEFC		
TYPE AEHH8P									CATALOG# NP2004		
NAMEPLATE INFORMATION											
OUTPUT HP KW		POLE	FRAME SIZE	VOLTAGE	HZ	RATED AMBIENT	INS. CLASS	NEMA DESIGN	TIME RATING	SERVICE FACTOR	
200 149.2		4	447T	460	60	40°C	F	B	CONT.	1.15	
VARIABLE FREQUENCY DRIVE SERVICE											
VARIABLE TORQUE						OHMS/PHASE EQUIVALENT WYE CIRCUIT (AT RATED OPERATING TEMPERATURE 25°C)					
HZ		HP	RPM	TORQUE (lb-ft)		R1	R2	X1	X2	X _n	
3-60		0.025-200	90-1800	1.458-588		0.0248	0.0232	0.219	0.442	10.3	
CONSTANT TORQUE						CONSTANT HORSEPOWER					
HZ		HP	RPM	TORQUE (lb-ft)		HZ	HP	RPM	TORQUE (lb-ft)		
6-60		20-200	180-1800	588		60-90	200	1800-2700	588-392		
TYPICAL PERFORMANCE											
FULL LOAD RPM	EFFICIENCY				POWER FACTOR			SOUND PRESSURE LEVEL @ 3 FT D(A)			
	FULL LOAD		3/4 LOAD	1/2 LOAD	FULL LOAD	3/4 LOAD	1/2 LOAD				
	MIN. %	NOM. %	%	%	%	%	%				
1786	95.4	96.2	95.8	95	84.5	82.5	78.5	81			
CURRENTS											
NO LOAD			FULL LOAD			LOCKED ROTOR			NEMA KVA CODE LETTER	SAFE STALL TIME IN SECONDS	
AT			AT			AT				COLD	HOT
460 VOLT			460 VOLT			460 VOLT					
46.4			230			1450			G	19	13
TORQUE				INERTIA			ACCEL TIME (DOL)			ALLOWABLE STARTS PER HOUR	
FULL LOAD (lb-ft)	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT	ROTOR WR ² (lb-ft ²)	NEMA LOAD WK ² (lb-ft ²)	MAX ALLOWABLE WK ² (lb-ft ²)	NEMA LOAD WK ² Sec	MAX ALLOWABLE WK ² Sec	COLD	HOT	
588.00	120	95	210	73.5	831	1662	5.52	10.59	2	1	
APPROVED:	M. PRATER		DRAWING NO.	31057NP2004				REVISION:	0		

Figura 28: Ficha técnica del motor
Tomada de: (TECO Westinghouse, 2010)

ANEXO 5. RED DE TUBERÍA EN EL PISO DE CARGA LÍNEA 1

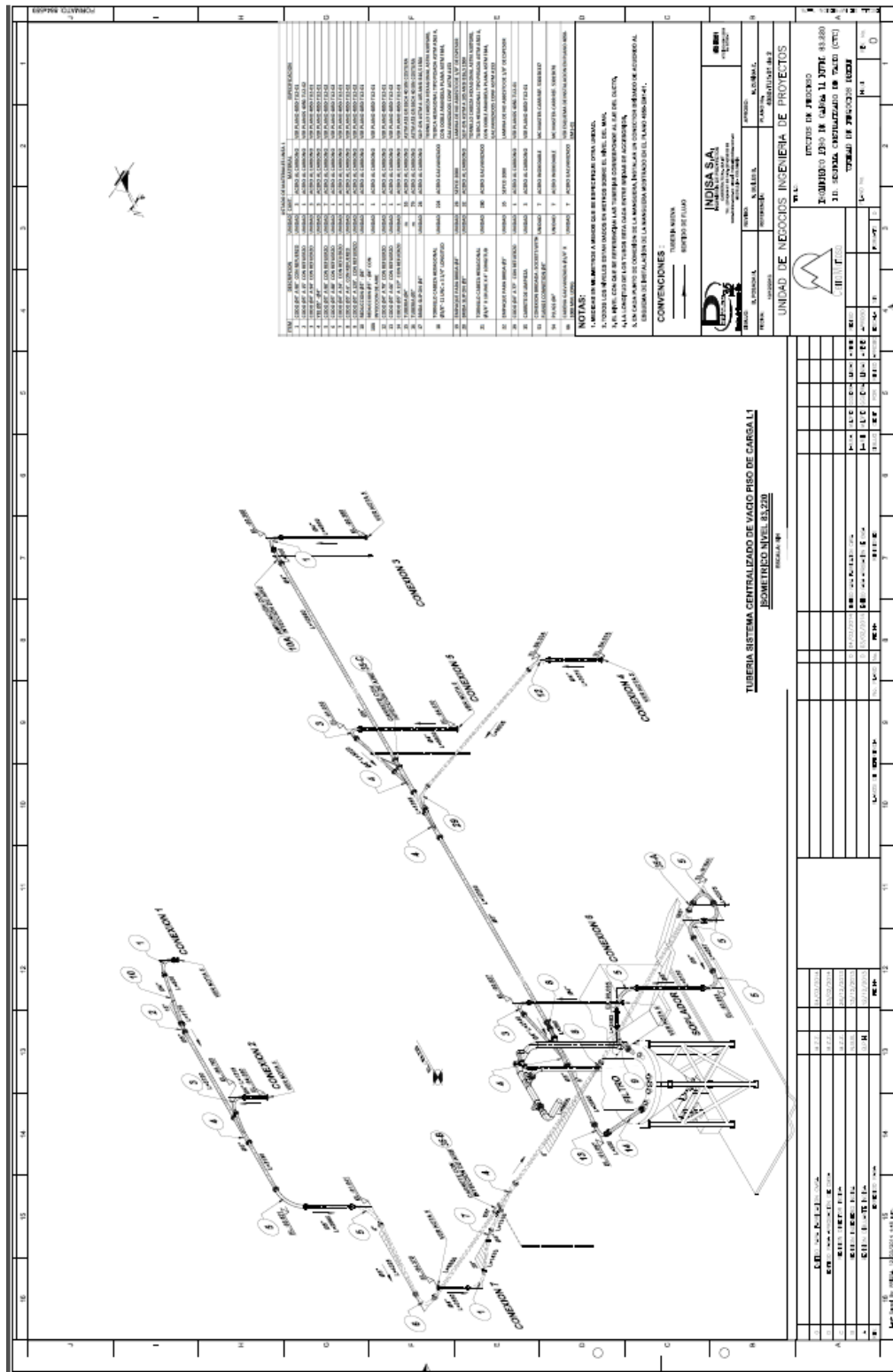


Figura 29: Red de tubería en Línea 1
 Tomada de: (INDISA S.A., 2013d)

ANEXO 6. RED DE TUBERÍA EN EL PISO DE CARGA LÍNEA 2

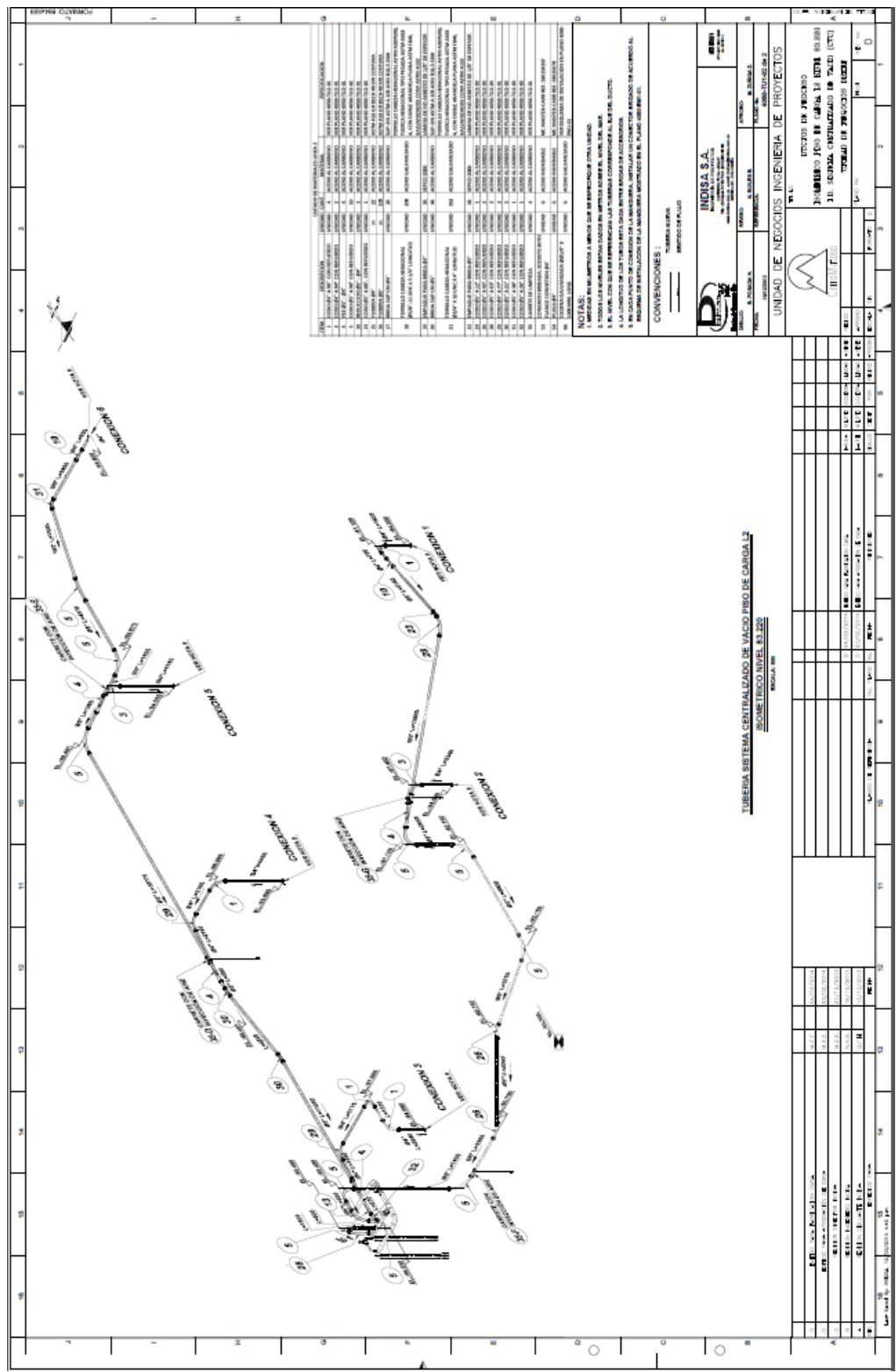


Figura 30: Red de tubería en Línea 2
Tomada de: (INDISA S.A., 2013e)

ANEXO 7. PLANO DEL SISTEMA TRANSPORTADOR

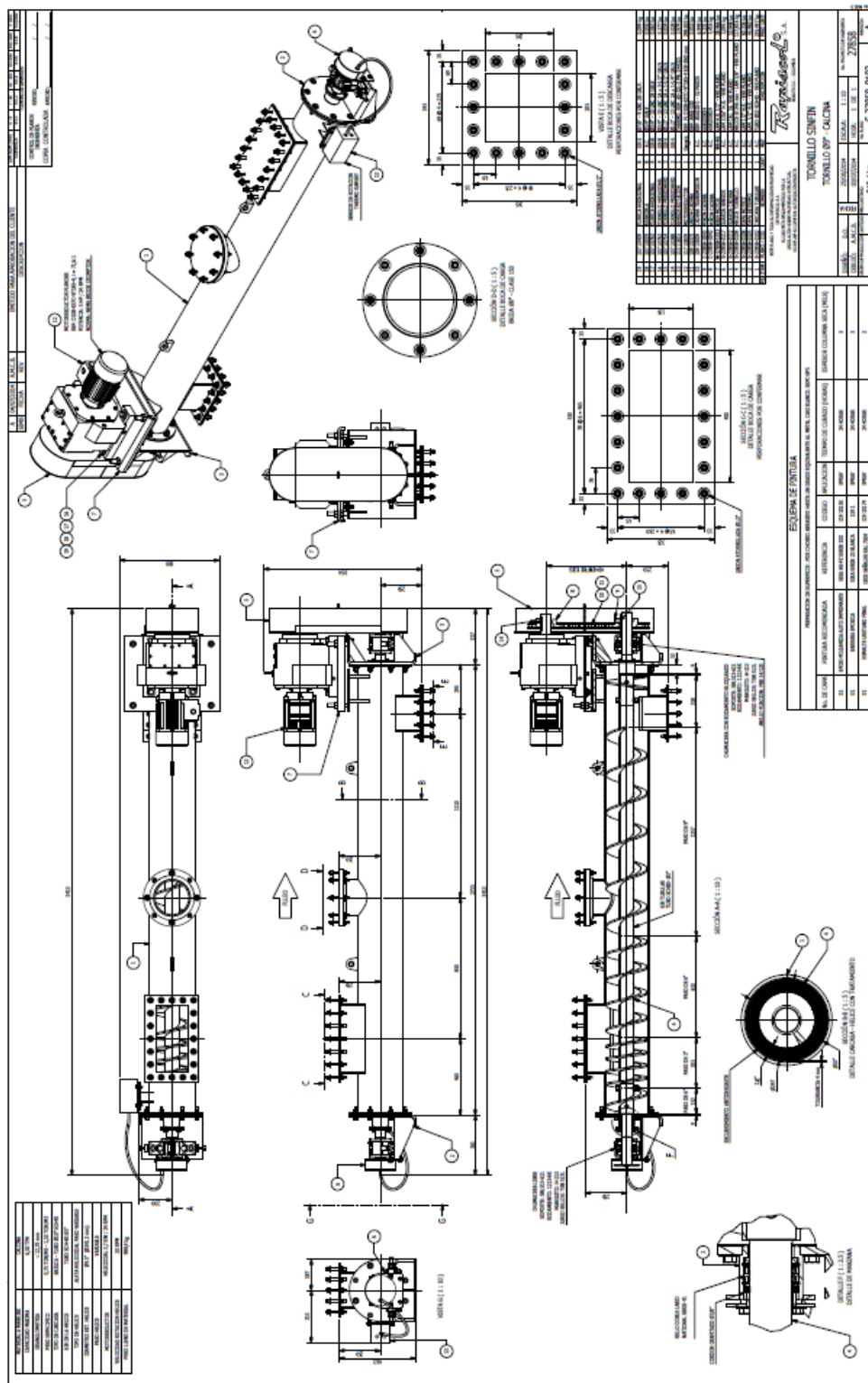


Figura 31: Plano del tornillo sin fin
Tomada de: (Rapiscol S.A., 2014)

ANEXO 8. PLANO DEL SOPLADOR DE LÓBULOS

Table 10 - Parts Identification List for Figures 17, 18 or 19

Item Number	Quantity Used	Identification	Item Number	Quantity Used	Identification
1	1	Headplate - Gear End	60	1	Bearing - Inboard (f)
1A	1	Headplate - Drive End	61	2	O-ring - End Cover
2	1	Cylinder	62	1	Spacer Sleeve - Outboard Brng.
3	1	Gearbox	63	1	Bearing Carrier - Extended Drive
5	1	End Cover - Driving (Cplg.)	64	2	Dowel Pin - End Cover
5A	1	End Cover - Driven Shaft	66	1	Air Vent - End Cover (Belted)
6	4 ^a	Bearing Carrier	67	1	Plug - Gearbox Drain
7	2	Impeller	69	4	Plug - Bearing Housing
9	2	Timing Gear	70	4	Plug - Instrument Taps
10	2	Timing Gear Locking Assembly	71	2	Leveling Label
12	2	Stub Shaft - Gear End	72	4	Set Screw - Leveling
13	1	Stub Shaft - Driving	73		
14	1	Stub Shaft - Driven	74		
15			75		
16	1	Key - Drive Sheave or Coupling	76		
17	4 halves	Shims - Brng. Carrier, Drive End	77	1 or 2 ^a	Spacer Ring - Drive End Bearing
18	1	Gasket - Gearbox Flange	78		
22	Varies	Capscrew - End Cover (Soc. Hd.)	80		
23	1	Shaft Seal - Outboard	81	2	Gasket - Brng. Carrier, Gear End
24	2	Bearing Locknut	82	2	Oil Dam - Gear End Bearing
25	2	Bearing Lockwasher	83	2	Oil Control Shield
26	8	Lockwasher - Brng. Carrier (See 49)	84	1 or 2 ^a	Oil Pan (Secondary Sump)
27	4	Shaft Seal - Inboard	85	4	Capscrew - Oil Pan
28	2	Air Vent - Drive End	86	Varies	Self-Tap Screw - Oil Pan
29	2	Eyebolt - Lifting	87	1	Gauge Oil Level - Gear End
30	Varies	Capscrew - Gearbox & Headplate Fig.	88	6	Plug - Drive end Fill & Drain
31	4	Bearing - Roller	89	2	Locking Nut (See 96)
34	1	Nameplate	90	2	Gauge Oil Level - Drive End
35	6	Drive Screw - Nameplate & Arrow	91		
36	8 or 0 ^a	Dowel Pin - Flange Locating	92	1	Lube Nameplate - Gear End
37	1	Vent Plug - Gearbox	93	1	Lube Nameplate - Drive Enc
42	Varies	Capscrew - Stub Shaft (Soc. Hd.)	94		
43	Varies	Taper Pin - Stub Shaft, Gear End	95		
45			96	2	Slinger Set Screw (See 89)
49	16	Capscrew - Brng. Carrier (See 26)	100	4 or 0 ^a	Dowel Pin - Flange Locating
56	1	Rotation Arrow	110	1 or 0 ^a	Oil Shroud
58	1	End Cover - Driving (Belted)	111	1 or 0 ^a	Oil Shield

Figura 32: Listado de partes del soplador de lóbulos
Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

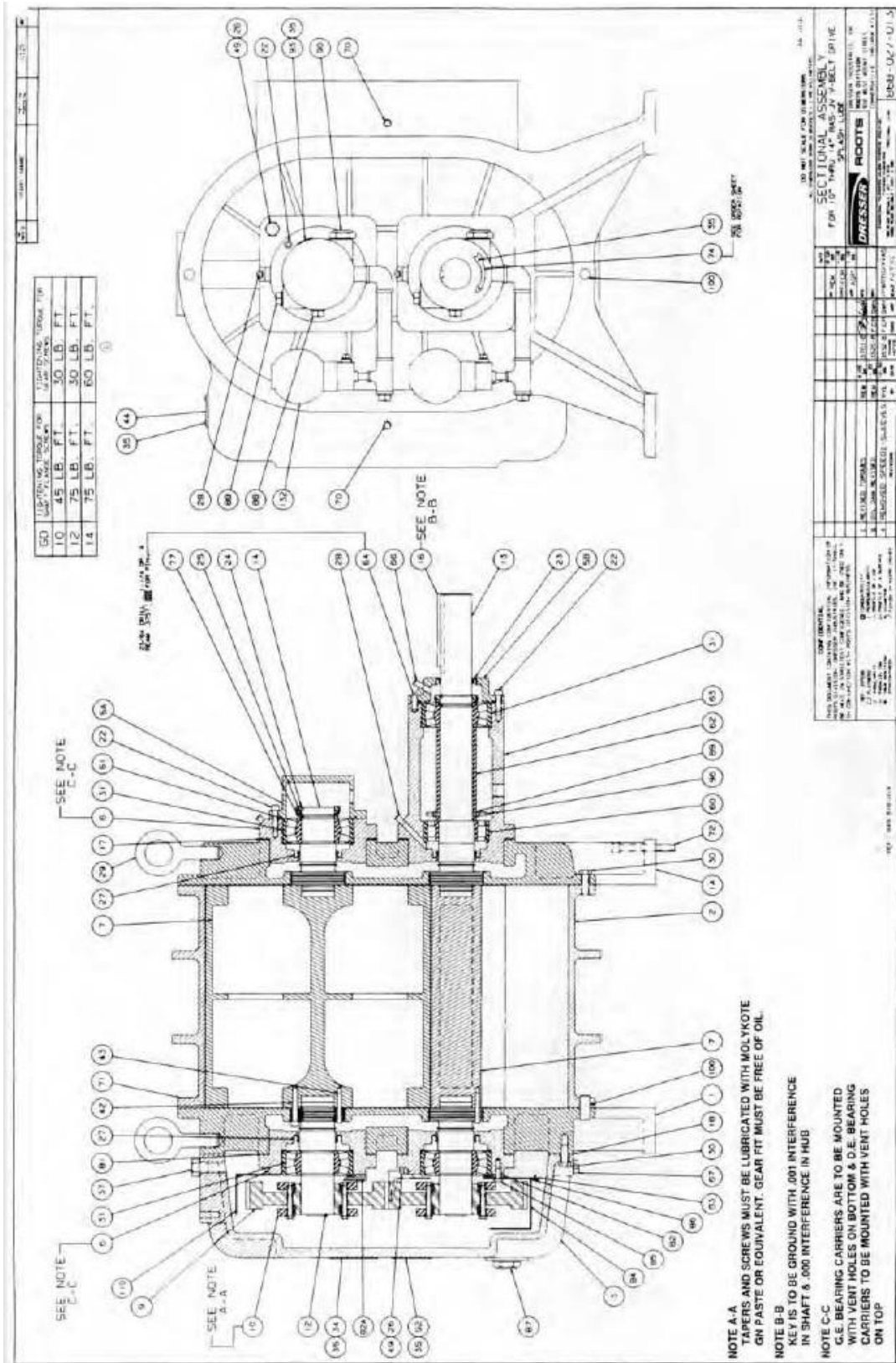



Figura 33: Plano del soplador de lóbulos
Tomada de: (DRESSER Roots, 2004)

ANEXO 9. PLANTILLA PARA PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PLANTA

 Cerro Matoso	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO			Tipo	<i>Rutinario/No rutinario</i>	
	CÓDIGO			<i>Actividad de mantenimiento a realizar</i>		
	Habilidad	Descripción	Fecha	<i>Espacio para normalización</i>	Rev	<i>Esp normaliz</i>
Elaborado		Revisado				
Titulación:		<i>Titulación Pladesa (Aplica para habilidad eléctrica)</i>				
Registro de revisión y aprobación:		<i>Espacio para normalización</i>				

- **Propósito (campo obligatorio):** (Describa aquí brevemente en forma clara para qué existe este procedimiento y/o modos de falla típicos según aplique. Ejemplo: "Realizar reacondicionamiento del equipo dentro de parámetros establecidos por el fabricante y buscar defectos en procura de evitar fallas")
- **Alcance (campo obligatorio):** (Describa aquí brevemente en forma clara el área, sistema, función, equipo o personal según corresponda al cual aplique este procedimiento. Ejemplo: "Contactores Tipo Limitamp media tensión, con cámara de aire, 400A y 700A (línea uno)")
- **Documentos de Referencia (campo obligatorio):** (Escriba aquí documentación relevante como planos, manuales, normas, reglas, etc. cuando aplique que complementen el procedimiento de trabajo. Ejemplo: Manual del Fabricante "High Voltage AC Contactors GEH3102")
- **Materiales, Herramientas y Equipos Especiales (diferentes a repuestos y herramienta de dotación) (campo obligatorio):** (Ejemplo: Galgas para calibración – Fuente 125 VDC para probar contactor – Megóhmetro (Megger)– Kit de puesta a tierra)
- **Requerimientos de HSEC Relevantes (campo obligatorio):** (Escriba aquí los requerimientos de HSEC indispensables para efectuar la tarea descrita en el procedimiento. Ejemplo: "Habilitación para Trabajo con Tensión Expedido por el Empleador – Aplicar Regla de Trabajo con Electricidad")

PASO A PASO DEL PROCEDIMIENTO	
<i>(Inserte tantos pasos como requiera el procedimiento)</i>	
1	Paso 1 (Ejemplo: "Aislamiento y bloqueo (Seguir norma TE-023005)")
<i>(Si el título es suficiente y no se requieren especificar detalles ni aspectos claves del paso puede eliminar este campo y continuar con el siguiente paso)</i>	
Aspectos Claves: (Escriba aquí brevemente y en forma clara aspectos claves de seguridad del paso o aspectos que puedan facilitar o entorpecer la ejecución de este paso. Ejemplo: "Presencia de tensión 4,16 kV – Riesgo de Arco Eléctrico – Dependiendo del equipo puede haber alimentación alterna 120 VAC para prueba sin potencia – Circuitos sin puesta a tierra deben tratarse como si tuviesen tensión").	
• (Escriba aquí detalles del paso. Si requiere más añada otra viñeta. Puede añadir gráficos, tablas, diagramas, etc. según necesite).	
2	Paso 2 (Ejemplo: "Inspección general del cubículo de control")
<i>(Si el título es suficiente y no se requieren especificar detalles ni aspectos claves del paso puede eliminar este campo y continuar con el siguiente paso)</i>	
Aspectos Claves: (Escriba aquí brevemente y en forma clara aspectos claves de seguridad del paso o aspectos que puedan facilitar o entorpecer la ejecución de este paso. Ejemplo: "Posible presencia de alimentación alterna 120 VAC")	
• (Escriba aquí detalles del paso. Si requiere más añada otra viñeta. Puede añadir gráficos, tablas, diagramas, etc. según necesite).	
n-1	Normalizar el equipo
<i>(Escriba aquí las actividades requeridas para normalizar el equipo como son: desbloquear el equipo, hacer las pruebas funcionales y la entrega formal al responsable del equipo, área o sistema según aplique)</i>	
n	Entregable de la actividad
<ul style="list-style-type: none"> • Al finalizar la actividad asegúrese de registrar en el aviso, los datos de cada medida realizada. • Indique las observaciones encontradas con respecto al estado del equipo. • Indique en el aviso los cambios o modificaciones realizadas para normalizar el equipo. • Si el equipo entra a operar y queda alguna novedad realice un aviso subsecuente, documentando claramente la anomalía a corregir. • Al final asegúrese de adjuntar sólo la tabla de resultados en el aviso. 	

P00305FD
2014-09-22
1
REV. 3


Figura 34: Plantilla para procedimientos de mantenimiento planta (Página 1)
Tomada de: (Cerro Matoso S.A., 2014)

TABLA DE RESULTADOS (Elabore la tabla a su medida según aplique al procedimiento para escribir los resultados y/o mediciones según aplique)					
<i>MEDIDA</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>EQUIPO 1</i>	<i>EQUIPO 2</i>	<i>EQUIPO 3</i>	<i>EQUIPO 4</i>
<i>RESISTENCIA</i>	<i>OHMIOS</i>				
<i>TENSION</i>	<i>VOLTIOS</i>				
<i>CORRIENTE</i>	<i>AMPERIOS</i>				

Figura 35: Plantilla para procedimientos de mantenimiento planta (Página 2)
Tomada de: (Cerro Matoso S.A., 2014)

ANEXO 10. ACTA DE REUNIÓN DE SOCIALIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE VACÍO

Anexo 5.



REGISTRO DE ENTRENAMIENTO INTERNO O REUNION DE GRUPO

CONTROL DE ASISTENCIA

TEMA DE LA REUNIÓN / NOMBRE DEL CURSO
Planes de mantenimiento Sistema Centralizado de Vacío

HSE

Personas: Ambiente:

Entrenamiento:

OTROS:

Equipo Líder: Cliente/ Proveedor: Proyectos:

Paradas de planta: Otro, Cual?:

PROPÓSITO DE LA REUNIÓN
Dar a conocer al personal de mantenimiento los planes para el sistema Centralizado de Vacío.

FECHA (AAAA-MM-DD):
2015-01-20

SITIO
Sala reunión Mantto R.K.U

DURACIÓN (Horas)
1 H

PARTE I

ASISTENTES

No	CEDULA	NOMBRE COMPLETO	UNIDAD DE NEGOCIO	FIRMA
1	76.706.76	Dionisio Pérez	Mtto Planta	
2	77.726.76	Luiswin Acuña	Mtto Planta	
3	72.260.852	Juan Carlos Soto F	Mtto Planta	
4	71141294	Juan Vicente Gudiño	Mtto planta	
5	78303106	FRANUSCO JAVIER PIVA	Mtto Planta	
6	72015427	Luis Teres Polony	Mtto Planta	
7	13536258	Luis Enrique Jimenez	Mtto planta	
8	88214109	Luis Carlos Benilla	Mantto Planta	
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

NOMBRE DEL INSTRUCTOR

FIRMA DEL INSTRUCTOR

FIRMA GERENTE UNIDAD DE NEGOCIO

A03301FD
Página 1 de 2
2012-03-10
REV.14

Figura 36: Acta de reunión de socialización
Tomada de: Elaboración propia, 2015