

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS
BOMBAS NEUMÁTICAS EN LA PLANTA DE SANITARIOS Y LAVAMANOS DE LA EMPRESA
COLCERÁMICA CORONA S.A.**

CARLOS ANDRÉS RUEDA MACIAS

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2015**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS
BOMBAS NEUMÁTICAS EN LA PLANTA DE SANITARIOS Y LAVAMANOS DE LA EMPRESA
COLCERÁMICA CORONA S.A.**

CARLOS ANDRÉS RUEDA MACIAS

**Trabajo de Grado en la modalidad de Pasantía para optar al título de Ingeniero
Mecánico**

ADRIANA FERNANDA SIERRA ALARCÓN

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2015**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPITULO 1	9
DISEÑO DE INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LAS BOMBAS NEUMÁTICAS EN CORONA S&L.....	9
CAPITULO 2	16
PLAN DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DE BOMBAS NEUMÁTICAS DISEÑADO PARA CORONA S&L	16
Plan de mantenimiento actual de bombas neumáticas	16
Plan de mejora para el mantenimiento de bombas neumáticas	19
CAPITULO 3	22
ALTERNATIVA DE CAMBIO PARA LAS BOMBAS NEUMÁTICAS MARCA WILDEN DE REFERENCIA W	22
CAPITULO 4	28
PASANTIA EN EL AREA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA S&L DE CORONA	28
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES.....	32
FUENTES DE INFORMACIÓN	33
ANEXOS	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Plan de mantenimiento de bombas neumáticas de la planta S&L vigente (Datos de las bombas)	18
Tabla 2. Plan de mantenimiento de bombas neumáticas de la planta S&L vigente (Cronograma de cambio con indicador de cumplimiento)	19
Tabla 3. Nuevo plan de mantenimiento de bombas neumáticas de la planta S&L (Datos de las bombas)	20
Tabla 4. Comparación de los componentes de las bombas neumáticas de marca Wilden junto con sus componentes principales y la duración de cada uno	25
Tabla 5. Aspectos esenciales para el rendimiento de la bomba	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Indicador de disponibilidad año 2015.....	12
Figura 2. Indicador MTBF 2015	12
Figura 3. Indicador MTTR 2015	13
Figura 4. Primera bomba neumática de doble membrana de la historia	22
Figura 5. Componentes principales de una bomba marca Yamada	23
Figura 6. Interior de una bomba pro-flo shift	26
Figura 7. Tarjeta roja, tarjeta amarilla y tarjeta verde.....	29

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.....	34
ANEXO B.....	35
ANEXO C.....	36
ANEXO D.....	37
ANEXO E	40
ANEXO F	42

INTRODUCCIÓN

Corona es una de las empresas más grandes del país y sus seis unidades de negocios de manufactura han venido desarrollando diferentes productos y proporcionando diferentes servicios a nivel mundial. Una de estas seis unidades es Colcerámica Corona S.A. dedicada a la fabricación y comercialización de productos que conforman soluciones integrales para baños, cocinas, oficinas, establecimientos comerciales e industriales. Esta unidad opera ocho plantas a nivel nacional dentro de las que se encuentra la Planta Madrid ubicada en Cundinamarca, la cual se encarga de la producción de Sanitarios y Lavamanos (S&L). Como parte del compromiso de esta organización Corona ha previsto la implementación de indicadores que permitan medir cada uno de los aspectos de la planta y verificar mes a mes el cumplimiento de las metas establecidas por la compañía.

En el departamento de mantenimiento de la planta de sanitarios y lavamanos se lleva un registro mensual de las averías presentadas en todo el proceso de producción para así calcular los indicadores de gestión del mantenimiento relevantes, identificar y analizar las causas de los problemas o inconvenientes que se presentan y a partir de esto generar algún plan de acción que permita disminuir o impedir que se vuelvan a presentar tales problemas. Cuando se hace un análisis y revisión de las averías que se han venido presentando desde años anteriores se puede comprobar que algunas de éstas han ocurrido por algún fallo de una bomba neumática o por alguno de sus componentes internos o externos. Por tal razón es indispensable crear, implementar y promover el uso de indicadores de gestión del mantenimiento focalizados a las bombas neumáticas de la planta S&L de tal manera que se tenga una unidad de medición para los mantenimientos y verificar que se encuentren en un rango apropiado dentro del plan de mantenimiento que se implementa en la empresa.

Al mismo tiempo dentro de los mantenimientos programados que se ejecutan diariamente en la planta S&L, existe un plan de mantenimiento para las bombas neumáticas implementado hace un poco más de un año, el cual cuenta con algunas falencias que hacen de dicho plan poco útil cuando se habla de la totalidad de estos equipos instalados en planta junto con aquellos que se encuentran fuera de servicio por mantenimiento o se encuentran preparados para futuros mantenimientos preventivos. Por lo tanto la no inclusión de todas las bombas neumáticas en un plan de mantenimiento hace que la información con la que se reporta desde el departamento de mantenimiento no sea veraz cuando se realizan reportes al respecto de estos elementos en la jefatura de la planta.

En el concepto de mejoramiento continuo de las actividades o para este caso estrategias de mantenimiento para la empresa Colcerámica Corona S.A. es necesario hacer una revisión del impacto que está teniendo el plan establecido con antelación para las bombas neumáticas y proporcionar información crucial que permita disminuir el número de averías que se presentan mensualmente a través de la creación de indicadores de gestión del mantenimiento, donde se haga un seguimiento de estos equipos, así como proporcionar alguna mejora directa para aumentar tiempos entre mantenimientos y disminuir tiempos de reparación de los equipos en mención. Además de esto, proponer una mejora tratando el tema de obsolescencia de equipos para contribuir e impactar el mantenimiento de las bombas neumáticas en la planta de Sanitarios y Lavamanos.

CAPITULO 1

DISEÑO DE INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LAS BOMBAS NEUMÁTICAS EN CORONA S&L

Uno de los retos a los que se enfrenta una persona a cargo del departamento de mantenimiento es mejorar los resultados en su área de trabajo. Para esto el encargado debe verificar a través de ciertas mediciones el cumplimiento de las actividades desempeñadas a lo largo de cada uno de los procesos desarrollados. Todo esto permite determinar la calidad del trabajo y tomar decisiones pertinentes si dichas mediciones (indicadores) no se encuentran dentro del rango requerido en una empresa. A partir de los indicadores de gestión de calidad hay que cuestionarse qué se va a medir, cómo se va a hacer, con quien se va a hacer, etc., pero no se debe trabajar en forma aislada sin encuadrar los resultados a evaluar en el marco de los objetivos de la empresa. Es posible que haya alguno de los indicadores, sobre todo los más técnicos que no tengan una inmediata interrelación con los resultados empresariales, pero siempre se debe pensar que un departamento es una parte intrínseca de la empresa y no una isla en la misma, inconexa con el resto. Los resultados deben estar totalmente en línea con las expectativas empresariales de un departamento. [1] Lo que muchas empresas necesitan es un sistema que permita a sus directivos controlar y verificar las actividades de producción para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué. [2]

Los indicadores de gestión del mantenimiento se pueden dividir según su utilidad y para esto deberían ser: pocos, claros de entender, calculables y útiles para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué. También se pueden dividir según su gestión y para esto se deben usar en función de: identificar los factores claves de la producción, definir índices que los evalúen, establecer registros de datos que permita su cálculo periódico, establecer valores estándares (consigna) para dichos índices objetivos y tomar las oportunas acciones y desviaciones que se detecten. [2]

Tradicionalmente los indicadores se han visto reactivamente, es decir, utilizándolos para mirar hacia atrás con vistas a planear el futuro, sin embargo se ha venido provocando un cambio en este sentido encaminado a utilizar los indicadores con una visión proactiva, o sea, para tomar decisiones hacia el futuro, manejándolos. [4]

En la organización Corona y más específicamente en Planta Madrid se tienen en cuenta tres aspectos primordiales para que una falla o deterioro en algún equipo, máquina o sistema sea considerada avería. Los tres aspectos que se deben cumplir al tiempo son: que el paro de máquina sea mayor a 10 minutos, que exista cambio de repuestos del equipo o elemento en cuestión, por último, dicho paro de máquina no debe haber sido programado anteriormente.

El formato de averías que utiliza el departamento de mantenimiento está conformado por los siguientes campos:

- Número de registro.
- Fecha en que se diligencia el formato y fecha de reparación.
- Máquina y área donde se realiza la reparación.
- Datos del técnico que realiza la reparación.
- Hora de inicio del mantenimiento, hora de finalización del mantenimiento y tiempo total de paro de la máquina.
- Descripción del problema, causa de la avería y acción tomada inmediatamente.
- Clasificación de la avería por un análisis de las 5 medidas básicas (deterioro forzado, sobrecarga, deterioro natural, punto débil del diseño y error humano).
- Preguntas concernientes a la avería.
- Aceptación del trabajo realizado por el técnico de mantenimiento.

Los campos mencionados anteriormente se registran en un archivo que permite hacer filtros por área, proceso, pequeño equipo de mantenimiento¹, fecha de la avería, entre otros, a partir de los cuales se puede hacer un análisis de las averías cuando sea solicitado por algún área específica de la planta. El registro de los formatos en el archivo de Excel lo lleva a cabo el programador de mantenimiento de la planta. En el anexo A se muestra el formato de averías descrito anteriormente.

Los indicadores de gestión del mantenimiento que se utilizan en la planta S&L son primordiales a la hora de tener información sobre un factor crítico identificado en la organización así como en los procesos relacionados con el mantenimiento de equipos y máquinas industriales. Los indicadores manejados son: indicadores de costos de mantenimiento, indicadores de productividad (MTBF, MTTR, cantidad de averías y cantidad de ajustes), indicadores de seguridad (número de días sin accidentes) e indicadores de cumplimiento de tarjetas².

En cálculo de indicadores en el área de mantenimiento se realiza mensualmente por el programador de dicha área y se registran en un archivo de Excel. El programador a su vez es el encargado de actualizar los tableros donde se publica mes a mes las gráficas de cada uno de los indicadores mencionados anteriormente. El análisis de los indicadores se lleva a cabo por el jefe de mantenimiento, quien compara los indicadores con las metas establecidas y toma decisiones al respecto en el caso de ser necesario. Por otra parte, el coordinador del sistema de producción califica la gestión de mantenimiento comparando los indicadores con el plan maestro³ de un año específico. En el anexo B se muestra el formato de registro de los indicadores que se utilizan en mantenimiento de la planta S&L.

¹ La planta S&L está dividida en 36 pequeños equipos junto con un técnico encargado para cada una de estos lo que permite una gestión ágil para cada área.

² En planta Madrid se utiliza un sistema de registro y solución de condiciones inseguras (tarjetas amarillas), condiciones de posibles fallos en equipos (tarjetas rojas) y condiciones que puede solucionar el mismo operario o controlador (tarjetas verdes).

³ Cronograma de actividades que se estipulan para un año.

Para la elaboración de los indicadores de gestión del mantenimiento se identificaron aquellos que son primordiales y pueden contribuir en el cumplimiento de las metas trazadas por la compañía y que a partir de las bombas neumáticas impactan los procesos de llenado, sifoneo, sacar reproceso, recirculado de tolvas, entre otros.

Inicialmente se establecen los indicadores de disponibilidad, MTBF⁴ (Mean Time Between Failures), MTTR⁵ (Mean Time to Repair) por sus siglas en inglés, a partir de las averías registradas mensualmente, de las cuales se tiene que realizar un filtro que permita identificar únicamente las relacionadas con las bombas neumáticas. Dicho filtro se hace a partir del año 2013 debido a que desde ese año se hizo un cambio completo en toda la planta en el mantenimiento planeado y junto con éste cambio se implementó el concepto de avería a partir de los tres aspectos anteriormente mencionados, reduciéndose así el número de averías que se presentan mensualmente. Se crea una tabla dinámica que permita al usuario encontrar averías con facilidad por medio de un filtro de año y mes en que se presenta la avería. Además se vincula la tabla a tres gráficas que permiten visualizar y comparar cada uno de los indicadores en un año seleccionado.

Cuando se habla de una meta en el indicador de disponibilidad de las bombas neumáticas con un porcentaje del 100% representa las 200 bombas instaladas en la planta sin que se presente algún tipo de inconveniente que pueda llegar a ser evaluado y considerado una avería según los tres aspectos mencionados con anterioridad.

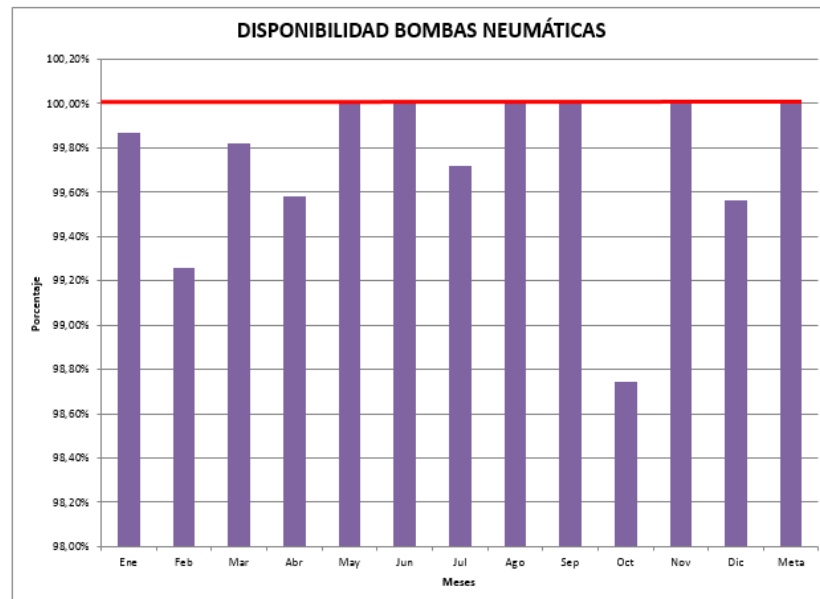
La gráfica que representa el indicador de disponibilidad permite visualizar el cumplimiento de la meta trazada para las bombas neumáticas y está elaborada a partir del tiempo en el cual un equipo está disponible para su operación y trabajo en la planta independientemente del proceso o actividad que tenga que desempeñar.

La figura 1 muestra el indicador de disponibilidad, el cual permite hacer una comparación de la meta establecida por el departamento de mantenimiento con el porcentaje en el que los equipos que incluyen en su sistema bombas neumáticas han estado disponibles mensualmente.

⁴ Tiempo medio entre fallas.

⁵ Tiempo medio para la reparación.

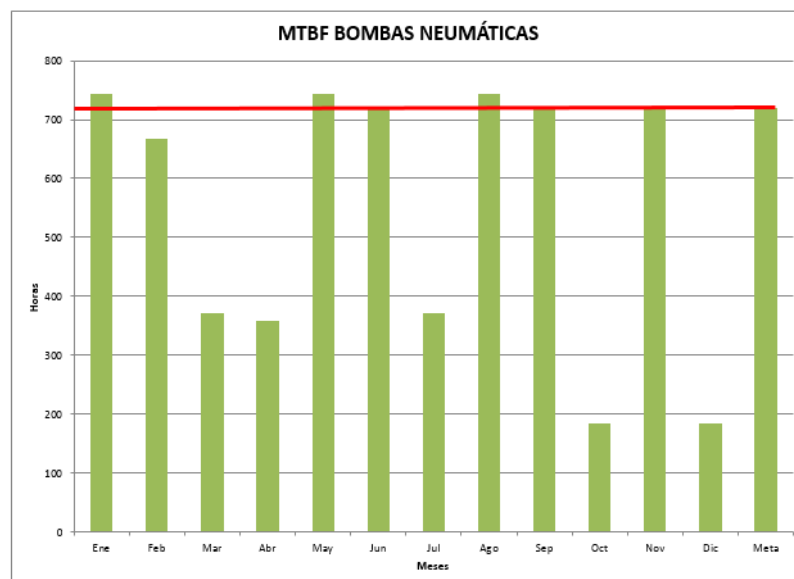
Figura 1. Indicador de disponibilidad año 2015



Fuente: Autor

En la figura 2 se puede observar el comportamiento del indicador de tiempo medio entre fallas en el año 2015, el cual permite identificar aquellos meses que se encuentran por debajo de la meta establecida, así como aquellos en los que no existe ninguna avería que involucre una bomba neumática y se cumple con el propósito de cero averías.

Figura 2. Indicador MTBF 2015



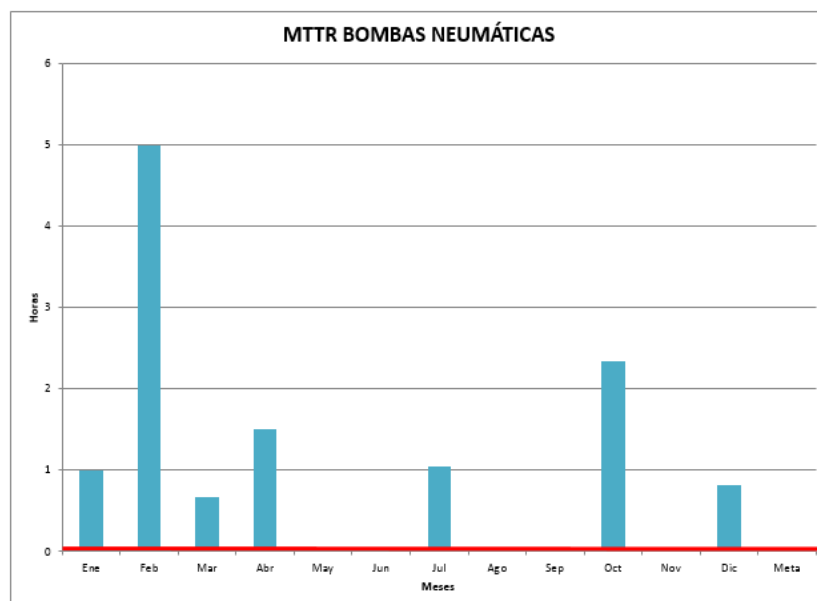
Fuente: Autor

Cuando se pretende analizar el indicador de MTBF se debe tener en cuenta que la meta establecida para estas es de 270 horas en funcionamiento, lo que representa las horas para un mes con 30 días. Contrastando la gráfica de disponibilidad con la de MTBF se observa que en algunos meses para los cuales la disponibilidad del equipo fue del 100% como en el mes de mayo, el MTBF supera le meta establecida siendo 744 horas. Lo anterior se debe a que la meta se trazó en general para 30 días y no para 31 días como lo es el caso del mes en cuestión, por lo tanto cuando se analicen aquellos meses que comprendan 31 días o 28 y 29 para el mes de febrero se debe tener en cuenta que la meta es de 744 horas y 672 y 696 horas respectivamente.

Tomando como ejemplo el mes de octubre para un análisis del indicador de MTBT, se debe revisar inicialmente el archivo de averías para constatar la cantidad de paros por avería presentados en el mes junto con el tiempo que demoró la parada una máquina incluyendo el cambio de partes o repuestos. A partir de ello examinar el problema y verificar junto con el técnico que realizó la reparación la causa raíz de la avería con el propósito de iniciar el proceso del “Análisis de avería” o “Ciclo de retroalimentación de averías”, el cual consiste en la clasificación del problema dependiendo si es deterioro forzado, sobrecarga, deterioro natural, punto débil del diseño o error humano. A partir de esto seguir el proceso estipulado en el ciclo para cada análisis de las 5 medidas básicas.

En la figura 3 se observa el comportamiento del indicador de tiempo medio para la reparación en el año 2015 donde se puede verificar el número de horas que tardan los técnicos de la planta en solucionar una avería entre el número de averías presentadas mensualmente y contrastarlo con la meta establecida.

Figura 3. Indicador MTTR 2015



Fuente: Autor

La meta establecida para el indicador de MTTR es de 0 horas para todos los meses indicando que no se presente el paro de máquina o cambio de partes o repuestos sin que haya sido programado con antelación con los operarios y facilitador del área al cual pertenezca una bomba neumática.

En las figuras 1, 2 y 3, se puede contemplar que con respecto al indicador de disponibilidad, los sistemas de la planta que utilizan bombas neumáticas en sus procesos se encuentran utilizables en un 98.75% como mínimo mensualmente para el año 2015, lo cual indica que los procesos de mantenimiento vigentes son efectivos y eficaces. Con respecto al indicador MTBF se puede conocer la frecuencia con que suceden las averías e identificar cuáles son los meses en los que el mantenimiento planeado no está correctamente establecido debido a la cantidad de averías presentadas, por lo que se requiere de un cambio en la frecuencia de mantenimiento de las bombas neumáticas que están presentando fallos en los meses especificados por la gráfica de MTBF. Por último, con respecto al indicador de MTTR se puede identificar y reconocer la importancia de las averías que se producen en los sistemas que involucran bombas neumáticas considerando el tiempo medio hasta su solución.

Al analizar cada una de las graficar y al verificar los tiempos que demoran los técnicos en realizar una reparación, se pueden tomar decisiones con respecto a prolongar los tiempos de mantenimiento de aquellas bombas que no presentan inconvenientes, así como acortar los tiempos de aquellas que presenten averías frecuentemente. Lo anterior se debe hacer teniendo en cuenta la cantidad de averías presentadas y siguiendo el ciclo de análisis de la misma para cada una de las 5 medidas básicas.

La creación de los indicadores para las bombas neumáticas consiste en llevar un registro mensual de las averías presentadas exclusivamente para estos equipos, de tal manera que se pueda controlar y ajustar el plan de mantenimiento de acuerdo a los indicadores cuando sea necesario. El análisis de los nuevos indicadores queda a cargo del jefe de mantenimiento o en su defecto algún facilitador⁶ de mantenimiento, quien pueda revisar y tomar decisiones con respecto a la meta que se traza para estos indicadores.

Los indicadores mostrados en las figuras 1, 2 y 3 tienen el propósito de mostrar la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de las bombas neumáticas en la planta de Sanitarios y Lavamanos. Al igual que los demás indicadores existentes para los diversos procesos de la planta, se pretende que los indicadores creados tengan una revisión mensual por parte del jefe de mantenimiento y el coordinador del sistema de producción, además de registrarse en un tablero dentro del taller de las bombas neumáticas de la planta.

A partir de los indicadores creados para las bombas neumáticas, tanto el jefe de mantenimiento como el coordinador del sistema de producción deben verificar que las gráficas de MTBF, MTTR y disponibilidad se mantengan en el rango adecuado, lo que indicaría que no se están produciendo averías relacionadas con las bombas neumáticas.

⁶ Es el equivalente a un supervisor de área en otras compañías.

Cuando alguna de las gráficas anteriormente mencionadas varíe considerablemente de un mes a otro, se debe entrar a revisar el archivo creado exclusivamente para el registro de averías presentadas en las bombas neumáticas o en algunos de sus componentes, esto para verificar los tipos de inconvenientes que llevan a un indicador a disminuir o aumentar según sea el caso. Cuando esto suceda el proceso a seguir es hablar con el técnico del pequeño equipo al cual pertenezca la bomba neumática, con el objetivo de hacer el análisis de la avería según el ciclo de averías de la empresa, de tal manera que se pueda hacer un seguimiento del equipo para que no se presente una falla relacionada con el mismo problema. En el anexo A se incluye el ciclo de retroalimentación de averías.

Con lo anterior se pretende que la disponibilidad mensual de las bombas neumáticas sea de un 100% en toda la planta, que el indicador de MTBF sea de 696, 672,720 o 744 horas según el mes en cuestión y el MTTR de 0 horas, lo cual sería equivalente a las 200 bombas neumáticas funcionando en planta sin ninguna intervención de las mismas ya sea ajuste o avería.

Es importante anotar que los tiempos por las intervenciones de los montajes y desmontajes de las bombas neumáticas por mantenimiento preventivo, que a su vez se encuentran incluidos en el plan de mantenimiento no son tenidos en cuenta para el cálculo de los indicadores (por tal motivo el MTTR es cero en algunos meses). Lo anterior se debe a que la empresa no tiene en cuenta dichos tiempos ya que siempre se hacen los mantenimientos cuando hay parada general de una máquina o cuando no se encuentran en operación los equipos, evitando que existan paradas en la producción.

CAPITULO 2

PLAN DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DE BOMBAS NEUMÁTICAS DISEÑADO PARA CORONA S&L

Plan de mantenimiento actual de bombas neumáticas

El mantenimiento es la realización de acciones con el objetivo de mantener o restaurar un artículo, instrumento, máquina o equipo a un estado para que pueda llevar alguna función requerida. Estas tareas incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas. [6] El mantenimiento programado se puede dividir en dos partes: mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo. Ambos sistemas están basados en revisiones periódicas programadas a los equipos pero se diferencian fundamentalmente en los medios que se utilizan para las revisiones y en las frecuencias de éstas. Mientras el mantenimiento preventivo elabora una orden de trabajo para que una bomba se saque de servicio, se desacople, se desarme y se examinen sus componentes; el mantenimiento predictivo saca una orden bimestral ordenando observar la bomba en operaciones normales, comprobar la temperatura de operación, hacer un análisis de vibraciones en cada apoyo de los elementos, observar el desempeño de la bomba con respecto a la curva de rendimiento y potencia y observar si existen posibles fugas, para ello se saca la bomba de servicio media hora y se hace la medición con un equipo de ultrasonido, pudiéndose reanudar la operación inmediatamente. [3]

Del análisis de las revisiones efectuadas se toma la decisión, si es el caso, programar una reparación del equipo, la cual incluiría el posible cambio de las partes que el análisis haya mostrado como defectuosas. En el mantenimiento preventivo es frecuente que en la misma revisión se tome la decisión de cambiar estos elementos y no sea necesario programar una posterior reparación. [3]

El plan de mantenimiento preventivo para las bombas neumáticas de la planta S&L que se ejecuta en Corona incluye 142 bombas neumáticas que están divididas según el área de ubicación en la planta, la referencia y la marca a la cual pertenecen, una pequeña descripción del proceso que realizan en planta, la frecuencia de cambio junto con el cronograma del año vigente y el indicador de cumplimiento de los mantenimientos planeados por mes. Dicho plan de mantenimiento no posee la totalidad de datos necesarios como la cantidad exacta de bombas instaladas en planta y el indicador de cumplimiento no se lleva de forma adecuada. Por tal motivo se decidió estipular un nuevo plan de mantenimiento programado el cual contenga la totalidad de los elementos en planta para la ejecución del mismo, haciendo algunas modificaciones a las frecuencias de cambio analizando los indicadores de gestión de mantenimiento establecidos de tal manera que se reduzca el número de averías que se presentan mensualmente.

En el mantenimiento actual de bombas se tienen en cuenta ocho pasos importantes para el desarrollo de la misma. Los siguientes pasos son verificados a partir del mantenimiento de una bomba neumática de marca Wilden P8 en la empresa de Colcerámica Corona S.A.:

1. Remoción de químicos lavando la bomba.
2. Desensamble del brazo múltiple de descarga, se aflojan las abrazaderas pequeñas de la parte superior.
3. Desensamble del brazo múltiple de succión. Se aflojan las abrazaderas pequeñas de la parte inferior.
4. Desensamble de recámaras de fluidos, se afloja una de las dos abrazaderas grandes para abrir la recámara, allí queda expuesto el diafragma y el pistón exterior de la primera recámara, luego se afloja la abrazadera grande restante, allí queda expuesto el diafragma y el pistón exterior de la segunda recámara.
5. Desensamble del bloque central.
6. Desensamble de la válvula de aire. Se remueve la tapa final de la válvula de aire tanto en la parte superior como en la inferior.
7. Remover la válvula piloto.
8. Una vez desarmada la bomba neumática se limpian y lubrican los componentes (si es necesario) y se reemplazan aquellos que no están en condición de seguir operando.
9. Ensamblaje de la bomba.

Para realizar un mantenimiento seguro, más económico y con la mayor vida posible para las bombas neumáticas es fundamental el seguimiento de ciertas reglas, ya que el mantenimiento adecuado no comienza con la reparación o la reposición de las piezas dañadas sino con una buena selección e instalación, es decir, evitando que haya que reponer o reparar. Estas reglas están basadas en cuatro temas diferentes: selección, instalación, operación y reparación.

En la selección es importante indicar el proveedor de bombas, especificar los gastos, caudales máximos y mínimos, dar información concerniente al lugar de instalación, saber si es un servicio continuo o intermitente, indicar el tipo de energía que se dispone para el accionamiento y asegurarse de que se consiguen las partes de repuesto necesarias. [3]

En la instalación las tuberías no deben ejercer esfuerzos sobre la bomba, colocar válvulas de purga en los puntos elevados de la bomba y tuberías, instalar conexiones para altas temperaturas y se deben tener bases rígidas para la ubicación de las bombas. Durante la operación la bomba no debe trabajar sin lubricación, no debe trabajar con caudales muy grandes, se deben efectuar revisiones frecuentes, usar filtros de aire que eviten la entrada de elementos particulados a la bomba e inspeccionar el sistema. [3]

Para la reparación no debe desmontarse totalmente la bomba para su reparación, tener un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes, limpiar completamente los conductos de aire de la carcasa, disponer de los repuestos al iniciar la revisión, revisar todas las partes montadas y

reparadas de la bomba y por último llevar un registro completo de las inspecciones y reparaciones.
[3]

Tabla 1. Plan de mantenimiento de bombas neumáticas de la planta S&L vigente (Datos de las bombas)

BOMBAS INSTALADAS EN LA PLANTA B&C					
52	banco piloto	cárcamo regresos agua	Wildem	W4 aluminio	5
56	salón 10	cárcamo regresos pasta	Wildem	M8 aluminio	3
59	salón 12 Montecarlo	intercambiador tolva barbotina # 1	Wildem	P800 pernada aluminio	2
60	salón 12 Montecarlo	intercambiador tolva barbotina # 2	Wildem	P800 pernada aluminio	2
63	salón 13 BMC	tolva llenado salón (sobre bancos 5-6)	Wildem	bombee por una sola cámara	3
66	salón 13 BMC	cárcamo regresos agua	Wildem	W8 aluminio	3
72	célula 2	qds	Wildem	P2 inoxidable	2
73	célula 2	sifoneo	Wildem	P4 inoxidable	2
82	preparación esmalte	envió células	Yamada	NDP 50 inox	3
84	preparación esmalte	envió esmaltado manual blanco	Wildem	P8 inox	3
85	preparación esmalte	envió esmaltado manual colores	Wildem	P8 inox	3
86	preparación esmalte	envió a tanques esmalte molino (lado derecho ferro filtro 1)	Wildem	W4 aluminio	3
87	preparación esmalte	envió a tanques de reproceso	Wildem	M4 aluminio	3
88	preparación esmalte	envió a tamiz reproceso	Wildem	W4 aluminio	3
89	preparación esmalte	cárcamo regresos agua	Wildem	W8 aluminio	3
92	preparación esmalte	molino Netzsch salida	Wildem	W4 aluminio	2
93	preparación esmalte	molino Netzsch refrigeración	Wildem	W4 aluminio	2
94	preparación esmalte	molino Netzsch alimentación esmalte	Wildem	M4 inoxidable	2
95	preparación esmalte	molino Netzsch alimentación refinador nuevo	Yamada	NDP 50 inox	2
99	preparación esmalte	evacuación Dai de colores	Wildem	M4 aluminio	4
111	preparación pasta	tamizado pasta de tanques 23-24-25	Wildem	W15 aluminio	4
115	preparación pasta	Dai 1-2-3	Yamada	NDP 80	4
117	preparación pasta	regresos de cisternas 13-14	Wildem	W15 aluminio	4
121	preparación pasta	cisternas 15-16	Wildem	W15 aluminio	4
142	preparación esmalte	envio maquina met	Yamada	NDP 50 inox	3

Fuente: Mantenimiento Corona S&L

El plan de mantenimiento mostrado anteriormente es puesto en marcha por un técnico mecánico quien por largo tiempo ha desempeñado la labor del mantenimiento de estos equipos y posee el conocimiento necesario en el momento de desmontar, desarmar, reparar y poner nuevamente en marcha una bomba neumática. Todo este proceso lo hace en colaboración de un auxiliar de una empresa contratista de Corona para disminuir los tiempos de reparación de las bombas y hacer de los montajes de las mismas un trabajo más sencillo.

Tabla 2. Plan de mantenimiento de bombas neumáticas de la planta S&L vigente (Cronograma de cambio con indicador de cumplimiento)

	2015												2015											
	PROGRAMADO												EJECUTADO											
5		X					X				X			X			X							
3		X			X			X			X			X			X	X						
2	X		X		X		X		X		X		X		X		X			X				
2	X		X		X		X		X		X		X		X		X			X	X	X		
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
2	X		X		X		X		X		X		X		X		X			X	X	X		
2	X		X		X		X		X		X		X		X		X			X	X	X		
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
3		X			X			X			X			X			X			X				
2	X		X		X		X		X		X			X		X	X	X		X				
2	X		X		X		X		X		X			X		X	X	X		X				
2	X		X		X		X		X		X			X		X	X	X		X				
2	X		X		X		X		X		X			X		X	X	X		X				
4			X				X				X				X			X						
4			X				X				X				X			X						
4			X				X				X				X			X						
4			X				X				X				X			X						
3		X			X			X			X						X			X				
	58	48	43	38	37	38	50	34	49	53	25	29	53	49	40	35	41	38	52	22	49	36	23	4
BOMBA MES	58	48	43	38	37	38	50	34	49	53	25	29	53	49	40	35	41	38	52	22	49	36	23	4
BOMBA DIA	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,3	1,7	1,1	1,6	1,8	0,8	1,0	1,8	1,6	1,3	1,2	1,4	1,3	1,7	0,7	1,6	1,2	0,8	0,1
Cumplimiento	91	102	93	92	111	100	104	65	100	68	92	14	91	102	93	92	111	100	104	65	100	68	92	14

Fuente: Mantenimiento Corona S&L

Plan de mejora para el mantenimiento de bombas neumáticas

Bajo la dirección del jefe de mantenimiento de la planta de Sanitarios y Lavamanos y colaboración del técnico mecánico encargado de ésta área se hace una revisión de todas las bombas neumáticas para tener información clara de cada uno de estos equipos, su ubicación y las frecuencias con las que se hace mantenimiento preventivo para la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento.

A partir de lo anterior se establece el nuevo plan de mantenimiento que contiene:

- Indicador, el cual permite identificar si la bomba se encuentra instalada en planta (SI) y si se encuentra en el taller de mantenimiento reparada para futuros cambios o pertenece a la planta de aguas residuales (NO).
- Área en la planta donde se encuentra ubicada la bomba neumática.
- Marca y referencia de cada equipo.
- Frecuencia de cambio en meses.
- Descripción corta de la función que realiza el equipo.
- Tabla mensual del mantenimiento programado y ejecutado.
- Indicador de cumplimiento del mantenimiento planeado.

La mejora realizada al plan de mantenimiento permite resaltar que la cantidad de bombas neumáticas que maneja el departamento de mantenimiento es de 200. Además se detalla claramente la función que realiza cada bomba neumática de manera que sea comprensible y de fácil acceso por cualquier usuario, se añade un indicador al archivo de Excel que permite identificar las bombas que se encuentran instaladas en planta y cuales se encuentran en el taller de mantenimiento reparadas o pertenecen a la planta de aguas residuales.

Revisando los indicadores establecidos y analizando cuáles son las áreas en las que las bombas neumáticas están presentando averías se decide hacer un cambio de frecuencias a 25 bombas bajo la supervisión del técnico especializado en el área, reduciendo tal periodicidad de mantenimiento en algunos casos y en otros aumentándola debido a que son áreas que no necesitan un desmontaje/montaje de una bomba frecuentemente.

Tabla 3. Nuevo plan de mantenimiento de bombas neumáticas de la planta S&L (Datos de las bombas)

Item	Ind	Area	Marca	Referencia	Frecuencia de cambio (meses)	Descripción	Fluido que transporta
90	SI	Célula 5	Sandpiper	S20	4	Reprocesos	Esmalte
91	SI	Célula 5	Sandpiper	S1F	1	Envía al GDS	Esmalte
92	SI	Célula 3	Wilden	P800	4	Reprocesos	Esmalte
93	SI	Célula 3	Sandpiper	S1F	1	Envía al GDS	Esmalte
94	SI	Célula 3	Wilden	P2 Inox	1	Esmaltado sífon	Esmalte
95	SI	Célula 2	Wilden	M8	4	Regresos cárcamo de agua	Agua
96	SI	Célula 2	Wilden	P4 Inox	1	Esmaltado sífon	Esmalte
97	SI	Célula 2	Wilden	P4 Inox	1	Envía al GDS	Esmalte
98	SI	Célula 2	Wilden	M15	4	Reprocesos	Esmalte
99	SI	Célula 1	Wilden	P4 Inox	1	Esmaltado sífon	Esmalte
100	SI	Célula 1	Wilden	P4 Inox	1	Envía al GDS	Esmalte
101	SI	Célula 1	Wilden	W4	4	Regresos cárcamo de agua	Agua
102	SI	Célula 1	Wilden	M15	4	Reprocesos	Esmalte
103	SI	Laboratorio técnico	Wilden	P2	3	Regresos cárcamo de agua	Agua
104	SI	Máquina MET	Yamada	NDP50	6	Reprocesos	Esmalte
105	SI	Preparación esmalte	Yamada	NDP50 Inox	3	Envío a células	Esmalte
106	SI	Preparación esmalte	Wilden	M4	3	Envío a tinas	Esmalte
107	SI	Preparación esmalte	Wilden	P8 Inox	3	Envío manual blanco	Esmalte
108	SI	Preparación esmalte	Wilden	P8 Inox	3	Envío manual colores	Esmalte
109	SI	Preparación esmalte	Yamada	NDP50 Inox	3	Envío esmalte a máquina MET	Esmalte
110	SI	Preparación esmalte	Sandpiper	S20 Inox	3	Envío a célula 5	Esmalte
111	SI	Preparación esmalte	Wilden	W4	3	Envío a tanques de consumo blanco (reproceso)	Esmalte
112	SI	Preparación esmalte	Wilden	M4	3	Envío a tanques de consumo (molino)	Esmalte
113	SI	Preparación esmalte	Wilden	M4	3	Envío a tanques de consumo (reproceso)	Esmalte
114	SI	Preparación esmalte	Wilden	W8	3	Regresos cárcamo de agua	Agua
115	SI	Preparación esmalte	Wilden	P8 Inox	3	Envío a tanques pulmón (8 y 12)	Esmalte

Fuente: Autor

Las casillas marcadas en el campo de frecuencia permiten diferenciar aquellas a las cuales se les hizo un cambio, ya sea reducir la frecuencia (verde) o aumentarla (amarillo). La necesidad de reducir el cambio en algunas bombas se debe a que en las áreas donde se encuentran instaladas no se usan muy repetidamente o son procesos que no afectan o corroen los componentes internos y externos de la bomba neumática. Además, el indicador de cumplimiento fue modificado de manera que no existe un cumplimiento mensual mayor al 100% como sucedía en el anterior plan de mantenimiento y fue agregada una gráfica que permita identificar con facilidad tal indicador.

En el anexo C se muestra la tabla completa del nuevo plan de mantenimiento de bombas neumáticas para la planta S&L de Corona.

Con la mejora del plan de mantenimiento se agrega el indicador de cumplimiento el cual está estrictamente relacionado con dicho plan, ya que permite verificar si se está ejecutando en su totalidad el cambio de bombas planificadas para un mes específico y controlar al mismo tiempo la realización de esta actividad llevada a cabo por uno de los técnicos de la empresa.

A partir de los indicadores y el análisis de las averías por parte del jefe de mantenimiento y del coordinador del sistema de producción en el mes de Octubre y Noviembre, se hizo el cambio de algunas frecuencias de cambio y reparación de las bombas neumáticas que había presentado alguna avería en estos meses con el propósito de evitar una parada total en una máquina y abordar el problema desde un mantenimiento preventivo con un plazo de cambio más corto de tal manera que no se presente nuevamente.

Aquellas frecuencias para cambio y reparación de bombas que no se encuentran registradas en el archivo de Excel por avería, se hicieron ya que se presentó algún cambio de repuesto interno o externo de la bomba o fue necesario hacer algún tipo de ajuste para que no ocurriera un fallo en el equipo, a ésta actividad se le conoce como ajuste y existe un archivo en Excel donde se hace el registro de estas mensualmente. A partir de lo anterior se pretende que se siga haciendo una revisión mensual de los ajustes que se les hacen las bombas neumáticas instaladas en planta mientras se encuentran en funcionamiento para modificar las frecuencias de las bombas que el jefe de mantenimiento considere necesarias reducir para evitar que los ajustes pasen a ser considerados averías y reducir el recurso técnico en la ejecución de actividades de mantenimiento como el ajuste de bombas neumáticas.

CAPITULO 3

ALTERNATIVA DE CAMBIO PARA LAS BOMBAS NEUMÁTICAS MARCA WILDEN DE REFERENCIA W

Dentro de toda la línea de bombas que se utilizan en la planta de Sanitarios y Lavamanos de Madrid existen tres marcas y diferentes referencias para cada una de ellas dentro de las cuales algunas llevan más de 20 años en la empresa y han presentado deficiencias respecto a la mantenibilidad ya que su sistema de ensamble contiene más componentes que las bombas actuales, lo que genera demoras en la reparación de tales bombas. Por otra parte ya no se encuentran repuestos en el mercado que permitan el uso de estas bombas en la planta y es necesario encontrar una alternativa para reemplazar las bombas mencionadas. A continuación se hace una introducción a las bombas neumáticas desde sus orígenes mostrando sus componentes, seguido por una propuesta de cambio para las bombas de las cuales ya no se fabrican repuestos.

La creación de las bombas neumáticas de doble membrana (o de diafragma) se remonta al siglo XX, cuando Jim Wilden inventó la bomba de doble membrana de accionamiento neumático y creó la empresa Wilden Pump & Engineering [5]. Éste nuevo tipo de bombas funcionan bajo el principio de desplazamiento positivo y permiten transferir productos de tanques de almacenamiento a tuberías, donde se requieran volúmenes bajos o altas presiones para el movimiento de fluido, entre otras funciones más. Dicho principio resulta útil en muchos de los procesos de producción en la industria porque combinado con las bombas neumáticas son elementos seguros y sirven para conducir fácilmente fluidos densos, calientes y aquellos que son vaporizantes. La invención de la bomba neumática M14 en 1955 da paso al desarrollo y creación de nuevas referencias y marcas de bombas bajo el mismo principio de funcionamiento y características similares.

Figura 4. Primera bomba neumática de doble membrana de la historia

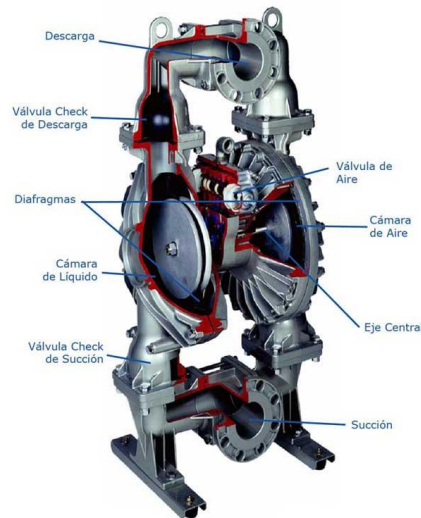


Fuente: Wikibombas [6]

El principio de funcionamiento de las bombas neumáticas está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En cada ciclo de éste tipo de bombas el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan bombas volumétricas. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. [7]

Las bombas de desplazamiento positivo alternativo y principalmente las bombas neumáticas están conformadas por una válvula de aire, un eje central, dos válvulas de check de succión, dos válvulas de check de descarga, diafragmas, una cámara de líquido, una cámara de aire, la parte inferior de la bomba para succión y la parte superior para descarga. [8]

Figura 5. Componentes principales de una bomba marca Yamada



Fuente: Equipump, S.A. de C.V. [8]

Este tipo de equipo suprime las principales deficiencias de las bombas a diafragma de accionamiento mecánico y ofrece una serie de ventajas frente a otros tipos de bombas: No poseen sellos mecánicos ni partes rotatorias, son autocebantes, portátiles, sumergibles y antiexplosivos. Pueden funcionar en seco indefinidamente sin dañarse, no pierden eficiencia con el desgaste ni con los cambios de presión o flujo, no requieren controles complejos. Son de presión y caudal variables y están prácticamente libres de mantenimiento. Cuentan además con la particularidad de poder construirse en una amplia gama de materiales, para que sean química y térmicamente compatibles con el producto a bombear. Se utilizan bombas neumáticas de diferentes procesos y son ampliamente aplicadas en la industria química, petrolera, gráfica, cervecera, alimenticia, cerámica, papelera, minera, farmacéutica, entre otras. [9]

Algunas de las ventajas y desventajas que presentan estas bombas se muestran a continuación:

Ventajas

- No son costosas.
- Provocan un flujo sin pulsaciones.
- Son autocebantes, es decir, tienen la posibilidad de desplazar el aire y generar flujo partiendo de la bomba vacía.
- Pueden manejar fluidos agresivos, viscosos y con sólidos pueden ser movilizados sin inconvenientes.
- Al estar accionadas por aire comprimido pueden aplicarse en ambientes inflamables o con riesgo de explosión.
- El fluido circula dentro de la bomba lentamente sin batirse ni generar espuma.
- Por su construcción y funcionamiento pueden trabajar total o parcialmente sumergidas. [10, 11]

Desventajas:

- Tienen capacidad limitada.
- Su presión de salida limitada cerca de 2000 psi.
- El caudal depende de la viscosidad del disolvente y de la contrapresión de la columna.
- No se puede usar la elución con gradiente. [10]

En la planta Madrid S&L se han utilizado las bombas neumáticas hace más de 25 años aproximadamente, dentro de las cuales el stock de las mismas ha crecido con el tiempo de operación, a su vez con la implementación de nuevas tecnologías en la empresa que permiten realizar trabajos de llenado, sifoneo, sacar reproceso, recirculado de tolvas, entre otros. Algunas de estas bombas por su antigüedad presentan dificultades en su mantenimiento debido a que no usan abrazaderas como las bombas actuales sino tuercas y arandelas como sistema de sujeción presentando mayor dificultad en el armado y desarmado e incrementando los tiempos con respecto a la reparación de las bombas.

En cuanto al proceso que se lleva a cabo para la reparación de las bombas neumáticas luego de alguna avería ocurra o por algún mantenimiento programado, se presentan accidentes habituales en el desarmado y armado de la bomba, así como en el cambio de sus elementos internos. Dichos accidentes se observan en las herramientas que se utilizan en el mantenimiento de estos equipos, las cuales se parten o terminan dobladas; por otra parte ocurren accidentes también con el personal encargado de dicha labor. Por esta razón se examina la posibilidad de hacer un cambio de estas bombas que no solamente ocasionan accidentes, sino que por su antigüedad se han dejado de fabricar los repuestos y tienen una vida útil limitada, la cual está determinada por la cantidad de repuestos almacenados en la empresa (aproximadamente año y medio).

Dentro de las referencias existentes en planta de marca Wilden se encuentran de tipo M, W, P, PX y Proflo shift. Cada una de las referencias posee diferentes componentes internos, lo cuales tienen una duración que varía según el uso de la bomba y del proceso que lleve a cabo en la planta. En la tabla 4 se muestran los principales componentes de cada una de las referencias nombradas anteriormente junto con el tiempo de vida estimado de cada componente interno de la bomba neumática.

Tabla 4. Comparación de los componentes de las bombas neumáticas de marca Wilden junto con sus componentes principales y la duración de cada uno

Tipo M	Tipo W	Tipo P	Tipo PX	Tipo Pro-flo shift
- Eje central – turbo (1 año) 7 O-ring (3 meses)	- Cheque deslizante (1 año) - Válvula de relevo (1 año) - Buje 2 O-ring (3 meses) - Eje central (8 meses)	2 O-ring (3 meses) - Eje central (2 años) - Eje piloto (2 años)	- Válvula de relevo o eje piloto - Eje central 2 O-ring	- Eje central - Eje piloto - Eje regulador de aire (automático)

Fuente: Autor

A partir del análisis de los indicadores para las bombas neumáticas realizado en los meses de Octubre y Noviembre se pudo evidenciar que en su mayoría las averías presentadas en esos meses y en meses anteriores se han dado en las bombas de marca Wilden y de tipo W por inconvenientes o fallos en los componentes internos de la bomba como los diafragmas o por obstrucciones con el líquido circulante y en los componentes externos como manifolds o por dificultades con la tubería de entrada y salida de la bomba. Por tal motivo, se pretende hacer una revisión de las bombas funcionales de este tipo para realizar un cambio de bombas por una que permita mayor eficiencia y proporcione algunos beneficios cuando sea necesario reparar la bomba.

Actualmente en la planta S&L en Madrid se ha comenzado a implementar una bomba neumática tipo Pro-flo shift que se encuentra ubicada en la célula 4 de esmaltado, la cual se encuentra en prueba desde el mes de Agosto de 2015. Dicha bomba es la más reciente en el mercado de marca Wilden y presenta características únicas que le proporcionan una mejor funcionalidad y rendimiento en diversos tipos de trabajo. Una de estas características es un sistema de distribución de aire (ADS)⁷ que impide el sobrellenado de las cámaras de aire, lo cual conlleva a que haya menos consumo de energía.

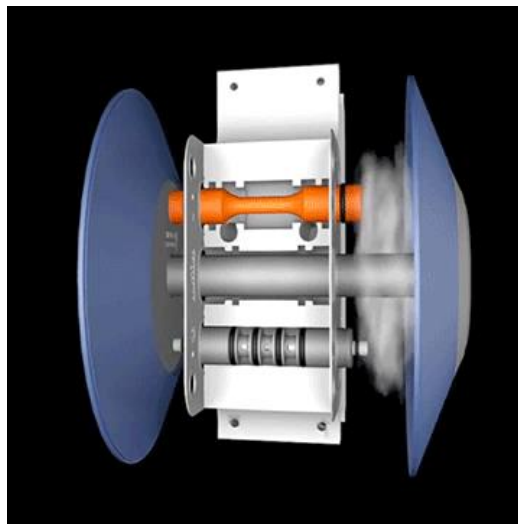
Menos consumo de aire y utilización de la energía también pueden ayudar a la industria de bombeo a reducir las emisiones de carbono en su totalidad y ayudar a salvar al medio ambiente.

⁷ Air Distribution System

Algunos de los beneficios de la bomba pro-flo shift son:

- Tienen hasta un 60% menos de consumo de aire.
- Suministra más rendimiento por SCFM⁸ en comparación con otras bombas de doble diafragma operadas por aire (AODD)⁹.
- Tiene menos piezas operativas, lo que implica un menor tiempo improductivo y un mantenimiento simplificado
- Está disponible con la opción de escape en un solo punto (para aplicaciones sumergibles). [12]

Figura 6. Interior de una bomba pro-flo shift



Fuente: PSG Company [12]

La implementación de esta bomba neumática en el tiempo de operación en la planta ha dado buenos resultados respecto a la eficiencia energética y se espera que por sus pocos componentes internos los tiempos de reparación de la bomba disminuyan, además de tener una disponibilidad de los repuestos del 100% por ser la bomba de marca Wilden más reciente en el mercado de sistemas neumáticos. A continuación se muestra una tabla que muestra una serie de aspectos esenciales de tal manera que se pueda optimizar la eficiencia y maximizar el rendimiento de la bomba pro-flo shift.

⁸ Standard cubic feet per minute

⁹ Air-Operated Double Diaphragm

Tabla 5. Aspectos esenciales para el rendimiento de la bomba

Modelo Pro-Flo SHIFT	Succión/ Descarga	Presión de descarga máx.	Tamaño de sólidos máx.	Elevación de la succión máx.	Caudal máx.
PS4 serie Original	38 mm (1-1/2") / 32 mm (1-1/4")	8,6 bar (125 psig)	4,8 mm (3/16")	7,1 m (23,3') seco, 8,6 m (28,4') húmedo	375 l/min (99 gpm)
PS8 serie Original	51 mm (2")	8,6 bar (125 psig)	6,4 mm (1/4")	7,2 m (23,8') seco, 9,0 m (29,5') húmedo	723 l/min (191 gpm)
PS15 serie Original	76 mm (3")	8,6 bar (125 psig)	9,5 mm (3/8")	8,6 m (28,4') seco, 6,6 m (21,6') húmedo	927 l/min (245 gpm)
PS400 serie Advanced	38 mm (1-1/2")	8,6 bar (125 psig)	4,8 mm (3/16")	5,7 m (18,4') seco, 8,6 m (28,4') húmedo	507 l/min (134 gpm)
PS800 serie Advanced	51 mm (2")	8,6 bar (125 psig)	6,4 mm (1/4")	6,4 m (21,0') seco, 8,6 m (28,4') húmedo	704 l/min (186 gpm)
PS1500 serie Advanced	76 mm (3")	8,6 bar (125 psig)	12,7 mm (1/2")	7,2 m (23,8') seco, 9,0 m (29,5') húmedo	1056 l/min (279 gpm)

Fuente: TECNICA DE FLUIDOS [13]

En el anexo D se puede visualizar el plano de despiece y el listado de piezas de una bomba neumática metálica PS4 de tipo pro-flo shift. Las piezas de la bomba varían únicamente en el tamaño pero siguen siendo las mismas independientemente del tipo de bomba pro-flo shift.

Para el año 2016 se estima que se haga un cambio del 50% de las bombas neumáticas de tipo W por las de tipo pro-flo shift previendo la vida útil de las 50 bombas de las cuales se tiene un stock de repuesto de un año y medio aproximadamente.

CAPITULO 4

PASANTIA EN EL AREA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA S&L DE CORONA

El trabajo desempeñado a lo largo de toda la pasantía estaba compuesto por diferentes funciones como actualizar mensualmente los indicadores del área de mantenimiento, registro de ajustes, averías y almacenamiento de los formatos en los pequeños equipos, el registro y gestión de tarjetas rojas y amarillas de la planta. En conjunto a lo anterior se apoyaba con aquellas actividades que los facilitadores de mantenimiento consideraban pertinentes.

La actualización de los indicadores consiste en revisar uno a uno los archivos correspondientes a tarjetas, averías, capacitación, costos de mantenimiento, entre otros y reunir esta información para luego distribuir en la planta las gráficas correspondientes a cada uno de estos indicadores de tal manera que sean accesibles a todo el personal de la planta y al coordinador del sistema de producción, quien se encarga de revisar estos con el plan maestro y verificar el cumplimiento de las metas establecidas en el. Esta actividad se realiza mensualmente y se debe hacer para toda la planta y con las averías registradas en el mes para cada uno de los pequeños equipos.

El registro de ajustes y averías consiste en recopilación de los formatos por cada pequeño equipo de la planta y luego registrar la información diligenciada en un formato de Excel para cada uno de los casos. Estos formatos antes de ser registrados deben ser supervisados y clasificados según sea el caso por el facilitador líder de cada pequeño equipo de la planta teniendo en cuenta el criterio de avería. Finalmente, cuando se han registrado por completo los formatos se almacenan en las respectivas carpetas de las áreas de la planta para futuras revisiones en el caso de ser necesario.

Dentro del registro y gestión de tarjetas rojas y amarillas el trabajo desempeñado consistía en seguir el ciclo de tarjetas el cual estaba compuesto por los siguientes pasos:

1. Recoger diariamente las tarjetas depositadas en un buzón para este propósito ubicado en la parte de revisión final de la planta.
2. Registrar en la base de datos las tarjetas abiertas en el día teniendo presente que se encontraran correctamente diligenciadas y con la firma de aprobación del facilitador del área donde fue detectada la tarjeta. Las tarjetas correspondientes con daños de arañas¹⁰ se registran en el sistema de igual manera, ya que hacen parte de las tarjetas rojas, pero a diferencia de éstas se llevan al taller de arañas donde los controladores se encargan de la solución del problema.
3. Las tarjetas que se encuentran mal diligenciadas o que no posean la firma del facilitador del área correspondiente son dirigidas al departamento de educación y entrenamiento donde se hace la retroalimentación con la persona que reporta el problema con respecto al ciclo de tarjetas y el diligenciamiento de las mismas.

¹⁰ Carros que sirven para movilizar la producción de la planta.

- Una vez se soluciona el problema de una tarjeta roja o amarilla, el técnico encargado de cada pequeño equipo debe reportarlo para que la tarjeta sea cerrada en el sistema, luego sea sellada y llevada de vuelta al área que corresponda.

Las tarjetas rojas son aquellas que reportan condiciones de posibles fallos en equipos, elementos de ajuste faltante en una máquina o elemento de la planta o el daño de una araña, mientras que las tarjetas amarillas son aquellas que reportan alguna condición de inseguridad en la planta y alrededores.

Las dos tarjetas están compuestas por un campo donde se marca la prioridad de la misma con A, B ó C, donde A significa 7 días, B significa 15 días y C significa 30 días para las tarjetas rojas y donde A significa 3 días, B significa 7 días y C significa 15 días para las tarjetas amarillas. Este es el plazo máximo en el que debe ser solucionado el problema reportado. En el campo superior de la tarjeta se indica la máquina a la cual pertenece el problema, el nombre de la persona que lo detecta, la fecha en que es detectado y el nombre del pequeño equipo al que pertenece. En la parte inferior se encuentra el campo de descripción del problema que incluye el qué, cómo se encontró y dónde, para que el técnico de mantenimiento pueda encontrar con facilidad el lugar del fallo.

Cuando una tarjeta roja o amarilla es solucionada por un técnico de mantenimiento, al reverso de la misma se debe colocar el nombre de la persona que resuelve el problema junto con la descripción de la solución y la fecha en que se realizó la reparación o adecuación de una mejora para la seguridad.

Figura 7. Tarjeta roja, tarjeta amarilla y tarjeta verde

The figure displays three maintenance problem identification cards (MPT, SPC, MPT) used for reporting issues. Each card is divided into sections for priority, machine, date, and problem description.

- Red Card (MPT):** Priority A (7 días), B (15 días), C (30 días). Machine: 12446. Detected by: [blank]. Date: [blank]. Description: [blank].
- Yellow Card (SPC):** Priority A (3 días), B (7 días), C (15 días). Machine: 3374. Detected by: [blank]. Date: [blank]. Description: [blank].
- Green Card (MPT):** Priority A (3 días), B (7 días), C (15 días). Machine: 11405. Detected by: [blank]. Date: [blank]. Description: [blank].

Fuente: Mantenimiento Corona S&L

Todas las tarjetas rojas, amarillas y verdes tienen un número único que permiten hacer el seguimiento de un problema específico en el sistema cuando no se soluciona ya sea para la revisión de la prioridad en la solución de la tarjeta o para la documentación de las tarjetas que pertenecen a cada uno de los pequeños equipos de la planta. Por otra parte, las tarjetas verdes son aquellas que reportan problemas que pueden ser solucionados por el mismo operario o controlador y el registro de éstas se hace en cada pequeño equipo por el facilitador encargado. El formato de ésta tarjeta es igual al de la tarjeta roja.

En el anexo F se muestra el ciclo de solución para tarjetas amarillas y rojas que es el manejado por el área de mantenimiento y el ciclo de solución de tarjetas verdes que lo maneja la parte de autónomo de la planta.

Todo el trabajo desempeñado durante la pasantía permitieron el conocimiento del funcionamiento del área de mantenimiento así como del manejo completo de ciertos procesos muy importantes como lo son tarjetas y averías de la planta S&L.

CONCLUSIONES

Los indicadores diseñados para las bombas neumáticas del área de mantenimiento de la empresa Corona S.A. en la planta de Sanitarios y Lavamanos de Madrid permiten llevar un registro único de estos equipos y al mismo tiempo ser incluidos en el plan maestro anual de mantenimiento para controlar los tiempos con los que se ejecutan los mantenimientos y hacer del proceso de reparación de bombas medible y eficaz.

La mejora realizada al plan de mantenimiento preventivo de las bombas neumáticas permitió actualizar la base de datos existente incluyendo la cantidad total de estos equipos junto con la ubicación exacta en planta y la referencia de cada una de ellas, lo cual permitirá el fácil acceso a la información de las bombas cuando se requiera hacer un cambio por mantenimiento programado en algún área específica de la empresa y conocer el tipo de equipo que debe ser instalado en el área.

La decisión tomada para la propuesta del cambio de las 50 bombas neumáticas de tipo W fue realizada con la colaboración del técnico de mantenimiento de bombas, quien es la persona que más conoce el funcionamiento de estos equipos en la planta y también es quien está encargado de su reparación. Por otra parte el jefe de mantenimiento fue la persona que autorizó la compra e instalación de una bomba de tipo pro-flo shift a modo de prueba antes de hacer el cambio de las 49 bombas restantes.

Realizando una revisión del estado inicial y final con respecto al mantenimiento de las bombas neumáticas de la planta S&L, se concluye que en un comienzo no existían indicadores de gestión del mantenimiento para los equipos en mención y el plan de mantenimiento contaba con 142 bombas. Con la gestión realizada se crearon los indicadores de MTBF, MTTR, disponibilidad y se entrega un plan de mantenimiento que incluye las 200 bombas que pertenecen a la planta.

En el tiempo de pasantía en la empresa Corona S.A. en el área de mantenimiento se pudo conocer acerca de los mantenimientos programados de cada uno de los equipos, solución de fallos o averías inesperadas, manejo de presupuesto para el área, gestión de repuestos y elementos necesarios para los mantenimientos, así como organizar los programas diarios para mantenimiento y solución de las tarjetas rojas y amarillas. La relación entre los departamentos de la empresa también permite conocer el proceso completo de la elaboración de los Sanitarios y Lavamanos, así como el correcto manejo de los programas de entrenamiento del personal nuevo en la empresa y el manejo integral de los residuos sólidos, entre otros. Los conocimientos adquiridos son enriquecedores de tal manera que le permiten a un estudiante comprender e incluirse en el mundo de la industria y los aspectos relacionados.

RECOMENDACIONES

Se debería generar una base de datos de las tuberías que conectan a la salida y a la entrada de las bombas neumáticas, así como las longitudes de las tuberías para poder conocer qué bombas se deben instalar y la capacidad de la misma de tal manera que no exista una dependencia del técnico encargado de estos equipos para el montaje y desmontaje de las bombas, sino que dicha actividad pueda realizarse por cualquier técnico de mantenimiento.

Se deben estandarizar las bombas utilizadas en planta a una sola marca, esto con el propósito de brindar resultados recurrentes en el mantenimiento, se pueda desarrollar una línea base sobre la cual la mejora pueda manejarse y medirse, así como permitir la transferencia de conocimiento entre técnicos mecánicos en la reparación, montaje y desmontaje de las bombas en una única marca.

Se debe instruir al operario o controlador en la correcta limpieza de las bombas neumáticas por área debido a que muchos de los ajustes y averías que se presentan se dan principalmente por la inclusión de elementos externos o por la acumulación de barbotina¹¹ en los componentes de la bomba provocando así el fallo en sus componentes.

¹¹ Materia prima que se compone de agua y arcilla para la elaboración de sanitarios y lavamanos

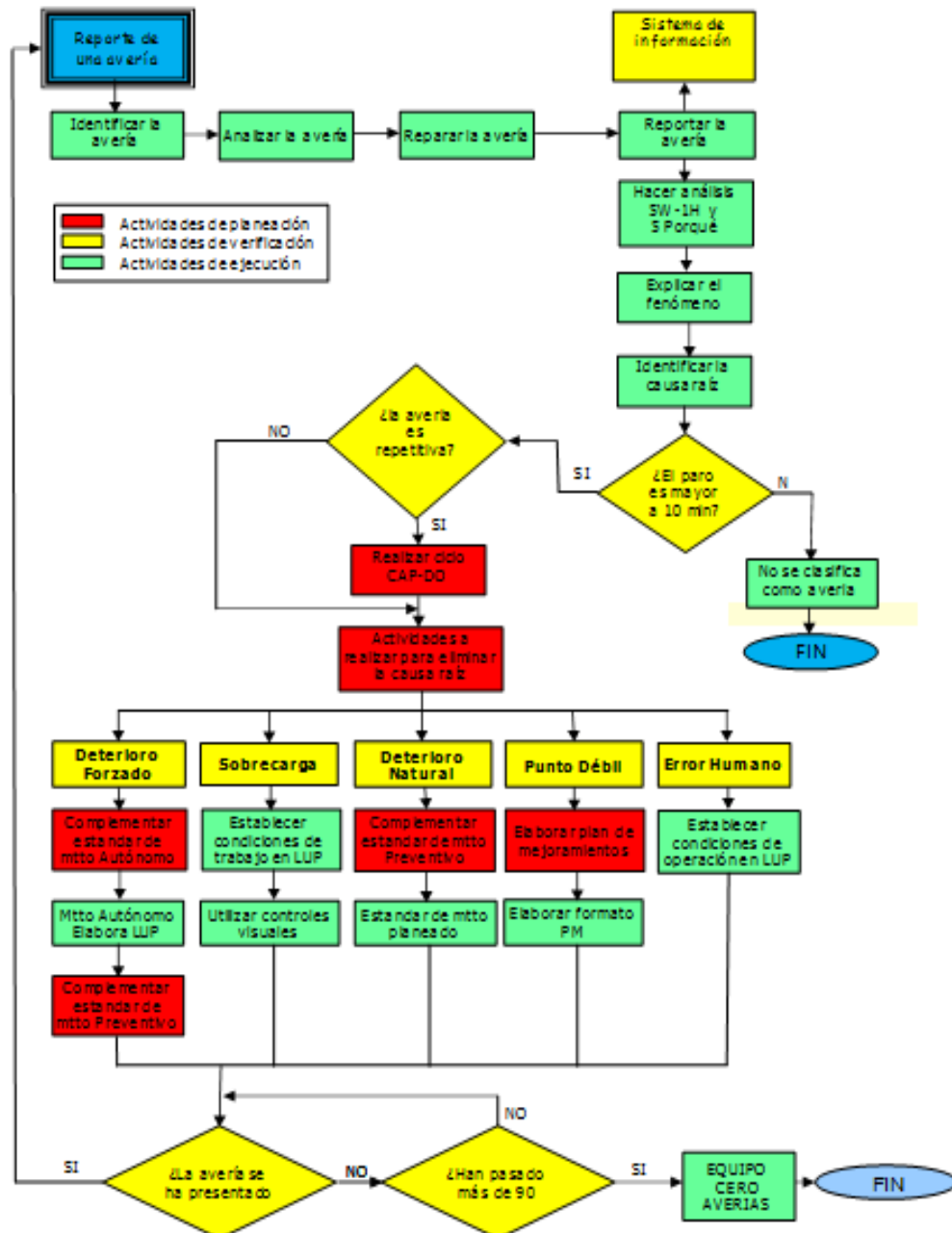
FUENTES DE INFORMACIÓN

- [1] FERNÁNDEZ GONZALES, Francisco J. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión. FC Editorial, 2004. P. 35
- [2] HERNANDEZ CRUZ, Eugenio, NAVARRETE PEREZ, E. Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. Centro de Estudio e Innovación y Mantenimiento. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echavarría. 2001. P. 16-17
- [3] Mantenimiento de bombas hidráulicas. Escuela de Ingeniería de Antioquia. <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/maguinashidraulicas/mantenimeientodebombas/mantenimientodebombas.html>
- [4] LLANES, Alfonso Aramis. Medición de la gestión del mantenimiento en la empresa. GestioPolis, 2006. <http://www.gestiopolis.com/medicion-gestion-mantenimiento-empresa/>
- [5] TECNICA DE FLUIDOS. <http://www.wildenpump.es/>
- [6] WIKIBOMBAS. La primera bomba de doble membrana de la historia, la M14 de JIM WILDEN. <http://wikibombas.es/index.php?title=Archivo:La primera bomba neumatica de doble membrana de la historia, la M14 de JIM WILDEN, de 1955.jpg>
- [7] DIAZ CORRALES, Alba V. Historia Tipos de Bombas. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2008. P. 1-2. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/tipos-de-bombas.pdf>
- [8] Equipump, S.A. de C.V. Yamada. http://www.equipump.com/site/01_alianzas/03yamada/yamada.htm
- [9] INDESUR ARGENTINA S.A. Bombas de doble diafragma accionadas por aire. Manual de instalación, operación y mantenimiento. http://www.indesur.com.ar/pdf/manual_bombas_de_diafragma.pdf
- [10] BAQUERO QUIRÓS, Miriam. Mecanismos y aplicaciones de la cromatografía de líquidos de alto desempeño. Editorial de la universidad de Costa Rica. 1. Ed. 2004. P. 19
- [11] M3H REVISTA. Bombas neumáticas INDESUR. INDESUR ARGENTINA S.A. P. 5-6 http://issuu.com/m3h-guiadebombas/docs/m3h59_web?e=2309009/5120317
- [12] PSG Company. <http://www.psgdover.com/es/pro-flo-shift/shift-home>
- [13] TECNICA DE FLUIDOS. Shifting Eficient to a Whole New Level http://www.tecnicafluidos.es/search_product.asp?idItem=241

ANEXOS

ANEXO A

CICLO DE RETROALIMENTACIÓN DE AVERIAS MTTO S&L-MD



ANEXO B

Código:	MD - MN - MT - FO 0432	SOLICITUD DE TRABAJO, REGISTRO Y ANÁLISIS 5 PORQUE		corona	
Vigencia desde:	2013-10-07				
Registro N°	2451	(Fecha en que se diligencia el formato) Fecha: Año / Mes / Día	Turno:	Área	
Técnico:		Clase de trabajo	Mecánico	eléctrico	Montaje
Descripción del problema de producción					
Avería	SI NO	El componente afectado fue intervenido en el mto preventivo? SI No No tiene			
Fecha de Reparación:		Año / Mes / Día		Fecha del último mto preventivo de la máquina Año / Mes / Día	
Inicio de tiempo de mto.		Tiempo en que se completó mto.		Total tiempo paro máquina (min.):	
Descripción del problema (Diligencia mantenimiento)	¿Cual componente?	¿Qué parte del componente?		¿Cómo difiere a su estado normal?	
Causa de la avería		¿Porque se daño el componente?			
Acción tomada inmediatamente					
Análisis de las 5 Medidas Básicas					
1. ¿Fue por falta de limpieza, lubricación y ajuste adecuado?		Deterioro Forzado?		SI	No
2. Las condiciones de operación de la parte rota fueron excedidas?		Sobre Carga?		SI	No
3. Las partes rotas cumplieron su ciclo de vida útil?		Deterioro Natural?		SI	No
4. ¿Fue porque el diseño de la parte rota no soporta las Condiciones de operación?		Punto débil del Diseño?		SI	No
5. La parte se rompió debido a un error humano?		Error Humano?		SI	No
5W - 1H	Hechos observados		Evidencia		
	Qué	En cual componente observo el problema			
	Cuándo	En que momento sucede el problema			
	Dónde	En que parte del componente observo el problema			
	Quién	El problema depende de la habilidad de la persona que hizo la operación			
	Cuál	Existe una tendencia en su aparición o fue de repante			
	Cómo	Como difiere el componente a su estado normal y como se produjo la diferencia			
Resumen del fenómeno: (Redactar en un párrafo las 5W-1H)					
		¿Por qué? (Búsqueda de hechos)		Respuesta	
Porque-1 (Por qué del fenómeno)					
Porque-2					
Porque-3					
Porque-4					
Porque-5					
Acción a tomar		Fecha de terminación		Fecha de terminación	
¿Se recibe el trabajo a satisfacción?		☐ SI ☐ NO			
Firma:					
OBSERVACIONES					
Versión: la fecha de vigencia		Mantenimiento		Pag. 1 of 1	

3671329

ANEXO C

INDICADORES MANTENIMIENTO B&C MD 2015																																																																																																																																																																																																																																					
NIVEL	INDICADOR	METRIC A	REAL 2013	OBJETIVO 2013	REAL 2014	OBJETIVO 2014	REAL 2015	OBJETIVO 2015	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. 12 MESES																																																																																																																																																																																																																
EPI	INDICADOR DE CAUSTES POR MANTENIMIENTO	UNO	23	0	1	0	0	0	63	37	50	44	103	44	77	70					70																																																																																																																																																																																																																
	Nº DE ACCIDENTES	UNO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																
	Nº DE CAS SIN ACCIDENTES	UNO	437,0	501	385,0	89	385	231	183	16	47	82	77	108	138	189	230	199	281	231	276																																																																																																																																																																																																																
	TOTAL	MH4+5	307	871	881	311	941	921	907	943	925	905	957	955	939	936	974	927	949	964	962																																																																																																																																																																																																																
	SOBRANTES	MH4+5	435	435	421	350	351	433	433	436	346	405	345	340	332	305	318	317	313	338	339,5																																																																																																																																																																																																																
	OB-SOLETOS	MH4+5	104	82	46	151	45	126	45	151	80	151	151	151	147	147	147	147	128	127	128																																																																																																																																																																																																																
	MODELO	MH4+5	354		395	410	465	443	426	450	440	409	468	476	450	484	509	473	489	498	495																																																																																																																																																																																																																
	CUSTOMAS	AN			524	419	489	498	495	473	485	469	464	521	485	512	503	491	502	489	470																																																																																																																																																																																																																
	OT-PENDIENTES POR RETIRAR	MH4+5			3	3	3,0	1,9	0,9	1,7	2,0	1,5	1,3	1,2	1,4	1,2	2,1	4,7	2,6	2,7	1,4																																																																																																																																																																																																																
	ANALISIS DE AVERIAS	≥ACUM.	100	99	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																																																
KPI	CUMPLIMIENTO DE TAREAS DE HITO (PM+TBH+OBH)	≥ACUM.	100	98	100	94,83	95	98	96	99	100	98	97	98	99	98	97	99	98	97	98																																																																																																																																																																																																																
	ROJAS	≥ACUM.	95	95,0	95	97,5	95	98	98	98	98	98	98	98	97	98	98	98	98	98	98																																																																																																																																																																																																																
	AMARILLAS	≥ACUM.					82	66	30	41	53	41	82	71	72	75	76	78	74	82	84																																																																																																																																																																																																																
	CORRECTIVOS (Nº de averías por PM)	UNO	3	3,1	4	3,1	4	2,5	4	4	4	4,0	4	4	0	2,7	3	0	3	2,0	0																																																																																																																																																																																																																
OTROS	CUMPLIMIENTO PLAN MAESTRO	HORAS	100,0	98,8	100,0	97,2	100	93	100	97	98	100	100	98	99	84	90	85	83	90	90																																																																																																																																																																																																																
	CAPACITACION	HORAS	30	195	30	319	30	47	26	0	145	47	21	32	33	87	58	3	0	0	0																																																																																																																																																																																																																
(Tiempo calendario (horas) tiempo de averías (horas) tiempo calendario (horas)) <table><tr><th>MES</th><th>AVERIAS</th><th>HORAS</th><th>AVERIAS ACUM.</th><th>HORAS ACUM.</th><th>TIEMPO CALENDARIO</th><th>UT</th><th>ACUMUT</th><th>DT</th><th>ACUMDT</th><th>MTBF</th><th>MTBFACUM</th><th>MTTR</th><th>MTTRACUM</th><th>MTTR (TABLERO)</th><th>MTTR (TABLERO)</th></tr><tr><td>ENERO</td><td>22</td><td>26,58</td><td>22</td><td>27</td><td>744</td><td>717</td><td>27</td><td>26,5</td><td>27</td><td>32,6</td><td>32,6</td><td>1,2</td><td>1,2</td><td>32,6</td><td>1,2</td></tr><tr><td>FEBRERO</td><td>15</td><td>22,45</td><td>39</td><td>50,03</td><td>672</td><td>649</td><td>50,03</td><td>34</td><td>50,0</td><td>35,2</td><td>35,0</td><td>1,4</td><td>1,3</td><td>35,15</td><td>1,33</td></tr><tr><td>MARZO</td><td>24</td><td>35,5</td><td>63</td><td>105,53</td><td>744</td><td>649</td><td>105,53</td><td>34</td><td>105,5</td><td>35,7</td><td>35,0</td><td>2,2</td><td>1,7</td><td>33,69</td><td>2,31</td></tr><tr><td>ABRIL</td><td>18</td><td>21,07</td><td>106</td><td>166,60</td><td>744</td><td>723</td><td>166,60</td><td>15,2</td><td>166,0</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,1</td><td>1,5</td><td>32,88</td><td>1,12</td></tr><tr><td>MAYO</td><td>18</td><td>24,03</td><td>124</td><td>184,40</td><td>720</td><td>649</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>JUNIO</td><td>18</td><td>24,03</td><td>124</td><td>184,40</td><td>720</td><td>649</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>JULIO</td><td>23</td><td>34,92</td><td>147</td><td>219,32</td><td>744</td><td>717</td><td>219,32</td><td>31,4</td><td>219,3</td><td>35,5</td><td>35,0</td><td>1,4</td><td>1,5</td><td>32,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>AGOSTO</td><td>23</td><td>34,92</td><td>147</td><td>219,32</td><td>744</td><td>717</td><td>219,32</td><td>31,4</td><td>219,3</td><td>35,5</td><td>35,0</td><td>1,4</td><td>1,5</td><td>32,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>SEPTIEMBRE</td><td>48</td><td>85,15</td><td>219</td><td>313,45</td><td>720</td><td>649</td><td>313,45</td><td>89,2</td><td>313,8</td><td>34,7</td><td>34,7</td><td>1,3</td><td>1,4</td><td>34,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>OCTUBRE</td><td>33</td><td>45,47</td><td>252</td><td>358,92</td><td>744</td><td>649</td><td>358,92</td><td>45,5</td><td>359,0</td><td>33,2</td><td>33,2</td><td>1,4</td><td>1,4</td><td>33,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>NOVIEMBRE</td><td>18</td><td>21,07</td><td>106</td><td>166,60</td><td>744</td><td>723</td><td>166,60</td><td>15,2</td><td>166,0</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,1</td><td>1,5</td><td>32,88</td><td>1,12</td></tr><tr><td>DICIEMBRE</td><td>15</td><td>22,45</td><td>124</td><td>184,40</td><td>744</td><td>717</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr></table>																						MES	AVERIAS	HORAS	AVERIAS ACUM.	HORAS ACUM.	TIEMPO CALENDARIO	UT	ACUMUT	DT	ACUMDT	MTBF	MTBFACUM	MTTR	MTTRACUM	MTTR (TABLERO)	MTTR (TABLERO)	ENERO	22	26,58	22	27	744	717	27	26,5	27	32,6	32,6	1,2	1,2	32,6	1,2	FEBRERO	15	22,45	39	50,03	672	649	50,03	34	50,0	35,2	35,0	1,4	1,3	35,15	1,33	MARZO	24	35,5	63	105,53	744	649	105,53	34	105,5	35,7	35,0	2,2	1,7	33,69	2,31	ABRIL	18	21,07	106	166,60	744	723	166,60	15,2	166,0	37,2	35,7	1,1	1,5	32,88	1,12	MAYO	18	24,03	124	184,40	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3	JUNIO	18	24,03	124	184,40	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3	JULIO	23	34,92	147	219,32	744	717	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4	AGOSTO	23	34,92	147	219,32	744	717	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4	SEPTIEMBRE	48	85,15	219	313,45	720	649	313,45	89,2	313,8	34,7	34,7	1,3	1,4	34,7	1,3	OCTUBRE	33	45,47	252	358,92	744	649	358,92	45,5	359,0	33,2	33,2	1,4	1,4	33,2	1,4	NOVIEMBRE	18	21,07	106	166,60	744	723	166,60	15,2	166,0	37,2	35,7	1,1	1,5	32,88	1,12	DICIEMBRE	15	22,45	124	184,40	744	717	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3
MES	AVERIAS	HORAS	AVERIAS ACUM.	HORAS ACUM.	TIEMPO CALENDARIO	UT	ACUMUT	DT	ACUMDT	MTBF	MTBFACUM	MTTR	MTTRACUM	MTTR (TABLERO)	MTTR (TABLERO)																																																																																																																																																																																																																						
ENERO	22	26,58	22	27	744	717	27	26,5	27	32,6	32,6	1,2	1,2	32,6	1,2																																																																																																																																																																																																																						
FEBRERO	15	22,45	39	50,03	672	649	50,03	34	50,0	35,2	35,0	1,4	1,3	35,15	1,33																																																																																																																																																																																																																						
MARZO	24	35,5	63	105,53	744	649	105,53	34	105,5	35,7	35,0	2,2	1,7	33,69	2,31																																																																																																																																																																																																																						
ABRIL	18	21,07	106	166,60	744	723	166,60	15,2	166,0	37,2	35,7	1,1	1,5	32,88	1,12																																																																																																																																																																																																																						
MAYO	18	24,03	124	184,40	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
JUNIO	18	24,03	124	184,40	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
JULIO	23	34,92	147	219,32	744	717	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4																																																																																																																																																																																																																						
AGOSTO	23	34,92	147	219,32	744	717	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4																																																																																																																																																																																																																						
SEPTIEMBRE	48	85,15	219	313,45	720	649	313,45	89,2	313,8	34,7	34,7	1,3	1,4	34,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
OCTUBRE	33	45,47	252	358,92	744	649	358,92	45,5	359,0	33,2	33,2	1,4	1,4	33,2	1,4																																																																																																																																																																																																																						
NOVIEMBRE	18	21,07	106	166,60	744	723	166,60	15,2	166,0	37,2	35,7	1,1	1,5	32,88	1,12																																																																																																																																																																																																																						
DICIEMBRE	15	22,45	124	184,40	744	717	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
(Tiempo calendario (horas) tiempo de averías (horas) tiempo calendario (horas)) <table><tr><th>MES</th><th>AVERIAS</th><th>HORAS</th><th>AVERIAS ACUM.</th><th>HORAS ACUM.</th><th>TIEMPO CALENDARIO</th><th>UT</th><th>ACUMUT</th><th>DT</th><th>ACUMDT</th><th>MTBF</th><th>MTBFACUM</th><th>MTTR</th><th>MTTRACUM</th><th>MTTR (TABLERO)</th><th>MTTR (TABLERO)</th></tr><tr><td>ENERO</td><td>744</td><td>26,58</td><td>96,45</td><td>744</td><td>27</td><td>27</td><td>26,5</td><td>27</td><td>32,6</td><td>32,6</td><td>32,6</td><td>1,2</td><td>1,2</td><td>32,6</td><td>1,2</td></tr><tr><td>FEBRERO</td><td>472</td><td>22,45</td><td>96,45</td><td>744</td><td>672</td><td>649</td><td>105,53</td><td>34</td><td>105,5</td><td>35,7</td><td>35,0</td><td>2,2</td><td>1,7</td><td>33,69</td><td>2,31</td></tr><tr><td>MARZO</td><td>720</td><td>35,5</td><td>124</td><td>184,40</td><td>744</td><td>720</td><td>166,60</td><td>15,2</td><td>166,0</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,1</td><td>1,5</td><td>32,88</td><td>1,12</td></tr><tr><td>ABRIL</td><td>744</td><td>21,07</td><td>96,45</td><td>744</td><td>720</td><td>649</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>MAYO</td><td>744</td><td>24,03</td><td>96,45</td><td>744</td><td>720</td><td>649</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>JUNIO</td><td>720</td><td>24,03</td><td>96,45</td><td>744</td><td>720</td><td>649</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>JULIO</td><td>744</td><td>34,92</td><td>96,45</td><td>744</td><td>717</td><td>649</td><td>219,32</td><td>31,4</td><td>219,3</td><td>35,5</td><td>35,0</td><td>1,4</td><td>1,5</td><td>32,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>AGOSTO</td><td>744</td><td>34,92</td><td>96,45</td><td>744</td><td>717</td><td>649</td><td>219,32</td><td>31,4</td><td>219,3</td><td>35,5</td><td>35,0</td><td>1,4</td><td>1,5</td><td>32,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>SEPTIEMBRE</td><td>720</td><td>85,15</td><td>96,45</td><td>744</td><td>649</td><td>649</td><td>313,45</td><td>89,2</td><td>313,8</td><td>34,7</td><td>34,7</td><td>1,3</td><td>1,4</td><td>34,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>OCTUBRE</td><td>472</td><td>45,47</td><td>96,45</td><td>744</td><td>649</td><td>649</td><td>358,92</td><td>45,5</td><td>359,0</td><td>33,2</td><td>33,2</td><td>1,4</td><td>1,4</td><td>33,2</td><td>1,4</td></tr><tr><td>NOVIEMBRE</td><td>744</td><td>21,07</td><td>96,45</td><td>744</td><td>720</td><td>649</td><td>184,40</td><td>24,1</td><td>184,1</td><td>37,2</td><td>35,7</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>33,7</td><td>1,3</td></tr><tr><td>DICIEMBRE</td><td>744</td><td>22,45</td><td>96,45</td><td>744</td><td>672</td><td>649</td><td>105,53</td><td>34</td><td>105,5</td><td>35,7</td><td>35,0</td><td>2,2</td><td>1,7</td><td>33,69</td><td>2,31</td></tr></table>																						MES	AVERIAS	HORAS	AVERIAS ACUM.	HORAS ACUM.	TIEMPO CALENDARIO	UT	ACUMUT	DT	ACUMDT	MTBF	MTBFACUM	MTTR	MTTRACUM	MTTR (TABLERO)	MTTR (TABLERO)	ENERO	744	26,58	96,45	744	27	27	26,5	27	32,6	32,6	32,6	1,2	1,2	32,6	1,2	FEBRERO	472	22,45	96,45	744	672	649	105,53	34	105,5	35,7	35,0	2,2	1,7	33,69	2,31	MARZO	720	35,5	124	184,40	744	720	166,60	15,2	166,0	37,2	35,7	1,1	1,5	32,88	1,12	ABRIL	744	21,07	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3	MAYO	744	24,03	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3	JUNIO	720	24,03	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3	JULIO	744	34,92	96,45	744	717	649	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4	AGOSTO	744	34,92	96,45	744	717	649	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4	SEPTIEMBRE	720	85,15	96,45	744	649	649	313,45	89,2	313,8	34,7	34,7	1,3	1,4	34,7	1,3	OCTUBRE	472	45,47	96,45	744	649	649	358,92	45,5	359,0	33,2	33,2	1,4	1,4	33,2	1,4	NOVIEMBRE	744	21,07	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3	DICIEMBRE	744	22,45	96,45	744	672	649	105,53	34	105,5	35,7	35,0	2,2	1,7	33,69	2,31
MES	AVERIAS	HORAS	AVERIAS ACUM.	HORAS ACUM.	TIEMPO CALENDARIO	UT	ACUMUT	DT	ACUMDT	MTBF	MTBFACUM	MTTR	MTTRACUM	MTTR (TABLERO)	MTTR (TABLERO)																																																																																																																																																																																																																						
ENERO	744	26,58	96,45	744	27	27	26,5	27	32,6	32,6	32,6	1,2	1,2	32,6	1,2																																																																																																																																																																																																																						
FEBRERO	472	22,45	96,45	744	672	649	105,53	34	105,5	35,7	35,0	2,2	1,7	33,69	2,31																																																																																																																																																																																																																						
MARZO	720	35,5	124	184,40	744	720	166,60	15,2	166,0	37,2	35,7	1,1	1,5	32,88	1,12																																																																																																																																																																																																																						
ABRIL	744	21,07	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
MAYO	744	24,03	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
JUNIO	720	24,03	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
JULIO	744	34,92	96,45	744	717	649	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4																																																																																																																																																																																																																						
AGOSTO	744	34,92	96,45	744	717	649	219,32	31,4	219,3	35,5	35,0	1,4	1,5	32,2	1,4																																																																																																																																																																																																																						
SEPTIEMBRE	720	85,15	96,45	744	649	649	313,45	89,2	313,8	34,7	34,7	1,3	1,4	34,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
OCTUBRE	472	45,47	96,45	744	649	649	358,92	45,5	359,0	33,2	33,2	1,4	1,4	33,2	1,4																																																																																																																																																																																																																						
NOVIEMBRE	744	21,07	96,45	744	720	649	184,40	24,1	184,1	37,2	35,7	1,3	1,5	33,7	1,3																																																																																																																																																																																																																						
DICIEMBRE	744	22,45	96,45	744	672	649	105,53	34	105,5	35,7	35,0	2,2	1,7	33,69	2,31																																																																																																																																																																																																																						

ANEXO D

PLAN DE MANTENIMIENTO BOMBAS NEUMÁTICAS S&L																				
1	2																			

131	SI	Preparación pasta	Vlden	M15	3	Envío a tamiz ancllas			x		x		x		x		
132	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	3	Envío a tamiz ancllas					x		x		x		
133	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	6	Regresos cárcamo de agua (al lado de la vía)				x	x				x		
134	SI	Preparación pasta	Vlden	M8	6	Tanques filtratore 2 y 4							x				
135	SI	Preparación pasta	Vlden	P8	6	Tanques filtratore 6 y 8				x							
136	SI	Preparación pasta	Yamada	NCP50	6	Tanques filtratore 10 y 12							x				
137	SI	Preparación pasta	Vlden	M8	6	Tanque filtratore 14				x							
138	SI	Preparación pasta	Vlden	V8	6	Tanque filtratore 16							x				
139	SI	Preparación pasta	Vlden	V8	6	Tanques filtratore 1 y 3				x							
140	SI	Preparación pasta	Vlden	M8	6	Tanques filtratore 5 y 7							x				
141	SI	Preparación pasta	Vlden	M8	6	Tanques filtratore 3 y 11				x				x			
142	SI	Preparación pasta	Vlden	V8	6	Tanques filtratore 13 y 15							x				
143	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Cisterna 17				x			x				
144	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Cisterna 16							x				
145	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Cisterna 14				x							
146	SI	Preparación pasta	Vlden	M4	6	Regresos cárcamo de agua cisterna 14							x				
147	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	6	Regresos cárcamo de agua ensamble							x				
148	SI	Preparación pasta	Vlden	M15	5	Cisterna TCI											
149	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Envío a tamiz tanques 23, 24, y 25									x		
150	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	5	Envío a cisternas BMP				x			x				
151	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	4	Envío a central CDI			x		x			x			
152	SI	Preparación pasta	Sandpiper	S30	4	Envío al tanque 2 de la central CDI				x			x				
153	SI	Preparación pasta	Yamada	NCP80	4	Saca pasta del DAI 1, 2 Y 3									x		
154	SI	Preparación pasta	Vlden	M15	4	Saca pasta del DAI 4 Y 5 (temporalmente fuera de servicio)				x			x				
155	SI	Preparación pasta	Vlden	V8	6	Bomba viajera						x				x	
156	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Envío al salón BMP Y ALS				x				x			
157	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Envío al salón BMP Y ALS				x				x			
158	SI	Preparación pasta	Vlden	V15	4	Envío al salón de accesorios (temporalmente fuera de servicio)				x				x			
159	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	3	Envío a central TCI			x		x						
160	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	3	Envío a central TCI			x		x				x		
161	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	6	Envío a circuito de ensayos			x			x					
162	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	4	Envío a central CDI					x		x				
163	SI	Preparación pasta	Vlden	M15	6	Regresos cárcamo de agua cisternas									x		
164	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	3	Envío a BMC			x			x			x		
165	SI	Preparación pasta	Vlden	PI500	3	Envío a BMC			x		x				x		
166	SI	Sala calderas	Vlden	V4	12	Regresos cárcamo de agua				x							
167	SI	Cuarto de barropega	Vlden	M4	8	Llenado de la tolva de barropega				x						x	
168	NO	Taller de bombas	Vlden	M4													
169	NO	Taller de bombas	Vlden	V4	6												
170	NO	Taller de bombas	Vlden	P4 Inox	6												
171	NO	Taller de bombas	Vlden	P8 Inox	6												
172	NO	Planta de aguas residuales	Vlden	P800													

[illegible]

Sección 8

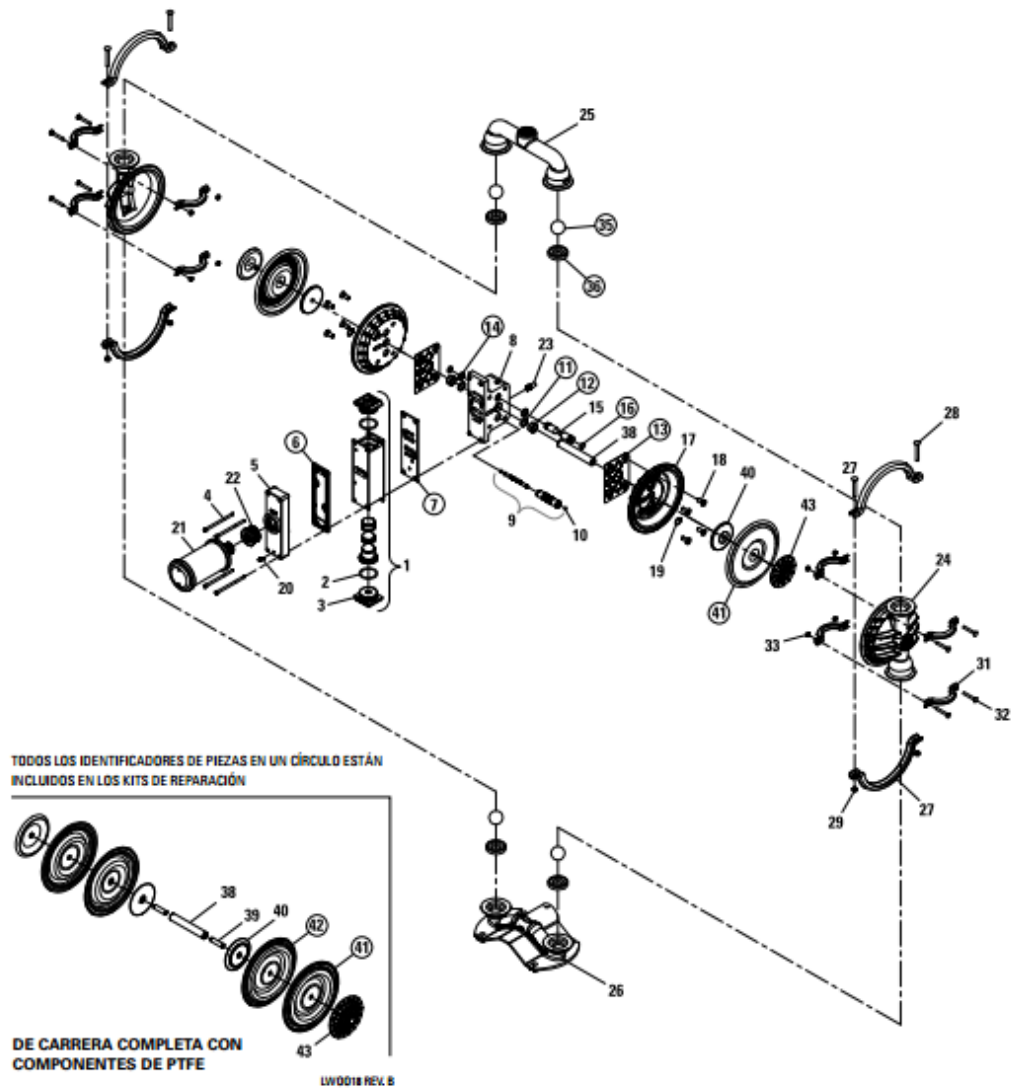


WILDEN

PLANO DE DESPIECE Y LISTADO DE PIEZAS

PS4 METÁLICA

PLANO DE DESPIECE





PLANO DE DESPIECE Y LISTADO DE PIEZAS

PS4 METÁLICA

LISTADO DE PIEZAS

Elemento	Descripción	Cantidad	XPS4/AAAAA/ P/N	XPS4/WMAAA/ P/N	XPS4/SSAAA/ P/N	XPS4/SSAAA/ P/N
COMPONENTES DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE						
1	Conjunto de válvula neumática, Pro-Flo® SHIFT ¹	1	04-2039-01	04-2039-01	04-2039-01	04-2039-01
2	O-Ring (-225), tapa extrema (Ø1,859 X Ø0,139)	2	04-2390-52-700	04-2390-52-700	04-2390-52-700	04-2390-52-700
3	Tapa extrema	2	04-2340-01	04-2340-01	04-2340-01	04-2340-01
4	Tornillo, SHC, válvula neumática (1/4"-20 x 4 1/2")	4	01-6000-03	01-6000-03	01-6000-03	01-6000-03
5	Placa silenciadora, Pro-Flo® SHIFT	1	04-3189-01	04-3189-01	04-3189-01	04-3189-01
6	Empaque, placa silenciadora, Pro-Flo® SHIFT	1	04-3509-52	04-3509-52	04-3509-52	04-3509-52
7	Empaque, válvula neumática, Pro-Flo® SHIFT	1	04-2629-52	04-2629-52	04-2629-52	04-2629-52
8	Conjunto de bloque central, Pro-Flo® SHIFT ²	1	04-3129-01	04-3129-01	04-3129-01	04-3129-01
9	Conjunto de camisa piloto	1	04-3880-99	04-3880-99	04-3880-99	04-3880-99
10	O-Ring de retención del carrete piloto	2	04-2650-49-700	04-2650-49-700	04-2650-49-700	04-2650-49-700
11	Sello, eje	2	08-3210-55-225	08-3210-55-225	08-3210-55-225	08-3210-55-225
12	Buje, eje	2	08-3306-13	08-3306-13	08-3306-13	08-3306-13
13	Empaque, bloque central, Pro-Flo V™	2	04-3529-52	04-3529-52	04-3529-52	04-3529-52
14	Sello, carrete de control neumático	2	02-3210-55-225	02-3210-55-225	02-3210-55-225	02-3210-55-225
15	Carrete de control neumático	1	04-3859-03	04-3859-03	04-3859-03	04-3859-03
16	O-Ring de retención del carrete de control neumático (-114, Ø0,612" x Ø0,18")	2	04-3879-50	04-3879-50	04-3879-50	04-3879-50
17	Cámara de aire, Pro-Flo V™	2	04-3660-01	04-3660-01	04-3660-01	04-3660-01
18	Tornillo, HSFHS (3/8"-16 x 1")	8	71-6250-08	71-6250-08	71-6250-08	71-6250-08
19	Anillo de retención	2	04-3890-03	04-3890-03	04-3890-03	04-3890-03
20	Tornillo de conexión a tierra, (10-32 x 0,50") autorroscante	1	04-6345-08	04-6345-08	04-6345-08	04-6345-08
21	Silenciador 1" NPT	1	15-3510-99R	15-3510-99R	15-3510-99R	15-3510-99R
22	Buje, reductor, 1-1/2" NPT a 1" NPT	1	04-6959-08	04-6959-08	04-6959-08	04-6959-08
23	Silenciador, 1/4" NPT	1	04-3240-07	04-3240-07	04-3240-07	04-3240-07
COMPONENTES DEL RECORRIDO HÚMEDO						
24	Cámara de líquido	2	04-5000-01	04-5000-02	04-5000-03	04-5000-03P
25	Manifold, descarga NPT	1	04-5020-01	04-5020-02	04-5020-03	N/A
	Manifold, descarga BSPT	1	04-5020-01-14	04-5020-02-14	04-5020-03-14	N/A
	Manifold, descarga Tri-Clamp	1	N/A	N/A	N/A	04-5020-03-70P
26	Manifold, succión con pie NPT	1	04-5080-01	04-5080-02	04-5080-03	N/A
	Manifold, succión con pie BSPT	1	04-5080-01-14	04-5080-02-14	04-5080-03-14	N/A
	Manifold, succión con pie Tri-Clamp	1	N/A	N/A	N/A	04-5080-03-70P
27	Conjunto de banda de sujeción grande	2	04-7330-08	04-7330-08	04-7330-03	04-7330-03-70
28	Perno de transporte, banda de sujeción grande (5/16"-18 x 2-1/2")	4	04-6070-08	04-6070-08	04-6070-03	04-6070-03
29	Tuerca hexagonal, banda de sujeción grande (5/16"-18)	4	04-6420-08	04-6420-08	04-6400-03	08-6661-10
30	Arandela, latón plano (Ø0,340" x Ø0,750" x 0,063") (no se muestra)	4	N/A	N/A	N/A	08-6700-07-70
31	Conjunto de banda de sujeción pequeña	8	04-7100-08	04-7100-08	04-7100-03	04-7100-03-70P
32	Perno de transporte, banda de sujeción pequeña (1/4"-20 x 2")	8	04-6050-08	04-6050-08	N/A	N/A
	Perno de transporte, banda de sujeción pequeña (1/4"-20 x 2-1/4")	8	N/A	N/A	01-6070-03	01-6070-03
33	Tuerca hexagonal, banda de sujeción pequeña (1/4"-20)	8	04-6400-08	04-6400-08	04-6400-03	04-6651-10
34	Arandela, latón plano (Ø0,251" x Ø0,620" x 0,063") (no se muestra)	8	N/A	N/A	N/A	04-6700-07-70
EMPAQUES / BOLAS DE VÁLVULA / ASIENTOS DE VÁLVULA / O-RINGS DE VÁLVULA						
35	Bola, válvula	4	*	*	*	*
36	Asiento, válvula	4	*	*	*	04-1121-63P
37	O-Ring de asiento de válvula, accesorios de PTFE (no se muestra)	4	04-1200-55	04-1200-55	04-1200-55	04-1200-55
COMPONENTES DE CAUCHO / TPE / PTFE DE CARRERA COMPLETA						
38	Eje	1	04-3800-03-700	04-3800-03-700	04-3800-03-700	04-3800-03-700
39	Pasador del eje	2	08-6150-08	N/A	08-6150-08	08-6150-08
40	Pistón, interno	2	04-3700-01-700	04-3700-01-700	04-3700-01-700	04-3700-01-700
41	Diafragma, principal	2	*	*	*	*
42	Diafragma, respaldo	2	*	*	*	*
43	Pistón, externo	2	04-4550-01	04-4550-08	04-4550-03	04-4550-03P
44	Tornillo, HHC, (1/2"-20 X 1-1/2") (no se muestra)	2	N/A	04-6091-08	N/A	N/A

*Consulte el cuadro de elastómeros - Sección 9.

¹El conjunto de la válvula neumática incluye los elementos 2 y 3.

²El conjunto de bloque central incluye los elementos 11, 12, 14, 15 y 16.

Todos los elementos que aparecen en negrita son componentes principales de desgaste.

WIL-10400-E-02sp

21

WILDEN PUMP & ENGINEERING, LLC

ANEXO F

