

**EVALUACIÓN, ANALISIS Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA
ESTRATEGIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE
BOMBEO DEL CAMPO CASABE**

CARLOS ARTURO MUJICA BENAVIDES

EDWAN JULIAN PAREDES MENDEZ

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

2014

**EVALUACIÓN, ANALISIS Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA
ESTRATEGIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE
BOMBEO DEL CAMPO CASABE**

CARLOS ARTURO MUJICA BENAVIDES

EDWAN JULIAN PAREDES MENDEZ

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

Director

Esp. Ing. ALFONSO ACOSTA VIÑA

Ingeniero de Producción y Especialista en Gerencia de Proyectos

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

2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. CAMPO CASABE	21
1.1 RESEÑA HISTORICA	16
1.1.1 Vías de acceso	21
1.1.2 Campo Casabe	23
1.2 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO	32
1.2.1 Generaciones del mantenimiento	42
1.2.1.1 Primera Generación	43
1.2.1.2 Segunda Generación	44
1.2.1.3 Tercera Generación	44
1.3 PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN LAS BOMBAS	46
2. MANTENIMIENTO	52
2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	75

	Pág.
2.2 VENTAJAS SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO	76
2.2.1 Cálculo de la Disponibilidad	77
2.2.2 Cálculo de la Velocidad (o eficiencia)	78
2.2.3 Cálculo de la Calidad	79
3. BOMBAS	81
3.1 TIPOS DE BOMBAS Y CARACTERÍSTICAS	82
3.2 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA AL DISEÑAR UN SISTEMA DE BOMBEO	95
3.3 CRITERIOS PARA DETERMINAR LA BOMBA A UTILIZAR	97
3.4 SISTEMAS DE APLICACIÓN DE BOMBAS	98
3.5 EFICIENCIA Y PUNTOS DE OPERACIÓN	105
3.6 IMPACTO EN LA PRODUCCION	108
3.7 IMPACTO AMBIENTAL	109
4. CRITICIDAD	115

	Pág.
4.1 MODELOS DE EVALUACION DE CRITICIDAD	116
5. ANALISIS DE VARIABLES QUE ORIENTAN EL MANTENIMIENTO	121
5.1 ACTUALIZACIÓN DEL ARBOL DE EQUIPOS	124
5.2 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	127
5.3 RESULTADOS GENERALES	128
5.4 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS DE MEJORA	129
6. PROSPECTIVA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	133
6.1 PROSPECTIVA ECONOMICA	133
6.2 VIABILIDAD TECNICA	135
6.3 VIABILIDAD AMBIENTAL	136
CONCLUSIONES	139
BIBLIOGRAFIA	140
ANEXOS	141

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Alternativas de vías de acceso al Campo Casabe y Peñas Blancas	22
Figura. 2. Mapa de Procesos Consorcio Confipetrol	53
Figura 3. Estructura organizacional ECOPETROL S.A.	54
Figura 4. Organigrama de Confipetrol	55
Figura 5. Formato para autorización de trabajos de atención inmediata (No programados)	67
Figura 6. Acta de Reunión	69
Figura 7. Tiempo total de operación	77
Figura 8. Ejemplos de Bombas Rotodinámicas y de Canal Lateral	83
Figura 9. Bomba mono etapa de paletas	84
Figura 10. Bomba de paletas (Estanqueidad entre rotor y carcasa)	84
Figura 11. Bomba centrífuga Una etapa en voladizo Carcasa tipo Voluta y caracol	85

	Pág.
Figura 12. Bomba centrífuga 5 etapas, entre cojinetes con difusores	85
Figura 13. Bomba una etapa, entre cojinetes, doble admisión	86
Figura 14. Rendimiento de una bomba centrífuga	86
Figura 15. Bombas Rotativas	88
Figura 16. Bombas Reciprocantes	89
Figura 17. Bomba alternativa neumática de doble diafragma	90
Figura 18. Bomba rotativa de engranajes externos	90
Figura 19. Rendimiento de una bomba de desplazamiento positivo	91
Figura 20. Proceso del centro de recolección de crudo	99
Figura 21. Proceso de las estaciones 2, 3, 4, 5 y peñas blancas, de Tratamiento del crudo	101
Figura 22. Proceso de la estación de bombeo cóndor casabe	104
Figura 23. Panta de inyección de agua PIA	105
Figura 24. Ficha de datos de bombas	107

	Pág.
Figura 25. Ventana emergente de prioridad de trabajo	116
Figura 26. Matriz de riesgos para un RCA	119
Figura 27. Diagrama de flujo de modos efectos y causas de fallas	120
Figura 28. Módulo MSQ690	126
Figura 29. Módulo MSQ700	126
Figura 30. Ciclo de recobro y recuperación secundaria de crudo	134

LISTADO DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Equipo de workover	24
Foto 2. Mejoramiento de caminos	25
Foto 3. Fabricación de diques	26
Foto 4. Unidades de bombeos	26
Foto 5. Dispensas de mercado de Yondó – Antioquia	27
Foto 6. Centro médico	28
Foto 7. Templo de Yondó – Antioquia	28
Foto 8. Panorámica de campo casabe Yondó – Antioquia	29
Foto 9. Bombas de vertimiento	110
Foto 10. Bomba de despacho de crudo	112

LISTADO DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clases de Generaciones del mantenimiento	42
Cuadro 2. Costo del mantenimiento correctivo	57
Cuadro 3. Diferida de crudo	58
Cuadro 4. Reproceso de mantenimiento	59
Cuadro 5. Porcentaje de mantenimiento proactivo	60
Cuadro 6. Backlog	61
Cuadro 7. Ejecución de recomendaciones de CBM	62
Cuadro 8. Cumplimiento del programa en horas hombre	63
Cuadro 9. Sobretiempo	64
Cuadro 10. Cumplimiento del programa en órdenes de trabajo	65
Cuadro 11. Ventajas del mantenimiento	80
Cuadro 12. Lista de marcas de equipos	93
Cuadro 13. Sumatoria de tiempos en HH	134

Cuadro 14. Proyección anual en HH

135

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Parámetros de optimización de tiempos	142
Anexo B. Normas aplicadas en equipos de bombeo según API	156
Anexo C. Normas aplicadas a equipos de bombeo bajo el estándar ISO	158
Anexo D. Normas americanas aplicadas a equipos de bombeo	160
Anexo E. Normas aplicadas a equipos de bombeo según ANSI	163

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN, ANALISIS Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO DEL CAMPO CASABE.

AUTORES: CARLOS ARTURO MUJICA BENAVIDES, EDWAN JULIAN PAREDES MENDEZ.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: Esta monografía desarrolla un modelo de optimización del plan de mantenimiento actualmente existente en los equipos de bombeo del campo casabe, tomando como referencia la medición de indicadores que buscan establecer estrategias que permitan mejorar el rendimiento de los resultados con el mínimo de los recursos.

Para ello se hace un análisis de históricos de la información reportada en los últimos años, junto con un estudio de tiempos y movimientos donde posteriormente es discutido en una reunión de expertos, se identifican necesidades, y resultan propuestas interesantes de mejora.

Por otra parte se identifica carencia de información donde una vez obtenida y organizada, resulta ser una herramienta clave para identificar debilidades y oportunidades de mejora que facilitan la toma de decisiones, logrando asegurar recursos, aumentando la confiabilidad de los activos, minimizando los tiempos medios entre reparación (MTTR), mantenimientos correctivos, costos en horas extras y aumentando la disponibilidad del activo, tiempos de respuesta, logrando demostrar que el proyecto es económicamente viable.

En la interacción del trabajo desarrollado se fortalece el trabajo en equipo y se mejoran las relaciones interpersonales entre los diferentes medios de la organización, donde a partir del ejercicio denominado reunión de expertos, cada persona da a conocer su opinión, perspectiva y propuesta de optimización, estableciendo objetivos comunes, logrando que todos halen para el mismo lado.

* Monografía

** Facultad: Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela: Ingeniería Mecánica.
Director: Alfonso Acosta Viña

SUMMARY

TITLE: EVALUATION, ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF PROPOSED STRATEGY PLAN MAINTENANCE OF PUMPING EQUIPMENT FIELD CASABE.

AUTHORS: CARLOS ARTURO MUJICA BENAVIDES, EDWAN JULIAN PAREDES MENDEZ.

DESCRIPTION OR CONTENT: This paper develops an optimization model of currently existing maintenance plan in pumping equipment cassava field with reference to the measurement of indicators that seek to establish strategies to improve the performance of the results with the minimum of resources.

This historical analysis of the information reported in recent years, along with a time and motion study which is then discussed in an expert meeting is done, needs are identified, and suggestions for improvement are interesting.

Moreover lack of information which once obtained is identified and organized, turns out to be a key tool for identifying weaknesses and improvement opportunities that facilitate decision making, achieving secure resources, increasing asset reliability, minimizing the mean times between repair (MTTR), corrective maintenance, overtime costs and increasing asset availability, response times, managing to demonstrate that the project is economically viable.

On the interplay of the work grownup itself strengthen the work at am fitting and itself they improve the relationships interpersonally in-between the other half of the organization, where as of of the drill denominator experienced of meeting, at intervals of human being da to know about her opinion, vista and offered of optimization common objectives, I attained which everyone in order to one and the same side

* Monograph

* * Faculty: physical and mechanical engineering. School: Mechanical engineering. Director: Alfonso Acosta Viña

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de los equipos de ECOPETROL GCO, GERENCIA CENTRO ORIENTE, Superintendencia de operaciones del río SOR, es tercerizado desde el año 2005 por la firma contratista CONSORCIO CONFIPETROL, dentro de esta gerencia se encuentra CAMPO CASABE, ubicada a 9 Kilómetros de Barrancabermeja.

Consortio Confipetrol, es responsable de prestar los servicios de mantenimiento a los equipos del campo divididos en diferentes áreas o especialidades, dentro de los cuales están mecánica, instrumentos y controles, eléctricos, equipo móvil, soldadura, equipo automotor liviano, transportes, plantas y estaciones, entre otras.

Ecopetrol es responsable de comprar los equipos, administrar los recursos económicos, elaborar los planes de mantenimiento, que deberán ser suministrados a la empresa contratista, para este caso Consortio Confipetrol y supervisar que los mantenimientos se realicen conforme lo establecido, para ello Ecopetrol tiene un departamento IMC –ingeniería en mantenimiento y confiabilidad- encargado de medir la estrategia del mantenimiento mediante los indicadores de gestión. Cada especialidad define su estrategia y para que esta funcione todos los miembros de la organización deben estar muy bien engranados, entender los conceptos, y buscar los medios para optimizarla; este es el propósito de esta monografía, a partir de los conceptos de la especialización optimizar el plan de mantenimiento de los equipos de bombeo. Con esto en la medida que los resultados sean positivos todos los empleados tienen derecho a un porcentaje de dinero bonificado, y si estos son negativos existe una penalización monetaria contemplada contractualmente, además de castigar la evaluación de desempeño.

Todos evolucionamos de acuerdo a las necesidades, cada día se incrementan las competencias y se definen nuevas metodologías como lo son RCM, TPM, ahora PAS55 y gestión de activos, todas con un mismo objetivo, minimizar las pérdidas haciendo más con el mínimo de los recursos. Todas tienen una variable en común y es “el Tiempo”, y para poder minimizarlos se debe tener la información a la mano que permita anticipar y asegurar los recursos necesarios, sin llegar a encarecer el mantenimiento con recursos y/o repuestos que puedan llegar a generar un lucro cesante.

Por tanto, el propósito de esta monografía es medir, analizar, controlar, corregir y proponer mejoras que permitan garantizar la confiabilidad de los activos, reduciendo las pérdidas y buscando que las personas trabajen seguras y tranquilas en pro de un beneficio común.

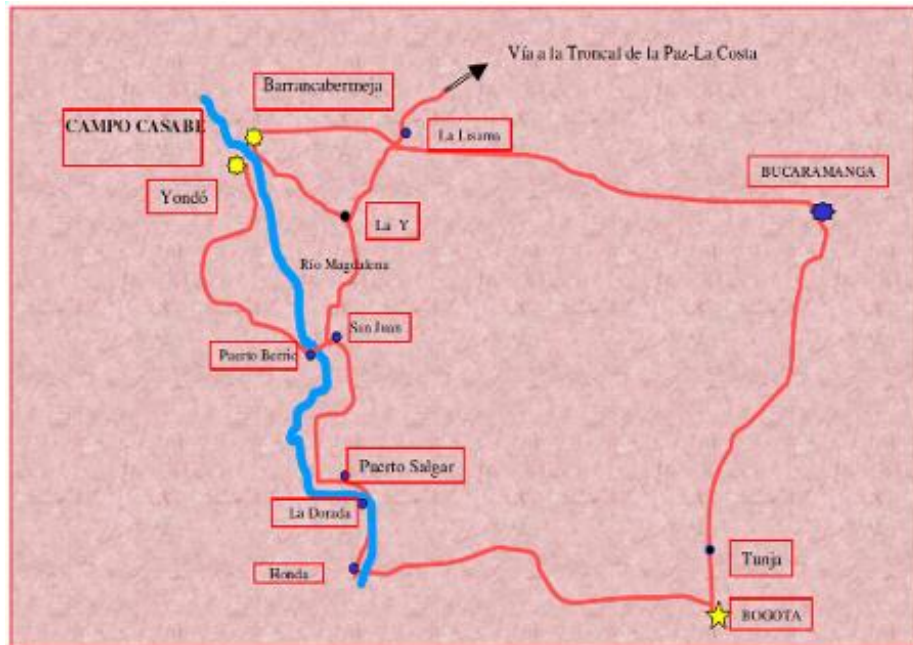
1. CAMPO CASABE

1.1 RESEÑA HISTORICA

1.1.1 Vías de acceso. Para llegar al área de interés del proyecto Campo Casabe y Peñas Blancas se tienen tres vías de acceso terrestre. Saliendo de Bogotá por la vía que conduce a Tunja, Barbosa, San Gil, El Socorro, Bucaramanga, caserío La Lizama, se sigue hasta Barrancabermeja y desde allí por vía terrestre o fluvial se llega al campo Casabe. Otra vía de acceso al área de interés, es por la troncal de La Paz que se comunica con la costa atlántica, saliendo de Santafé de Bogotá, Honda, La Dorada, Puerto Salgar, Puerto Boyacá, Puerto Araujo, Barrancabermeja y desde allí por vía terrestre o fluvial para llegar finalmente hasta el Campo Casabe.

Y por último otra vía de acceso terrestre al área del proyecto es siguiendo por la Troncal de la Paz, hasta Puerto Boyacá, se desvía y se coge por la carretera a Puerto Berrío y desde allí se va por vía fluvial atravesando el Río Magdalena para coger la carretera destapada la cual conduce al municipio de Yondó, y posteriormente al campo Casabe. Ver figura 1.

Figura 1. Alternativas de vías de acceso al Campo Casabe y Peñas Blancas



Fuente. Estudio de evaluación ambiental y plan de manejo ambiental para los campos petroleros de casabe y peñas blancas, pág. 1, 2 y 3.

Comercialmente, la historia del petróleo en Colombia comenzó en 1905, cuando el Gobierno Nacional firmó dos contratos de concesión:

La Concesión De Mares: llamada así porque fue firmada con un particular, Roberto De Mares, quien inició la extracción de petróleo en una gran extensión de terreno al sur de lo que hoy es el centro urbano de Barrancabermeja en el departamento de Santander.

La Concesión Barco: firmada con el general Virgilio Barco y localizada en la región del Catatumbo, en el departamento de Norte de Santander.

Esa modalidad de concesión consistía básicamente en que el Estado cedía a particulares determinadas áreas de territorio para que los concesionarios adelantaran trabajos de exploración. A cambio se acordaba que recibieran unas regalías sobre la producción que obtuvieran, que oscilaban entre 7 y 14%.

La Concesión De Mares pasó después a ser propiedad de la Tropical Oil Company (conocida en esa época en Colombia como la Troco). En 1918 se descubrieron los primeros yacimientos bautizados como la Cira-Infantas, con reservas recuperables cercanas a 800 millones de barriles de petróleo y que aún produce algo de crudo.

1.1.2 Campo Casabe. A mediados de 1937 la Tropical Oil Company compañía extranjera dio origen a los primeros sondeos de la región. En 1938 hizo los primeros estudios de exploración en busca de petróleo, no obteniendo resultados satisfactorios. A finales del mismo año, entró la empresa Anglo Holandesa para continuar los estudios de exploración los cuales fueron satisfactorios al encontrar el preciado líquido. Ver foto 1.

Foto 1. Equipo de workover



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Esta compañía se estableció en campamentos de madera y paja: denominándose Campo Casabe; el nombre de Casabe obedeció a que a orillas del río en el puerto principal, una familia preparaba una torta que se llamaba Casabe; así se dio nombre el asentamiento Holandés CAMPO CASABE. Ver foto 2.

Foto 2. Mejoramiento de caminos



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

En el lugar no había sino selva espesa y terreno anegadizo. Su nivel era más bajo que el del gran río. Fue menester que la compañía, al comprobar la riqueza que se escondía en lo profundo de aquel suelo, construyera un dique de contención, paralelo al río y de unos veinte kilómetros de longitud para defender el campo de las inundaciones. A Casabe se le construyó sobre un pantano. Fueron necesarios intensos trabajos de drenaje y saneamiento para poder hacer habitable aquel lugar. Allí mostraron los holandeses, en su lucha con la naturaleza, su conocida habilidad para ganarle tierra al agua. Ver foto 3.

Foto 3. Fabricación de diques



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Foto 4. Unidades de bombeos



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Casabe 1 fue el primer pozo perforado en el área de la concesión Yondó, frente al puerto de Barrancabermeja. Ver foto 4. Hoy hace medio siglo se iniciaron los trabajos de perforación. Alcanzado el éxito, su producción inicial llegó a los 430 barriles diarios el 20 de octubre de 1941. Cuatro años después, el presidente Alfonso López Pumarejo abrió la válvula del oleoducto que transportaría los primeros cinco mil barriles extraídos de ese pozo y con los cuales comenzaba la producción comercial de la concesión otorgada por el Gobierno colombiano. Casabe se convertía, así, en uno de los campos más importantes del país. Hasta hoy, este pozo ha producido un total de 401.181 barriles.

Foto 5. Dispensas de mercado de Yondó - Antioquia



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Foto 6. Centro médico



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Foto 7. Templo de Yondó - Antioquia



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Foto 8. Panorámica de campo casabe Yondó - Antioquia



Fuente. Archivos biblioteca Yondó - Antioquia

Casabe era un centro de nutrida actividad industrial y doméstica, con cerca de cuatro mil habitantes. Ver foto 5. Contaba con un moderno y bien dotado hospital con setenta camas atendidas por especialistas, lo que le hizo ganar fama nacional. Ver foto 6. Tenía adecuados medios de recreación y esparcimiento ver foto 7, servicios de agua, luz y gas para las 486 viviendas dispuestas en cuatro sectores residenciales; supermercados de cómodo y moderno autoservicio donde los usuarios podían surtirse de los comestibles y objetos de primera necesidad, amplia sala de cine para 500 personas y completos escenarios deportivos donde se realizaban eventos de carácter nacional ver foto 8.

El transporte al puerto se llevaba a cabo en buses chatos que recorrían a horas fijas los sectores del poblado para empalmar con la salida del ferry hacia Barrancabermeja. Las tres cubiertas del transbordador albergaban normalmente como aún lo hacen a 570 pasajeros y a una decena de automóviles. Vehículos de diferente peso y tamaño circulaban por la extensa red de carreteras que todavía

comunican al puerto con la zona urbana y el área industrial con los pozos petroleros. Los siete generadores de la planta eléctrica producían la energía necesaria para impulsar las 396 unidades de bombeo que extraían el petróleo crudo de los pozos y mover la maquinaria industrial y los equipos caseros. Un doloroso desangre a finales de 1974, Shell tomó la decisión de negociar la entrega anticipada de la concesión, en razón a la limitación de las exportaciones de crudo. Al iniciarse la administración del campo por parte de la Empresa Colombiana de Petróleos, se habían producido 310 millones de barriles de petróleo y quedaban 190 millones por producir.

A partir de 1976, Ecopetrol inició los primeros estudios tendientes a mejorar las condiciones de producción del campo, para lo cual se remozaron las instalaciones, se adquirieron modernos equipos y se realizaron nuevos estudios de los yacimientos.

Las casas de los barrios obreros fueron donadas por Ecopetrol a los colonos y con ellas se configuró, a comienzos de 1979, el municipio de Yondó, dando cumplimiento a la Ordenanza 38 de la Asamblea de Antioquia.

Con el proyecto de recuperación secundaria iniciado por Ecopetrol, a partir de junio de 1985, y con las inversiones realizadas, se le devolvió a Casabe la posición destacada que tenía en el concierto petrolero nacional, elevando su producción de 3.500 barriles por día y cerca de 12.500 barriles diarios que se aportan hoy a la producción nacional y que le significan al municipio de Yondó el ingreso de un poco más de dos millones de pesos diarios por concepto de regalías. Con esta participación, y el desarrollo de programas comunitarios, se le está dando el impulso que requiere para su desarrollo.

Dos décadas después de ese primer proyecto de recuperación secundaria, Ecopetrol vislumbró una segunda posibilidad incorporando nueva tecnología y por

eso decidió incluirlo en la ronda de negocios 2000. Sin embargo, no se recibieron ofertas definitivas.

En 2001, Ecopetrol y Schlumberger realizaron un estudio del campo y determinaron que era posible construir las bases para celebrar un contrato que tuviera por objeto llevar a cabo un proyecto de aplicación tecnológica que permita incrementar el factor de recobro.

Casabe se caracteriza por un bajo nivel de recobro (24%) y la disponibilidad de infraestructura de almacenamiento, tratamiento e inyección de agua, sin contar que se encuentra a unos seis kilómetros de la Refinería de Barrancabermeja.

El crudo de Casabe adicionalmente le aporta hoy a la Nación cerca de 240 millones de pesos al mes por pago de regalías, y 250 millones de pesos mensuales al departamento de Antioquia.

La acción violenta que se ha venido desatando contra las instalaciones y operaciones petroleras desangra la economía colombiana. El perjuicio no solo afecta por las altas cifras de las pérdidas, sino por el impacto social que este irracional ecocidio tiene sobre las poblaciones que, como Yondó, derivan sus ingresos y fuentes de empleo de la actividad petrolera, sobre la generación y distribución de regalías, el equilibrio ambiental, la vida animal y vegetal, las propiedades campesinas y el desarrollo de los programas comunitarios.

Publicación eltiempo.com. Sección Otros. Fecha de publicación. 12 de mayo de 1991. Autor NULLVALUE

1.2 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

Desde hace mucho tiempo el hombre ha utilizado la idea del mantenimiento, tanto para ahorrar costos como para maximizar la vida útil de las herramientas y maquinarias, en el tiempo actual el hombre ha transitado por grandes cambios y avances en el ramo del mantenimiento, a continuación una cronología del como ha venido surgiendo estas evoluciones:

- ✓ **|120000 a. C Inicio del pensamiento y habilidades del hombre|** Solo realizaban trabajos de Mantenimiento Correctivo (MC) en sus herramientas y utensilios.
- ✓ **|1780-1830|** Durante la Primera Revolución Industrial los bienes se fabricaban en forma manual, por lo que eran necesarios hombres diestros y hábiles. Como resultado, los productos fueron pocos, caros y de calidad variable.
- ✓ **|Fábrica de papel 1780|** El personal de producción, además de realizar sus labores, cuidaba también las maquinas solo con acciones de MC, ya que no las consideraban tan importantes para el desarrollo de su trabajo.
- ✓ **|1798|** Surgió la necesidad de mejorar el MC, pues los trabajos eran muy tardados y frecuentemente exigían la atención de varios especialistas, ya aquellas piezas rotas tenían que volverse a hacer a la medida.
- ✓ **|Eli Whitney 1765-1825|** En 1798 el inventor norteamericano Eli Whitney desarrollo la idea de utilizar partes intercambiables en las armas de guerra, pues él ya lo hacía en sus máquinas algodoneras cinco años antes.

- ✓ **[1879]** Debido a la proliferación de fábricas, en muchas se contrató personal sin preparación, lo cual implicó fuertemente su adiestramiento y la administración de las mismas fábricas; además, ambos problemas presionaban mucho para ser resueltos.

- ✓ **[Frederick W. Taylor 1856-1915]** El trabajo de Taylor dio base a la Segunda Revolución Industrial al aumentar el interés por el científicismo en el trabajo y en la administración, lo cual incrementó de manera rápida la productividad; pero el Mto. A las máquinas seguía siendo correctivo.

- ✓ **[1903]** Los bienes que necesariamente tenían que ser de buena calidad eran muy caros y, por tanto, tenían poca demanda; solo los ricos podían aspirar a comprar, por ejemplo, un automóvil. La división del trabajo era difícil de mejorar, pues se trabajaba con grupos de especialistas.

- ✓ **[Henry Ford 1879-1947]** Estableció la producción industrial masiva de automóviles, su objetivo fue abaratar su producto a tal grado que pudiera ser comprado hasta por el agente del pueblo; lo cual obtuvo con la creación de un nuevo proceso de manufactura por medio de cintas transportadoras, que fue montado en 1914.

- ✓ **[1910]** Se incrementó la cantidad de máquinas, y por razón natural, el trabajador dedicado a la producción invirtió cada vez más de su tiempo para hacer trabajos de arreglo a las mismas (MC).

- ✓ **[Albert Ramondy Asociados]** Se formaron cuadrillas de MC con personal de baja calidad para liberar de este trabajo al personal de producción, el cual debía conocer y tener habilidad para producir lo que hacía la máquina.

- ✓ **|1914-1918|** La industria de guerra tuvo la necesidad de trabajar en forma continua, debido a la demanda urgente de sus productos, pero la cantidad de máquinas con fallas era cada día mayor.
- ✓ **|Primera Guerra Mundial|** Al personal de MC se le comenzaron a asignar labores de prevención para evitar que las máquinas más importantes fallaran. Nacieron los Departamentos de Mantenimiento Preventivo (PM).
- ✓ **|1916|** Existían muchas maneras de aplicar la Administración Científica, cuando Fayol desarrolló su modelo de Administración Industrial y General. Dicho modelo fue integrado con cinco elementos: previsión, organización, dirección, coordinación y control.
- ✓ **|Henry Fayol 1841-1925|** Se desarrolló el actual Proceso Administrativo, con cinco elementos: planeación, organización, integración, ejecución y control, dando un concepto holístico a los departamentos de cada empresa, lo cual hizo notar la rivalidad existente entre el personal de Producción y el de Mantenimiento.
- ✓ **|1927-1931|** Debido al cientificismo y a los trabajos de Taylor en la aplicación de tiempos y movimientos, creció el interés por el uso de la estadística en el trabajo, pero su aplicación era muy lenta y poco confiable. Los triunfos comprobados por el uso de la estadística en el trabajo industrial norteamericano hicieron que dicha rama de la matemática fuera aceptada como de empleo regular a nivel mundial.
- ✓ **|Walter A. Shewhart 1891-1967|** Shewhart desarrolló el Control Estadístico de Calidad (SQC) y Deming se le unió con su libro El Control Económico de la Calidad del Producto Manufacturado). Deming continuó trabajando con Shewhart, mejorando con el SQC la industria norteamericana, hasta 1939.

que con la llegada de la Segunda Guerra Mundial se abandonó esta práctica.

- ✓ **[1937]** El creciente número de trabajos que era necesario desarrollar en los activos físicos de una empresa obligo a analizar la importancia de cada uno y tomar acciones para priorizarlos.

- ✓ **| Joseph Juran1904 |** Joseph Juran dio a conocer su regla del 80/20 a la cual llamo Principio de Pareto, y este permite establecer prioridades al determinar los ítems de influencia vital o importante a fin de atenderlos por orden de importancia con respecto al producto.

- ✓ **[1939-1945]** La Segunda Guerra Mundial obligó a los países beligerantes, sobre todo a EUA, a trabajar con sus industrias de acero las 24 horas y a tomar a los obreros como administradores de primer nivel a fin de mejorar la comunicación y la toma de decisiones en la línea de trabajo.

- ✓ **[Segunda Guerra Mundial]** Se sistematizan los trabajos de MP, y en EUA se empezó a abandonar el Control Estadístico de Calidad, que habían establecido especialistas como Walter A. Shewhart y W. Edwards Deming, antes de la Segunda Guerra Mundial.

- ✓ **[1946]** El MP continuo sin proporcionar buenos resultados, pues no aseguraba que las maquinas entregaran el producto con la calidad y cantidad deseada, aunque se aumentaron fuertemente los costos.

- ✓ **[American Society For Quality]** Se creó la Sociedad Americana de Control de Calidad de la cual fue socio el Dr. W. Edwards Deming. Dicha sociedad ayudo al estudio estadístico del trabajo y mejoro, de manera posible, la calidad de los productos obtenidos.

- ✓ **[1950]** Durante la Segunda Guerra Mundial Japón quedo destrozado en su industria y en su campo, y el Comando Supremo de las Fuerzas Aliadas SCAP, al mando del general estadounidense Douglas MacArthur, estableció un programa de desarrollo con especialistas, entre ellos el principal fue W. Edwards Deming.
- ✓ **[W. E. Deming1900-1993]** Los trabajos de Deming dieron inicio a la Tercera Revolución Industrial, al establecer en la industria japonés a el Control Estadístico de Calidad. Aplico el criterio de que la empresa empieza en el proveedor y termina en el cliente, al que se le considera como la parte más importante. Aplico el Ciclo Shewhart´ PDCA o PHVA, que significa: planificar-hacer-verificar-actuar.
- ✓ **[1950]** Debido al fuerte crecimiento de la productividad, la exigencia de los mercados por la mejora aumento la calidad del producto.
- ✓ **[Industriales de Estados Unidos de América]** Se creó el concepto de Mantenimiento Productivo. Esto enfoco el trabajo de Mtto. A obtener tanto calidad como cantidad de producto, y no solo a dedicarse al cuidado de las maquinas.
- ✓ **[1951]** Aunque el uso de la estadística en el trabajo era cada vez más frecuente, existían más problemas planteados por la seguridad del usuario, cuyo análisis exigía la intervención de especialistas y mucho tiempo.
- ✓ **[Wallodi Weibull (1887-1979)]** Presento por escrito La Distribución Weibull de la que se deriva el Análisis de Weibull, técnica utilizada para estimar una probabilidad y basada en datos medidos o supuestos. Ducha distribución

fue aplicada para solucionar problemas de seguridad y Mantenimiento, lo cual ha hecho posible la seguridad en naves aéreas.

- ✓ **[1960]** En todo el mundo, a pesar del sobre mtto. Y los altos costos, las naves aéreas sufrían, por cada millón de despegues, más de 60 accidentes catastróficos al año. Se comprobó que las intervenciones periódicas y el cambio de piezas usadas por nuevas, no aseguraban la calidad del servicio ofrecido, por lo que existían otros defectos que producían las fallas.

- ✓ **[ATAAir Transport Association]** Se especificaron las labores de Mtto. Necesarias para conservar el vuelo de una nave aérea. Se dio el concepto de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Comienza la aplicación del Sistema Equipo/Satisfactorios, el cual debe cuidar su equilibrio con respecto a las expectativas del usuario.

- ✓ **[1960]** En Japón la necesidad de mejorar la calidad de sus productos los llevo a visitar, a principio de 1960, la industria de EUA, en la que ya se trabajaba con la filosofía del Mantenimiento Productivo, y en su administración intervenían obreros y supervisores.

- ✓ **[Kaoru Ishikawa1915]** Autor del Diagrama Ishikawa. Su experiencia en el estudio del PM estadounidense desarrollo los Círculos de Calidad (QC) y preparo cursos y materiales obteniendo magníficos resultados en la calidad y productividad. En la actualidad, estos círculos ya son muy conocidos en el ámbito mundial.

- ✓ **[1961]** Los desastres catastróficos con pérdidas de vidas humanas representaban una alta tasa de errores humanos involuntarios, generalmente más en la operación de las maquinas que en el diseño. El

operador no se daba cuenta de que la maquina presentaba defectos anunciándole la aproximación de la falla.

- ✓ **|Shigeo Shingo1909-1990|** A partir de 1961 Shingo comenzó a desarrollar el sistema Poka-Yoke, que literalmente significa '3a prueba de errores'; este sistema es indispensable cuando lo que está en juego es la seguridad de la vida humana, además de cuidar la calidad del producto o servicio proporcionado por las máquinas.
- ✓ **|1965|** Cada decisión tomada para solucionar los problemas del trabajo presentaba una forma de pensar desordenada y hasta absurda, por lo que la comunicación entre las personas tenía graves deficiencias.
- ✓ **|Kepner Tregoe|Presentación del libro El Directivo Racional**, del cual se derivó el actual Análisis-Causa-Raíz (RCA), que facilita la investigación de las causas que producen un efecto para obtener un buen diagnóstico.
- ✓ **|1968|** Durante más de 20 años la Aviación Civil Estadounidense investigo afondo los problemas de mtto., empleando toda clase de herramientas.
- ✓ **|StanleyNowlan y Howard Heap (Air Trasnport Association)|** Publicaron su libro El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, del cual se derive el documento Evaluación del Mtto. Y Desarrollo del Programa revisado en 1988 y 1993.
- ✓ **|1970|** Se comenzó a difundir el uso de las computadoras en oficinas y fabricasen forma indiscriminada y sin integración a la administración total de las respectivas instalaciones. En esta época las computadoras se empleaban en los Departamentos de Producción y Mtto. Solo para el inventario de los activos fijos y no para su administración.

- ✓ **|Ordenadores 1970|** Se crea el software Computarizado para la Administración del Mantenimiento (CMMS) enfocado en resolver la problemática administrativa del área de Mtto. El software ha evolucionado los sistemas de Administración de Activos de la Empresa (EAM) y Planeación de las Necesidades de la Empresa (ERB).

- ✓ **|1971|** Existían dos problemas perennes: la lucha intestina entre los Departamentos de Producción y Mtto. Y la pérdida de oportunidad por no aprovechar al personal de Producción para hacer con los activos, trabajos de Mtto. Autónomo.

- ✓ **|Seiichi Nakajima 1928|** Creo el Mtto. Productivo Total (TPM basado en el Mtto. Productivo (PM) estadounidense, integrando a todo el personal de la empresa para ejecutar todo tipo de Mtto. Se apoya en los Círculos de Calidad.

- ✓ **|1978|** Los fabricantes de naves aéreas tenían que conquistar y mantener en el ámbito mundial sus mercados basados en la seguridad y calidad ofrecidas.

- ✓ **|Air Trasnport Association|** Produjo la Guía MSG-3 dedicada a los fabricantes de naves aéreas para que hicieran sus programas de Mantenimiento.

- ✓ **|1980|** En las plantas generadoras de electricidad que funcionan con energía nuclear se detectó la existencia de sobre Mantenimiento. Y se deseó abatir costos, más que mejorar la calidad del producto. Se empezó a aplicar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

- ✓ **|Instituto para la Investigación de la Energía Eléctrica|** El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad fue modificado en forma tan profunda que ha dado lugar a la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO). De esta optimización obtenemos: Enfoque hacia la Confiabilidad=RCM
Enfoque hacia los Costos=PMO
- ✓ **|1980|** Los avances obtenidos en plantas aeronáuticas, eléctricas y de energía nuclear dieron la oportunidad de estudiar y probar su aplicación en el resto de las industrias.
- ✓ **|John M. Moubrey1949-2004|** John M. Moubrey y Asociados aplicaron el RCM en toda clase de industrias, empezando en Sudáfrica e Inglaterra. Mejoraron el RCM sin perder su enfoque en la Confiabilidad y ofreciendo su versión RCM 2.
- ✓ **|1995|** Los lugares de trabajo generalmente eran sucios y desordenados, lo que ocasionaba que los tiempos perdidos por accidentes de trabajo y búsqueda de herramientas y refacciones fueran muy elevados, de lo cual no existía conciencia.
- ✓ **|Hiroyuki Hirano 1946|** Presento su libro 5 Pillars of Visual Workplace (5S) comúnmente llamado Las cinco eses. La aplicación de esta filosofía mejoro de manera notable el ambiente de trabajo, la limpieza de la fábrica, la definición y organización de herramientas y, sobre todo, la calidad y productividad.
- ✓ **|2005|** Hasta la fecha existe un gran problema con la palabra Mto., pues se usa para tratar de explicar dos sistemas de trabajo diferentes. El primero es el cuidado del equipo y el segundo es el cuidado del producto o servicio que proporciona la máquina. Esto se presenta como una dicotomía, aunque sus

efectos se interrelacionan y han traído como consecuencia una gran confusión, ya que no existe una taxonomía al respecto que permita hablar el mismo idioma.

- ✓ **|El mantenimiento de equipos, infraestructuras, herramientas, maquinaria, etc.** representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario quien a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener un trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos. El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo. El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes.

1.2.1 Generaciones del mantenimiento

Cuadro 1. Clases de Generaciones del mantenimiento

PRIMERA GENERACION (1940-1950)	SEGUNDA GENERACION 1960-1970-1980)	TERCERA GENERACION (1990)	CUARTA GENERACION (2000-2004)
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones periódicas • Utilización de grandes ordenadores • Sistemas de control y planificación del mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo por condición. • Basado en fiabilidad y mantenibilidad. • Estudios de riesgos • Utilización de pequeñas y rápidas ordenadores. • Modos de falla y causas de falla • Sistemas expertos 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo por condición • Modos de falla y causas de falla (FMEA, FMECA) • Polivalencia y trabajo en equipo/mant. Autónomo. • Est. Fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto. • Mantenimiento

		<ul style="list-style-type: none"> • Polivalencia y trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • preventivo. • Gestión del riesgo • Sistema de mejoras continua • Mantenimiento predictivo • Mantenimiento proactivo • Grupos de mejora y seguimiento de acciones.
--	--	--	--

Fuente. <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno06/OED/mantenimiento.htm>

1.2.1.1 Primera Generación. La Primera Generación cubre el periodo hasta la II Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera fiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento. Complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

1.2.1.2 Segunda Generación. Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más patente. Esto llevó a la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento preventivo. En el año 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costes de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planificación del mantenimiento. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

1.2.1.3 Tercera Generación. Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de nuevas expectativas, nueva investigación y nuevas técnicas.

Nuevas Expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización significa que los periodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más patente con el movimiento mundial

hacia los sistemas de producción “justo a tiempo”, en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de los fallos de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerente, los sindicatos, los medios de información y el gobierno. También esto ejerce influencia sobre el mantenimiento.

Finalmente, el coste del mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas industrias, es ahora el segundo gasto operativo de coste más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado de esto, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante.

Nueva Investigación: Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando nuestras creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de falla.

Nuevas Técnicas: Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos, y surgen más cada vez. Estos incluyen:

- Técnicas De "Condition Monitoring"
- Sistemas Expertos
- Técnicas De Gestión De Riesgos
- Modos De Fallos Y Análisis De Los Efectos
- Fiabilidad Y Mantenibilidad

Publicado por yrmeric González

1.3 PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN LAS BOMBAS¹

En campo casabe las bombas más comunes son:

- Bomba centrífuga de una etapa y multi-etapas
- Bomba de piñón
- Bomba de desplazamiento positivo

¹ <http://mrelectromecanica.blogspot.com/2010/12/diagnostico-de-fallas-en-bombas.html>

- Bomba de tornillo.

A continuación se presentan las fallas más comunes:

NO BOMBEA

- Entrada de aire por sello mecánico
- Sentido de giro invertido
- Impulsor obstruido
- Entrada de aire por la tubería de aspiración

CAUDAL INSUFICIENTE

- Entrada de aire por la tubería de aspiración
- Entrada de aire por sello mecánico
- Válvula de retención demasiado pequeña
- Válvula de retención obstruida
- Impulsor obstruido

PRESION INSUFICIENTE

- Sentido de giro invertido

- Impulsor dañado
- Sello mecánico defectuoso
- Bomba mal confeccionada

LA BOMBA SE DESCEBA

- Entrada de aire por tubería de aspiración
- Entrada de aire por el sello mecánico
- Válvula de retención trabada

NO ARRANCA

- Cable de alimentación interrumpido
- Motor en corto circuito
- Capacitor quemado
- Baja tensión
- Fusibles quemados

CONSUMO DE ENERGIA EXCESIVO

- Partes giratorias rozando

- Sello mecánico defectuoso
- Sello mecánico demasiado comprimido
- Baja tensión
- Bomba mal confeccionada

PERDIDA POR EL SELLO MECANICO

- Sello mecánico defectuoso
- Impulsor desbalanceado
- Corta vida útil del sello mecánico
- Sello mecánico mal armado
- Sello mecánico demasiado comprimido

LA BOMBA VIBRA O ES RUIDOSA

- Válvula de retención demasiado pequeña
- Válvula de retención obstruida
- Impulsor obstruido
- Partes giratorias rozando

- Impulsor dañado o desbalanceado
- Excesivo empuje hidráulico
- Excesivo ajuste de rodamientos
- Suciedad y/o oxidación de los rodamientos

LA BOMBA RECALIENTA O ENGRANA

- Partes giratorias rozando
- Impulsor desbalanceado
- Sello mecánico demasiado comprimido
- Excesivo ajuste y/o falta de lubricación de los rodamientos
- Suciedad y/o oxidación de los rodamientos

SALTAN LOS FUSIBLES

- Partes giratorias rozando
- Motor en corto circuito
- Capacitor quemado

SALTA EL PROTECTOR TERMICO

- Partes giratorias rozando
- Motor en corto circuito
- Baja tensión
- Protector térmico mal regulado
- Bomba mal seleccionada

2. MANTENIMIENTO

El frente de mecánica, equipo estacionario del campo casabe de ECOPETROL, cuenta actualmente con 146 equipos,(bombas centrifugas, bombas de desplazamiento positivo, compresores, surtidores de combustible y puentes grúa) distribuidos en las distintas estaciones del campo como son: estación 2, 3, 4, 5, planta de inyección de agua (PIA), planta de inyección de agua de casabe sur (PIA CASABE SUR), estación planta de agua, estación casabe sur, estación peñas blancas, pozos de captación y equipos satélites localizados dentro de la zona industrial a los cuales se les viene prestando el servicio de mantenimiento a través de la empresa CONSORCIO CONFIPETROL.

CONSORCIO CONFIPETROL es una empresa prestadora de servicios de mantenimiento integral, dirigido a los sectores petroleros, gas, petroquímico, energético y minero, con 9 años de experiencia específica en el campo, apoyando y trabajando de la mano con ECOPETROL. Ver figura 2.

Figura. 2. Mapa de Procesos Consorcio Confipetrol



Fuente. Inducción sistema integrado de gestión HSEQ y RSE

El mantenimiento suministrado es de tipo preventivo, correctivo y predictivo el cual es desarrollado, una vez superada la fase de diseño, construcción, y recibido por el departamento de mantenimiento de ECOPETROL, conformado organizacionalmente como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Estructura organizacional ECOPETROL S.A.

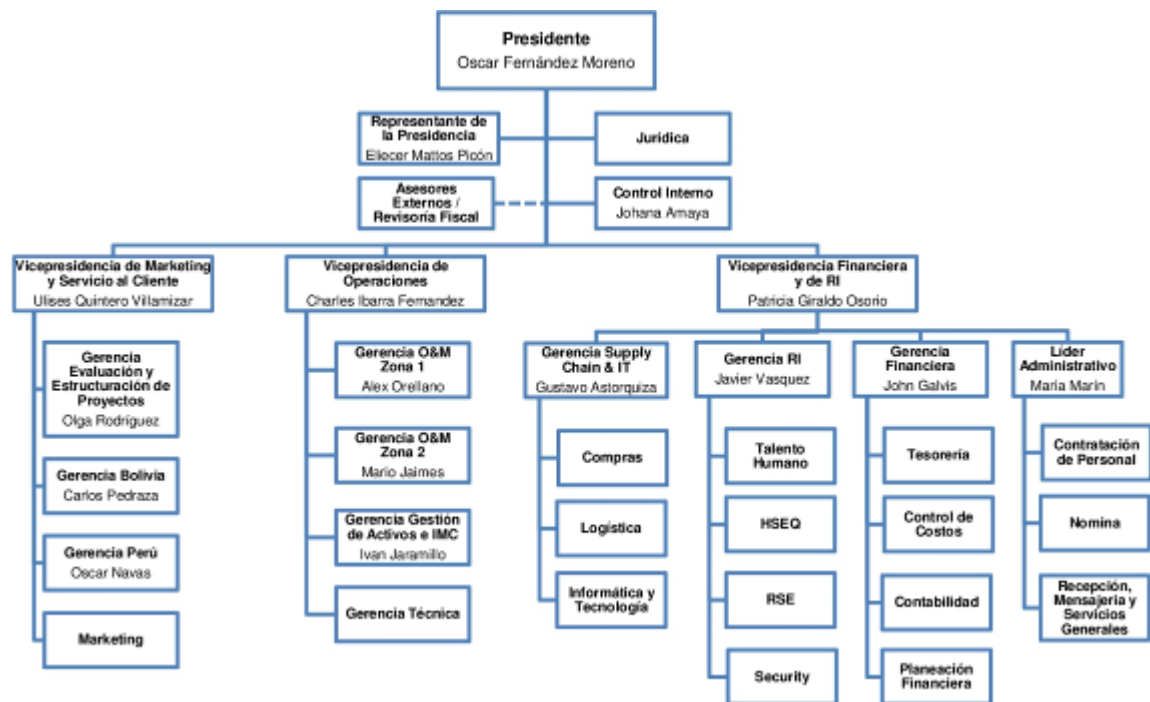


Fuente. Ecopetrol S.A.

El líder de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad quien es el encargado de elaborar los planes de mantenimiento bajo la metodología RCM –mantenimiento centrado en confiabilidad- el cual consiste en listar los equipos, caracterizarlos y crearlos dentro del sistema CMMS (MINCOM ELLIPSE), generar hojas de datos (data sheets), describir la estructura funcional de los equipos, posteriormente se hace una reunión de expertos en la que participan los fabricantes y/o proveedores claves con el objetivo de establecer los modos de falla, causas, efectos y acciones de mitigación por sistemas, elaborar un análisis de criticidad y establecer los procedimientos de trabajo con tiempos estimados y/o frecuencias de intervención por procesos y equipos, finalmente se elabora un listado de materiales, partes y/o repuestos, se clasifican y se establecen parámetros de reposición.

Una vez definidos los planes de mantenimiento - procedimientos, frecuencias de intervención (MST- Time Standard maintenance-) y repuestos por parte de Ecopetrol son suministrados a la empresa contratista, en este caso CONSORCIO CONFIPETROL, conformado organizacionalmente como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Organigrama de Confipetrol



Fuente. Inducción sistema integrado de gestión HSEQ y RSE

CONSORCIO CONFIPETROL es el encargado de suministrar los recursos técnicos, tecnológicos y humanos, responsable de garantizar la disponibilidad, mantenibilidad y por ende la confiabilidad del activo, los cuales son medidos diariamente por parte del departamento IMC de ECOPETROL a través de indicadores de gestión y divulgados mensualmente en los comités de gestión

KPI'S, donde de acuerdo con los resultados trimestralmente se penaliza o bonifica dependiendo del rendimiento de la organización.


A continuación se presentan en los cuadros 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, los indicadores de gestión de mantenimiento medidos contractualmente, se explica su objetivo, descripción y la forma de calcularlos

Cuadro 2. Costo del mantenimiento correctivo.

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		COSTO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	
Tipo de Indicador:	Medio del Contratista	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Mide la desviación de los costos reales correctivos de las ordenes de trabajo programadas y ejecutadas con respecto a los costos reales de las ordenes de trabajo programadas y ejecutadas.		
Objetivo:	Esta métrica busca controlar y gestionar la relacion de costos correctivos de los procesos de planeación, programación y ejecución.		
Frecuencia de actualización de la meta	SEMESTRAL		
Frecuencia para generarlo	MENSUAL		
Frecuencia para revisarlo	TRIMESTRAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	COORDINADOR DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Cargo responsable de revisarlo	COORDINADOR DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Elemento de la ECG donde se revisa	REUNION TRIMESTRAL CON EL CONTRATISTA		
Reporte en el cual figura el indicador	REPORTE DE INDICADORES DE MEDIO DEL CONTRATISTA		
Fecha de medición	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Fecha de entrega	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Meta			
Fuente de la Información:	ELLIPSE		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$\text{Costo Correctivo} = \frac{\sum \text{Costos OT Tipo CO de Ellipse}}{\sum \text{Costo Total de MTTO de Ots tipo PV, PD, ME, CO}} * 100$		Porcentaje (%)	
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	ELLIPSE (MSQ620)	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA	Tercer día hábil de cada mes
La suma de los costos Correctivos todas la OT's ejecutadas en el periodo evaluado		COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA	Tercer día hábil de cada mes
Denominador			
La sumatoria de los costos totales reales de todas las OT's tipo PD,PV y ME ejecutadas en el periodo			
OBSERVACIONES			
<p>El rango de cumplimiento de este indicador esta en un valor menor del 100% con respecto al costo total de mantenimiento.</p> <p>Para efectos de compensación o penalización se tiene que se compensa proporcionalmente dentro de los limites establecidos. La penalización es plena por fuera de los limites establecidos.</p> <p>El valor obtenido en el trimestre corresponde al valor promedio de todos los meses</p> <p>Ejemplo:</p> <p>Para el mes de enero, se han ejecutado 150 ordenes de trabajo de tipo PV,PD,CO,ME con un costo estimado de 500 millones de pesos. Adicional, en este mismo periodo de las 150 ordenes se ejecutaron 10 OT's Correctivas con un costo de 250 millones de pesos.</p> <p>¿Cuánto es la relacion del costo del Mtto Correctivo del mes?</p> <p>Relacion Costo Correctivo = 250/500*100=50%</p> <p>Ahora, en el mes de febrero y marzo los indicadores fueron 25% y 75% respectivamente. El valor que se tendra en cuenta para la medicion del trimestre y el calculo del modelo R&R será:</p> <p>Costo Correctivo Trimestre=(25+75+50)/3=50%</p>			

Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 3. Diferida de crudo

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		DIFERIDA DE CRUDO	
Perspectiva:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	
Tipo de Indicador:	RESULTADO	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Mide la relación de las pérdidas de producción de crudo a causa de Mantenimiento con respecto a la producción real.		
Objetivo:	Medir el porcentaje de pérdidas de producción de crudo ocasionada por eventos o mantenimientos reactivos o proactivos		
Frecuencia de actualización de la meta	ANUAL		
Frecuencia para generarlo	MENSUAL		
Frecuencia para revisarlo	MENSUAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA		
Cargo responsable de revisarlo	COORDINADOR DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Elemento de la ECG donde se revisa	REUNIÓN DE INDICADORES (UNA VEZ POR MES)		
Reporte en el cual figura el indicador	REPORTE DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO		
Fecha de medición	PRIMER DIA HÁBIL DE CADA MES		
Fecha de entrega			
Meta	SEGÚN SUPERINTENDENCIA		
Fuente de la Información:	AVOCET		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$\text{Diferida de Crudo} = \frac{\text{Diferida de Crudo Cargada a Mantenimiento}}{\text{Producción real}} \times 100$		Porcentaje (%)	
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	AVOCET	GESTOR ADMINISTRATIVO DE CONTRATOS	Primer día hábil de la segunda semana de cada mes
Numerador: Sumatoria Diferida imputada a mantenimiento en un periodo			
Denominador	AVOCET	PROFESIONAL DE IMC	Primer día hábil de la segunda semana de cada mes
Denominador: Sumatoria de Producción Real			
OBSERVACIONES			
Para el cálculo de este indicador se debe tener en cuenta la producción real. La diferida que se considera corresponde a la reportada en AVOCET con los códigos asociados a actividades propias de mantenimiento.			

Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 4. Reproceso de mantenimiento

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		REPROCESO DE MANTENIMIENTO	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	Dc
Tipo de Indicador:	Medio	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Mide el porcentaje de equipos críticos que cumplen las disponibilidad requerida.		
Objetivo:	Controlar y gestionar la disponibilidad de la población de equipos críticos y esenciales de una planta o estación		
Frecuencia de actualización de la meta	N/A		
Frecuencia para generarlo	TRIMESTRAL		
Frecuencia para revisarlo	TRIMESTRAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	Coordinador de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad		
Cargo responsable de revisarlo	Coordinador de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad		
Elemento de la ECG donde se revisa	Comité Operativo Mensual PMI		
Reporte en el cual figura el indicador	Reporte Trimestral de Confiabilidad CIC		
Fecha de medición	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Fecha de entrega	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Meta	85%		
Fuente de la Información:	BASES DE DATOS DE CONFIABILIDAD (PARA SOA y SCC, LA HERRAMIENTA ES RELINE)		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$Dc = \frac{\# \text{ de equipos con disponibilidad a la meta}}{\# \text{ total de equipos de la medición}} \cdot 100 \%$		Porcentaje (%)	
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	BASES DE DTO Y/O RELINE	PROFESIONAL DE IMC	Tercer día hábil de cada mes
Disponibilidad de equipos que cumplen con meta (ver observaciones)			
Denominador	BASES DE DTO Y/O RELINE	PROFESIONAL DE IMC	Tercer día hábil de cada mes
Número de equipos			
OBSERVACIONES			
<p>La disponibilidad del indicador se compone de Disponibilidad Técnica DT que evalúa el último trimestre y Disponibilidad Operacional DO que evalúa el último trimestre de cada equipo considerado en el indicador (Concepto CIC-CE-09-006).</p>			
$Dc = \frac{\% \text{ de equipos con DT a la meta DT} + \% \text{ de equipos con DO a la meta DO}}{2}$		$\% \text{ de equipos con DT a la meta DT} = \frac{\text{Puntaje DT}}{\# \text{ total de equipos de la medición}} \cdot 100\%$	$\% \text{ de equipos con DO a la meta DO} = \frac{\text{Puntaje DO}}{\# \text{ total de equipos de la medición}} \cdot 100\%$

Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 5. Porcentaje de mantenimiento proactivo

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		PORCENTAJE DE MANTENIMIENTO PROACTIVO	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	
Tipo de Indicador:	MEDIO	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Es el volumen de horas reportadas como trabajo Proactivo Vs HH reportadas de todas las tareas de las Órdenes de Trabajo ejecutadas en el periodo		
Objetivo:	Este indicador permite medir y monitorear la cantidad de trabajo que es producto de la planeacion de las actividades preventivas predictivas y mejorativas en relacion a las eventualidades que surgen por fallas en los activos.		
Frecuencia de actualización de la meta	ANUAL		
Frecuencia para generarlo	MENSUAL		
Frecuencia para revisarlo	MENSUAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA		
Cargo responsable de revisarlo	COORDINADOR DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Elemento de la ECG donde se revisa	REUNIÓN DE INDICADORES (UNA VEZ POR MES)		
Reporte en el cual figura el indicador	REPORTE DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO		
Fecha de medición	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Fecha de entrega			
Meta	75%-85%		
Fuente de la Información:	ELLIPSE		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$\text{PROACTIVO} = \frac{\Sigma \text{HH Reportadas de Mantenimiento Proactivo (PV, PD Y ME)}}{\Sigma \text{HH Reportadas en el periodo (PV, PD, ME, AF, CO y GA)}} \times 100$		Porcentaje (%)	
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	ELLIPSE (MSQ620)	GESTOR ADMINISTRATIVO DE CONTRATOS	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Denominador		PROFESIONAL DE IMC	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Sumatoria HH Reportadas de Mantenimiento Proactivo (Preventivo, Predictivo y Mejorativo)			
Denominador: Sumatoria HH Reportadas (Preventivo, Predictivo, Mejorativo, A falla, Correctivo y Garantía)			
OBSERVACIONES			
Para el calculo de este indicador se deben evaluar solo los frentes que reportan por el modulo MSQ85-4 de Ellipse correspondientes a las unidades de trabajo del contratista. No se incluye el mantenimiento tipo NO MANTENIMIENTO (NM) de Ellipse para el calculo de este indicador.			



Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 6. Backlog

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO												
		BACKLOG												
Perspectiva:		HUMANA		Abreviatura:										
Tipo de Indicador:		Medio		Origen:										
Fecha de Actualización:		Miércoles, 11 de febrero de 2015												
Descripción:		Trabajos de mantenimiento autorizados pendientes por ejecución, que han sido preparados para ejecutar en su totalidad con FPI menor ó correspondiente al último día de la semana de medición. Es trabajo para el cual toda la planeación y adquisición de materiales ha sido realizada pero está pendiente de ser programado o reprogramado.												
Objetivo:		Evaluación de la carga de trabajo que se encuentra autorizada, pendiente por programar y por ejecutar, con su equivalencia en horas-hombre semanales de programación.												
Frecuencia de actualización de la meta		N/A												
Frecuencia para generarlo		Semanal												
Frecuencia para Revisarlo		Semanal												
Cargo responsable de Calcularlo		Profesional de IMC												
Cargo responsable de reportarlo		Coordinador de Ingeniería de Mantenimiento y Contabilidad (CIC)												
Cargo responsable de revisarlo		Profesional de IMC												
Elemento de la ECG donde se revisa		Reunión semanal de Seguimiento a Indicadores												
Reporte en el cual figura el indicador		Reporte indicadores de mantenimiento												
Fecha de medición		Primer día hábil de cada semana												
Fecha de entrega		Miércoles de cada semana												
Meta		0- 2 Semanas												
Peso		10%												
Fuente de la Información:														
Elipse														
Expresión Matemática			Unidad de Medida											
Variables	Formula		Semanas											
A_0 = Autorizado F_r = FPI < Último Día Programado $OT(a_0, F_r)$ = OT's autorizadas con FPI menor o igual a último día de Programado HET = HH estimadas Totales HEJ = HH Ejecutadas Totales	$\frac{\sum HET - HEJ}{HH \text{ Disponibles Semanales}}$ Tal que HET y HEJ pertenezcan a DT's autorizadas con FPI menor o igual al último día de programa.													
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega											
Numerador Horas hombre estimadas que se encuentran pendientes por programar y por ejecutar (HH Estimadas Totales - HH Ejecutadas) de DT's que tienen FPI menor al último día de programación.	ELIPSE [Cargado en el MSD854 de OT's y extraído del MSF621]	Profesional de IMC	Primer día hábil de cada semana											
Denominador Horas hombre disponible por semana de programación según concepto PMI-CIC-CE-10-009 Concepto CIC Horas Hombre disponibles para cálculo de indicadores Workload y Backlog	ELIPSE [Cargado y extraído en el MSF720]	Programador de Mantenimiento	Primer día hábil de cada semana											
ANO	2015													
PERIODO	—	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	CONSECUCION DEL MES
LENTE INFERIOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
LENTE SUPERIOR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
REAL														
— OBSERVACIONES														
Se tomó como referencia los indicadores de la SMRP (Society of Maintenance & Reliability Professionals) al indicador SMRP Metrics 5.4.9. Ready Backlog que de igual manera tiene como referencia el indicador del Estándar EN 15341														
Importante: Adicional a la medición citada anteriormente, se tomara en cuenta la cantidad de trabajo por realizar con fecha futura "Carga Futura", el cual determinara que tanto de nuestro Backlog real ha sido trasladado hacia adelante y establecer un límite máximo de tres semanas, que de sobrepasarse descontara gradualmente del porcentaje obtenido si se cumplió la meta establecida para el backlog real de dos (2) semanas.														
														

Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 7. Ejecución de recomendaciones de CBM

		INDICADORES DE MANTENIMIENTO	
		EJECUCION DE RECOMENDACIONES DE CBM	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Fecha de Actualización:	21/09/2009
Tipo de indicador	Medio		
Descripción:	Es la fracción, expresada en porcentaje, de las OT's de CBM ejecutadas vs las recomendaciones emitidas		
Objetivo:	Medir el Porcentaje total de Ejecución de las recomendaciones de CBM, y verificar los factores que influyen en el bajo cumplimiento de estas acciones.		
Frecuencia de actualización de la meta	Anual		
Frecuencia para generarlo	Mensual		
Frecuencia para Revisarlo	Mensual		
Cargo responsable de Calcularlo	Profesional IMC - CBM		
Cargo responsable de reportarlo	Lider IMC CBM		
Cargo responsable de revisarlo	Coordinador IMC		
Elemento de la ECG donde se revisa	Comité de CBM, Comité seguimiento contrato marco		
Reporte en el cual figura el indicador	Reporte R&R Confipetrol		
Fecha de medición	Primer día hábil de cada mes		
Fecha de entrega	Plazo hasta el quinto día hábil de cada mes		
Fuente de la Información:	ELLIPSE		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$\text{EJECUCION RECOMENDACIONES CBM} = \frac{\# \text{ OT's ejecutadas (prefijo PD)}}{\text{Total OT's (prefijo PD) generadas con Fecha Requerido Para (FRP) < fecha de corte}} \times 100$		Porcentaje %	
Descripción		Fuente de Información	
Numerador: OT's (Recomendaciones de CBM) ejecutadas		Elipse	
Denominador: Total OT's (Recomendaciones de CBM - prefijo PD) generadas con FRP menor a la fecha de corte		Elipse	
Inputs requeridos para la generación del indicador			
Documentación y cierre de Ots en Elipse.			
 <p>The diagram illustrates a monthly cycle. A box labeled 'Mes en medición' contains a 'Mes' box. An arrow labeled 'Corte para Medición' points to the start of 'Día hábil 1'. Five boxes represent 'Día hábil 1' through 'Día hábil 5'. An arrow labeled 'Plazo entrega de Medición' points to the end of 'Día hábil 5'.</p>			
HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS			
La herramienta utilizada para generar el indicador será cualquier sistema que tome la información de Mims Ellipse. (Mims V, Access, Excel). La información deberá concordar con la que se consigna en el formato semáforo.			
OBSERVACIONES			
<p>El indicador se calculará acumulado durante el contrato, y se tendrá en cuenta la fecha "Requerido Para" menor a la fecha de corte para la medición en el denominador.</p> <p>Este indicador permite evidenciar de manera general el funcionamiento del proceso de CBM y MDD, pero deberá complementarse con el indicador de Efectividad en la ejecución de recomendaciones y Asertividad.</p> <p>No se tendrá en cuenta las tareas en estado Z, X y B.</p>			

Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 8. Cumplimiento del programa en horas hombre

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA EN HORAS HOMBRE	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	
Tipo de Indicador:	MEDIO	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Mide la relacion en horas hombre del cumplimiento de la programacion del periodo con respecto al total de horas programadas		
Objetivo:	Este indicador permite identificar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos.		
Frecuencia de actualización de la meta	ANUAL		
Frecuencia para generarlo	SEMANAL		
Frecuencia para revisarlo	SEMANAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA		
Cargo responsable de revisarlo	COORDINADOR DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Elemento de la ECG donde se revisa	REUNIÓN DE INDICADORES (UNA VEZ POR MES)		
Reporte en el cual figura el indicador	REPORTE DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO		
Fecha de medición	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Fecha de entrega			
Meta	100%		
Fuente de la Información:	ELLIPSE		
Expresión Matemática	Unidad de Medida		
$\text{Porcentaje Cumplimiento } x \text{ periodo} = 100 \times \frac{\sum HH \text{ en OT reportadas}}{\sum HH \text{ programadas}}$ $\text{Cumplimiento HH} = \frac{\sum \text{Porcentaje Cumplimiento } x \text{ periodo}}{\# \text{ periodos de programacion}}$	Porcentaje (%)		
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	ELLIPSE (MSQB20)	GESTOR ADMINISTRATIVO DE CONTRATOS	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Numerador: Sumatoria HH Reportadas de la ejecución del programa de mantenimiento			
Denominador	ELLIPSE (MSQB20)	PROFESIONAL DE IMC	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Denominador: Sumatoria HH programdas en el periodo de programacion			
OBSERVACIONES			
<p>Para el calculo de este indicador se deben evaluar solo los frentes que reportan por el modulo MSQ854 de Ellipse correspondientes a las unidades de trabajo del contratista. Ejemplo de medición del Indicador:</p> <p>Durante el periodo de programacion se han programado 1000 horas , al final del periodo se reportaron 850. El cumplimiento del periodo es de 850/1000=85%. Ahora, en el proceso de generar el indicador se presentaron 2 periodos de programacion, cada uno con cumplimiento del 85% y 95%. El cumplimiento para el indicador es 85%+95%/2=90%</p>			

Fuente. Ecopetrol S.A.

Cuadro 9. Sobretiempo

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		SOBRETIEMPO	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	
Tipo de Indicador:	MEDIO	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Mide las horas extras utilizadas en horarios adicionales al normal para ejecutar actividades de mantenimiento en los equipos		
Objetivo:	Esta métrica permite identificar y medir la relación de horas hombre extras utilizadas en actividades de mantenimiento con respecto a las horas hombre totales utilizadas		
Frecuencia de actualización de la meta	ANUAL		
Frecuencia para generarlo	MENSUAL		
Frecuencia para revisarlo	MENSUAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA		
Cargo responsable de revisarlo	COORDINADOR DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Elemento de la ECG donde se revisa	REUNION DE INDICADORES (UNA VEZ POR MES)		
Reporte en el cual figura el indicador	REPORTE DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO		
Fecha de medición	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Fecha de entrega			
Meta	< 5%		
Fuente de la Información:	ELLIPSE+NOMINA		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$\text{Sobretiempo} = \frac{\% \text{ de HH extras causadas en el periodo evaluado}}{\% \text{ de HH total cargadas en el periodo evaluado}} \times 100$		Porcentaje (%)	
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	ELLIPSE (MSQ520) + nomina	GESTOR ADMINISTRATIVO DE CONTRATOS	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Cantidad de horas hombre (HH) extras reportadas en nómina durante el periodo evaluado			
Denominador	ELLIPSE (MSQ520) + nomina	PROFESIONAL DE IMC	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Cantidad de horas hombre (HH) total cargas en ellipse durante el periodo evaluado			
OBSERVACIONES			
Ejemplo de medición del indicador: Para el mes de Abril se generaron 400 ordenes de trabajo de mantenimiento con un total de 5000 horas hombre reportadas en el CMMS, de éstas, 800 horas hombre fueron registradas en las nóminas de pago como horas extras. Sobretiempo = $800/5000 \times 100 = 16\%$			

Fuente. Ecopetrol S.A.


Cuadro 10. Cumplimiento del programa en órdenes de trabajo

		INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
		CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA EN ORDENES DE TRABAJO	
Perspectiva:	GESTION DE MANTENIMIENTO	Abreviatura:	
Tipo de indicador:	MEDIO	Origen:	
Fecha de Actualización:			
Descripción:	Mide la relacion en OTs del cumplimiento de la programacion del periodo con respecto al total de OTs programadas		
Objetivo:	Este indicador permite identificar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos.		
Frecuencia de actualización de la meta	ANUAL		
Frecuencia para generarlo	SEMANAL		
Frecuencia para revisarlo	SEMANAL		
Cargo responsable de calcularlo	PROFESIONAL DE IMC		
Cargo responsable de reportarlo	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO DIA-DIA		
Cargo responsable de revisarlo	COORDINADOR DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD		
Elemento de la ECG donde se revisa	REUNIÓN DE INDICADORES (UNA VEZ POR MES)		
Reporte en el cual figura el indicador	REPORTE DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO		
Fecha de medición	TERCER DIA HABIL DE CADA MES		
Fecha de entrega			
Meta	100%		
Fuente de la Información:	ELLIPSE		
Expresión Matemática		Unidad de Medida	
$\text{Porcentaje Cumplimiento } x \text{ periodo} = 100 * \frac{\sum OT \text{ reportadas en el periodo}}{\sum OT \text{ programadas en el periodo}}$ $\text{Cumplimiento OT} = \frac{\sum \text{Porcentaje Cumplimiento } x \text{ periodo}}{\# \text{ periodos de programacion}}$		Porcentaje (%)	
Descripción	Fuente de Información	Responsable	Fecha de Entrega
Numerador	ELLIPSE (MSQ620)	GESTOR ADMINISTRATIVO DE CONTRATOS	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Numerador: Sumatoria OT Reportadas de la ejecución del programa de mantenimiento			
Denominador	ELLIPSE (MSQ620)	PROFESIONAL DE IMC	Tercer día hábil de la segunda semana de cada mes
Denominador: Sumatoria OTs programadas en el periodo de programacion			
OBSERVACIONES			
<p>Para el calculo de este indicador se deben evaluar solo los frentes sobre los cuales tiene inherencia el contratista. Ejemplo de medición del indicador:</p> <p>Durante el periodo de programacion se han programado 1000 OTs , al final del periodo se reportaron 850 OTs. El cumplimiento del periodo es de 850/1000=85%. Ahora, en el proceso de generar el indicador se presentaron 2 periodos de programacion, cada uno con cumplimiento del 85% y 95%. El cumplimiento para el indicador es 85%+95%/2=90%</p>			

Fuente. Ecopetrol S.A.

Como apoyo a la medición de los indicadores contractuales, semanalmente se desarrolla una reunión sistemática denominada pre concertación dirigida por un coordinador de mantenimiento de Ecopetrol, moderada por el programador de mantenimiento, donde asisten los responsables de cada una de las especialidades, (Planeadores y supervisores tanto de Ecopetrol como Confipetrol) también denominados frentes de trabajo como son: mecánica de campo, unidades de bombeo, eléctricos, instrumentos, equipo móvil entre otros. Allí se hace una presentación gráfica del cumplimiento y comportamiento de los equipos y objetivos de la semana anterior, y ante el incumplimiento cada frontal justifica verbalmente ¿por qué? Se dejó de hacer alguna actividad y se soporta con un formato de atención inmediata ver figura 5, pre concertan las actividades a desarrollar en la semana siguiente, donde cada planeador compromete el recurso, fecha de ejecución y/o apoyo de los demás frentes de trabajo para el éxito de la actividad.

Figura 5. Formato para autorización de trabajos de atención inmediata (no programados)

	GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO SUPERINTENDENCIA DEL RÍO		
FORMATO PARA AUTORIZACIÓN DE TRABAJOS DE ATENCIÓN INMEDIATA (NO PROGRAMADOS)			
EVENTO: OT <input style="width: 100px;" type="text"/>	FECHA <input style="width: 100px;" type="text"/>	COD. EQU <input style="width: 100px;" type="text"/>	
DESCRIPCION EQUIPO <input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/>			
TRABAJO : _____ _____ _____ _____ _____			
IMPACTO GENERADO POR LA NO ATENCION DEL TRABAJO			
	BAJO	MEDIO	ALTO
MEDIO AMBIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PERSONAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PRODUCCION	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DURACION ESTIMADAS: _____			
HH ESTIMADAS: _____			2
RECURSO ESTIMADO: _____			MECANICOS


OBSERVACIONES _____			

NO APLICA; SOLICITUD INTERNA			
Firma COORDINADOR Producción <input type="checkbox"/> Sub-Suelo <input type="checkbox"/>	_____ Firma COORDINADOR MANTENIMIENTO	_____ SUPERVISOR EJECUTOR	
_____ NO APLICA	_____ NOMBRE	_____ NOMBRE	
_____ NOMBRE			

Fuente. Ecopetrol S.A.

Una vez de acuerdo entre las diversas disciplinas, se clasifican las actividades relevantes y son presentadas en una segunda reunión denominada Concertación, de igual forma dirigida por el coordinador de mantenimiento, y presentada al equipo de producción conformado por un coordinador y supervisores de las diversas estaciones, se hace la solicitud de los equipos por un determinado tiempo, fecha de solicitud, diferida generada, ellos deciden si se presta o no el equipo y se elabora un acta y compromisos. Ver figura 6.

Figura 6. Acta de Reunión

	ACTA DE REUNION		
	GESTION DE INFORMACION DIRECCION DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN		
	CODIGO ECP-DTI-F-045	Elaborado 17/06/2010	Versión: 3

Acta No:	13	Tema:	ACTA DE CONCERTACION DE MANTENIMIENTO CASABE SEM 13
Fecha:	20/03/14	Ubicación:	Sala de reuniones taller de unidades de bombeo.
Hora Inicio:	02:00 pm	Hora Fin:	3:00 pm

1. ANTES DE LA REUNION

Objetivo <i>(Para qué-ganancias - producto)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Dar a conocer los indicadores de cumplimiento en la programación de mantenimiento de la semana 11, y concertar entre producción y mantenimiento las actividades a programar para la semana 13. 																					
Agenda (Temas indispensables para lograr los objetivos)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ACTIVIDAD</th> <th>RESPONSABLE</th> <th>TIEMPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento de seguridad</td> <td>Luis C Tavera</td> <td>5 min</td> </tr> <tr> <td>Revisión de compromisos reunión anterior</td> <td>Unorio Chavez</td> <td>5 min</td> </tr> <tr> <td>Revisión de indicadores</td> <td>Unorio Chavez</td> <td>15 min</td> </tr> <tr> <td>Concertación programación semana 13</td> <td>Ana M. Suarez</td> <td>20 min</td> </tr> <tr> <td>Evaluación</td> <td>Luis Rey</td> <td>5 min</td> </tr> <tr> <td>Varios</td> <td>Unorio Chavez</td> <td>10 min</td> </tr> </tbody> </table>	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO	Momento de seguridad	Luis C Tavera	5 min	Revisión de compromisos reunión anterior	Unorio Chavez	5 min	Revisión de indicadores	Unorio Chavez	15 min	Concertación programación semana 13	Ana M. Suarez	20 min	Evaluación	Luis Rey	5 min	Varios	Unorio Chavez	10 min
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO																				
Momento de seguridad	Luis C Tavera	5 min																				
Revisión de compromisos reunión anterior	Unorio Chavez	5 min																				
Revisión de indicadores	Unorio Chavez	15 min																				
Concertación programación semana 13	Ana M. Suarez	20 min																				
Evaluación	Luis Rey	5 min																				
Varios	Unorio Chavez	10 min																				
Participantes <i>(Personas cuya participación es imprescindible para lograr los objetivos)</i>																						
Nombre	Dependencia	Nombre	Dependencia																			
Ana Milena Suarez	Mantenimiento	Luis O. Solano	Producción																			
Luis A Rey.	Mantenimiento	Adrian C. Fajardo	Producción																			
Elkin Suarez	Mantenimiento	Jorge M Doval	Producción																			
Juan C. Gaviria	Mantenimiento																					
Fabian Marin	Mantenimiento																					

2. DESARROLLO DE LA REUNION

<i>(Descripción de los puntos tratados en la reunión)</i>
<p>Momento de Seguridad: Lineamientos para la planeación y programación de trabajos.</p>

1/8


Fuente. Ecopetrol S.A.

Continuación Figura 6. Acta de Reunión



Fuente. Ecopetrol S.A.

Continuación Figura 6. Acta de Reunión

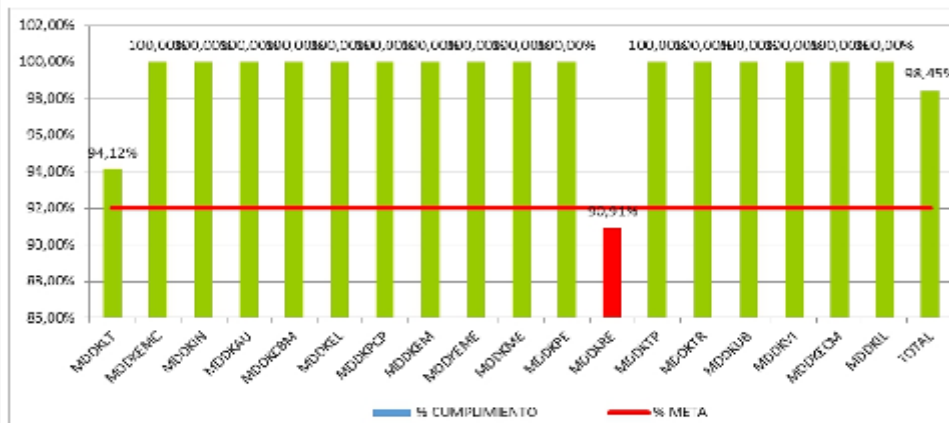
	ACTA DE REUNION		
	GESTION DE INFORMACION DIRECCION DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN		
	CODIGO ECP-DTI-F-045	Elaborado 17/06/2010	Versión: 3

Revisión cumplimiento de programación semana 11 casabe

Se realiza la revisión sistemática del cumplimiento de la programación. Se evidencian las actividades que no fueron relizadas con su respectiva justificación.

SUBFRETE	ORDEN	EQUIPO	ACTIVIDAD	JUSTIFICACIÓN
MDDKRE	PD003930	CCBELE2	CORREGIR PUNTO CALIENTE SECCIONAR C2-2	AL MOMENTO DE REALIZAR LA MANIOBRA PARA PODER CORREGIR EL PTO CALIENTE, SE EVIDENCIO UNA FALLA EN EL CIERRE DEL SECCIONADOR 2L7 DEL CTO 2, NO PERMITIENDO ASI LA POSIBILIDAD DE ANILLAR EL CTO 1 Y EL CTO 2, POR TAL MOTIVO SE SUSPENDIO EL TRABAJO,


Cumplimiento

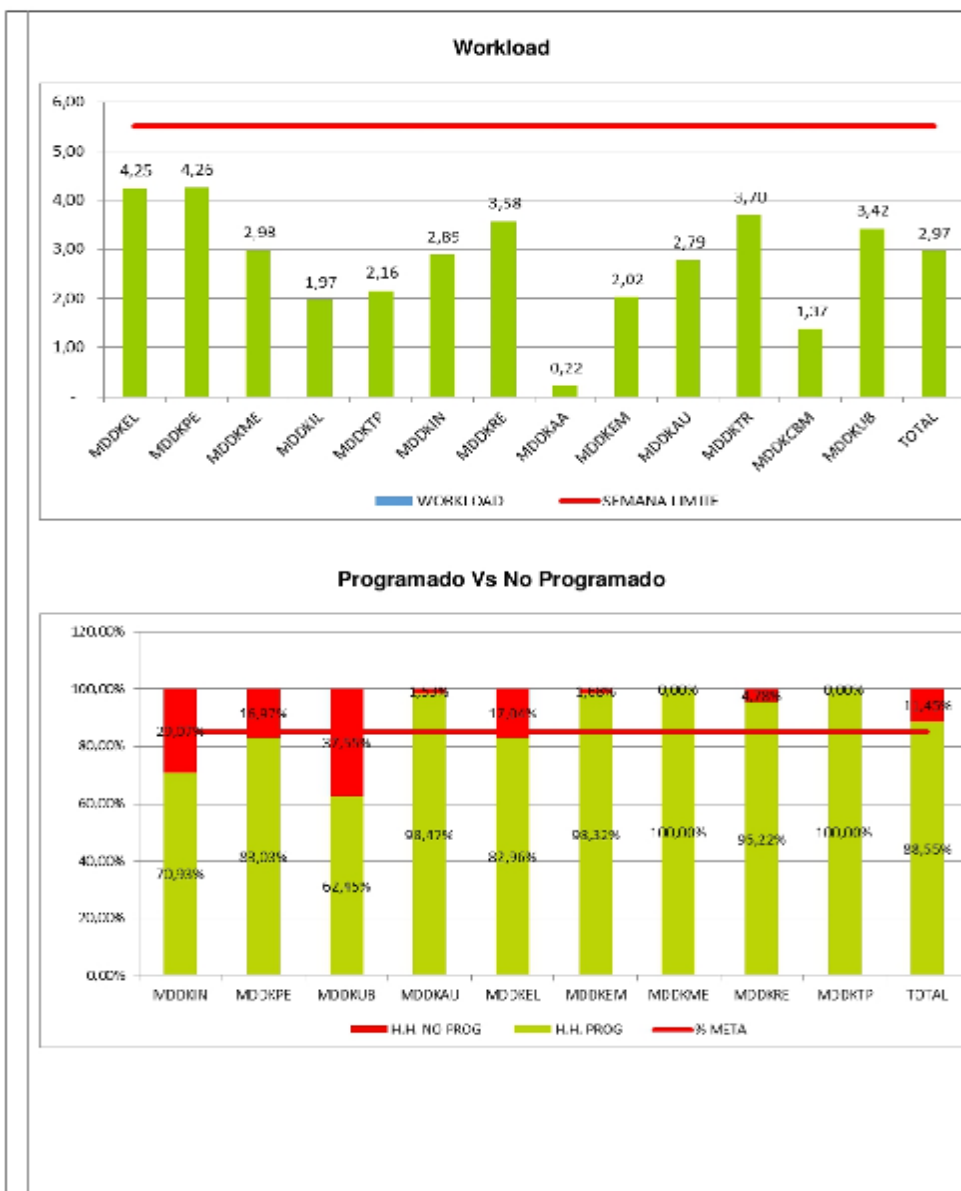


2/R

Fuente. Ecopetrol S.A.


Continuación Figura 6. Acta de Reunión

	ACTA DE REUNION		
	GESTION DE INFORMACION DIRECCION DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN		
	CODIGO ECP-DTI-F-045	Elaborado 17/06/2010	Versión: 3



Fuente. Ecopetrol S.A.

Continuación Figura 6. Acta de Reunión

	ACTA DE REUNION		
	GESTION DE INFORMACION DIRECCION DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN		
	CODIGO ECP-DTI-F-045	Elaborado 17/06/2010	Versión: 3

Así mismo, se concertaron actividades para control de producción:

SUBFRENTE	LOCACION	ACTIVIDAD	FPI	DIFERIDA	TIEMPO en Horas
MDDKEL	POZO CBE 260	MTTO MOTOR Y VARIADOR	25/03/2014	3	2
	POZO CBE 236	MTTO MOTOR Y VARIADOR	25/03/2014	3	2
	POZO CBE 403	MTTO MOTO Y VARIADOR	26/03/2014	15	2
	POZO CBE 417	MTTO MOTOR Y VARIADOR	27/03/2014	4	2
	POZO CBE 987	MTTO MOTOR Y VARIADOR	27/03/2014	3	2
	POZO CBE 1126	MTTO MOTOR Y VARIADOR	28/03/2014	9	2
	POZO CBE 1073	CAMBIAR MOTOR POR FALLA EN RODAMIENTOS	28/03/2014	10	4
	POZO CBE 1070	MTTO MOTOR Y VARIADOR	28/03/2014	12	2
MDDKRE	CBE 1032, CBE 1073	DESMANTELAR BAJANTE ABIERTO RAMAL VIEJO CBE 1057	25/03/2014	17	1
	CBE BOMBAS VERT E3 264R	REPARAR ACOMETIDA ELECTRICA MI 55/59	25/03/2014	5	2
MDDKIN	CBE SUR16	INSPECCIÓN 90D UNIDADES VSH	24/03/2014	28	2
TOTAL				84	


Adicionalmente se hicieron las siguientes solicitudes y eventos:

- Evento 374915: CBE-234 DISMINUIR RECORRIDO A MINIMO.
- Evento 374959: Instalar By-pass de drenaje de estación.
- Evento 374958: Instalar conexión de ingreso de línea.
- Evento: Revisar las tierras de los Pozos de Peñas Blancas.

El ingeniero Adrian Fajardo solicita, conexión del drenaje de la estación cóndor ya no hacia la estación 3 si no hacia la estación 1 a través del cabezal de pruebas 4 de la estación 3.

Fuente. Ecopetrol S.A.

Continuación Figura 6. Acta de Reunión

	ACTA DE REUNION		
	GESTION DE INFORMACION DIRECCION DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN		
	CODIGO ECP-DTI-F-045	Elaborado 17/06/2010	Versión: 3


<p>VARIOS</p> <p>El ingeniero Luis Angarita dice que el circuito 2 estaría por fuera 1 hora, y la subestación 204, 3 horas. El Ingeniero Luis Otoniel aclaro que es importante retroalimentar cuando las actividades se concertan y no se ejecutan, esta actividad entonces queda reprogramada y se estima fecha de ejecución para el miércoles 26 de marzo de 2014.</p> <p>Fabian Marin dice que el múltiple de inyección 55, tiene una condición insegura, lo que es prioritario realizar la actividad, queda programada para el martes 25 de marzo, aprobada por el Ingeniero Luis Otoniel Solano.</p> <p>En el tema del CBE SUR 14, el ingeniero Misael contreras dice que estuvieron hablando con el Ingeniero German, para ahorrarle parada al pozo es necesario empezar a pre armar la unidad balanceada al lado de la VSH, lo ideal sería sábado, domingo y lunes armar la unidad al lado, dejarla sin care mulo. El martes si todo sale bien, quitar la VSH, para que entre la flushby, y en la tarde montar care mulo y dejar el pozo operativo, todo esto teniendo en cuenta la disponibilidad de la flushby, ya que es una actividad que debe tener una planeación acertada para minimizar el impacto, dijo el Ingeniero Luis Otoniel Coordinador de Producción.</p> <p>El ingeniero Luis Otoniel dice que se Necesita colocar protección a los cabezales de los pozos PCP, en la parte donde está el stuffing box, el tema lo hablo con el Ingeniero Roberto Robles.</p> <p>El ingeniero Luis Otoniel dice que existe una falla de control, para el cuarto de control de la PIA montado por el copaso y higiene industrial, respecto a la insonorización del cuarto de control.</p> <p>El ingeniero Luis Otoniel pregunta, el lazo de control del separador de pruebas del clúster sur de CBE sur. Luis rey responde que en la Cira, está la válvula y el controlador, que han existido inconvenientes con el pase de salida para el traslado hacia casabe.</p> <p>Subsuelo no asistió a la Reunión.</p>
--

3. EVALUACIÓN DE LA REUNIÓN 100%. Luis Rey

Logramos alcanzar nuestra meta en ésta reunión? Si X No
 Si no, cómo y cuándo lo haremos?

Fuente. Ecopetrol S.A.

Continuación Figura 6. Acta de Reunión

	ACTA DE REUNION		
	GESTION DE INFORMACION DIRECCION DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN		
	CODIGO ECP-DTI-F-045	Elaborado 17/06/2010	Versión: 3

4. REVISIÓN DE COMPROMISOS

5. COMPROMISOS

No	Descripción	Responsables	Fecha de Finalización
1	DIVULGAR LA PROGRAMACION DE MARRANEO DE LAS LINEAS A COORDINACION DE PRODUCCION.	ANA MILENA SUAREZ	27/03/2014
1	ESTIMAR FECHAS DE EJECUCION PARA ACTIVIDADES QUE SEMANA A SEMANA SURGEN DE LA RESPECTIVA LIMPIEZA DE LA VENTANA DE PROGRAMACION DEL CAMPO CASABE.	PROGRAMADORES , MDDKLT, MDDKLT, MDDKRE, MDDKIL	27/03/2014
Asistentes:			
Revisó		Revisó	
Coordinador de Mantenimiento		Jefe de Departamento de Mantenimiento	

Fuente. Ecopetrol S.A.

2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Empezaremos definiendo el término **Mantenimiento**, como el conjunto de actividades técnicas y administrativas desarrolladas con el propósito de mantener o restaurar un equipo a un estado en el cual pueda desempeñar la función de diseño. Los tipos de mantenimiento a tratar de acuerdo con la norma internacional

ISO 14224 PETROLEUM AND NATURAL GAS INDUSTRIES –COLLECTION AND EXCHANGE OF RELIABILITY AND MAINTANCE DATA FOR EQUIPMENT.

Son mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Definido el **mantenimiento correctivo o reactivo** a aquel mantenimiento que se hace una vez ocurrida la falla, que implique la perdida funcional primaria o secundaria del equipo, entendiendo la perdida funcional primaria aquella que genera indisponibilidad del equipo por ejemplo en el caso de una bomba centrifuga la rotura del acople, eje o algún componente que impida que el equipo cumpla su función. Y secundarias a aquellas fallas que aunque no generan indisponibilidad directa del equipo no son propias de su estado natural de operación, por ejemplo fugas en sellos mecánicos.

Mantenimiento preventivo o planeado, es aquel mantenimiento llevado a cabo a un intervalo predeterminado el cual puede ser de tiempo, en términos de horas de operación o distancias recorridas, correspondiente a un criterio o una frecuencia establecida (condición) y con la intención de reducir la probabilidad de falla o la degradación del desempeño de un ítem. También se conoce como la agrupación del mantenimiento preventivo y predictivo.

Mantenimiento predictivo: también conocido como mantenimiento proactivo definido como aquel mantenimiento realizado de acuerdo a una necesidad detectado producto de un monitoreo de condición.

2.2 VENTAJAS SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento bien estructurado y administrado, con una buena estrategia – planes de mantenimiento, acordes con los requerimientos de los equipos, repuestos, personal calificado y/o capacitado- donde se entienda que quiere el cliente y se mida periódicamente el nivel de satisfacción orientado a la mejora continua, hacen que haya un incremento en la OEE -Eficiencia global de equipos-

concepto original del TPM –Mantenimiento productivo total- definido como la Disponibilidad x eficiencia x calidad, donde se busca hacer visibles las pérdidas de eficiencia para corregir y mejorar el desempeño de la organización, incrementando la rentabilidad del negocio. Ver figura 7.

Figura 7. Tiempo total de operación



Fuente. Ricky Smith “Las mejores prácticas de mantenimiento”

2.2.1 Cálculo de la Disponibilidad. La Disponibilidad responde a la pregunta: ¿qué porcentaje del tiempo disponible para producir se ha perdido?

La Disponibilidad resulta de dividir el tiempo que el proceso ha estado produciendo (B) por el tiempo que el proceso podría haber estado produciendo (A). El tiempo

que el proceso podría haber estado produciendo (A) es el tiempo total natural menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc.

$$\text{Disponibilidad} = B / A$$

dónde:

A = tiempo total que el proceso tenía disponible para producir = tiempo total natural - el tiempo no planificado para producir

B = tiempo que el proceso ha estado produciendo

La Disponibilidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

2.2.2 Cálculo de la Velocidad (o eficiencia). La Velocidad responde a la pregunta: ¿qué porcentaje de la velocidad disponible para producir se ha perdido?

La Velocidad resulta de dividir la cantidad de productos realmente producidos (D) por la cantidad de productos que se podrían haber producido (C). La cantidad de productos que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo de producción (B) por la capacidad de producción nominal del proceso, es decir la inversa del tiempo de ciclo.

$$\text{Velocidad} = D / C$$

Dónde:

C = cantidad de productos que se podrían haber producido = B * velocidad nominal de producción

D = cantidad de productos realmente producidos

La Velocidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

2.2.3 Cálculo de la Calidad- La Calidad responde a la pregunta: ¿qué porcentaje del total de productos producidos son buenos?

La Calidad resulta de dividir la cantidad de productos buenos producidos (F) por la cantidad total de productos producidos (E).

$$\text{Calidad} = F / E$$

dónde:

F = cantidad total de productos buenos producidos

E = cantidad total de productos producidos

La Calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente. Producto de las intervenciones se conoce su estado y condiciones de funcionamiento que permiten aumentar la vida del equipo (extender el MTBF – Tiempos medios entre reparación- y aumentar, la seguridad del personal; dado que el mantenimiento permite identificar y corregir a tiempo condiciones inseguras,

reduce costos en las reparaciones, optimiza los consumos de energía, evita reparaciones mayores y/o situaciones de emergencias que resultan ser muy costosas, desgastantes y molestas. Ver cuadro 11.

Cuadro 11. Ventajas del mantenimiento

VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO	
PREVENTIVO	Al hacerse periódicamente, en ciclos fijos permite a través del uso de los sentidos conocer el estado natural de funcionamiento del equipo y detectar las posibles anomalías del funcionamiento.
	Permite detectar fallas rápidamente y así mismo son corregidas, permitiendo preservar el activo.
	Al ser detectada a tiempo la falla, y prontamente intervenida, reduce costos de reacción de falla en cadena disminuyendo el costo de la reparación y extendiendo la vida del activo
CORRECTIVO	Aunque son muy pocas las ventajas de este tipo de mantenimiento dado que se usa cuando ya ha ocurrido la falla haciendo que sea más costoso, nos da el punto de falla, indicándonos que debemos hacer algo antes que el equipo llegue a un determinado número de horas de operación
PREDICTIVO	Permite detectar fallas ocultas a tiempo, anticipadas a la falla, reduciendo costos
MEJORATIVO	Utilizado para mejorar el diseño o la mantenibilidad del equipo

Fuente. Los autores

3. BOMBAS

Las bombas son los elementos destinados a elevar un fluido desde un nivel determinado a otro más alto, o bien, a convertir la energía mecánica en hidráulica. Según el tipo de aplicación se usará uno u otro tipo de bomba.

Actualmente las bombas son los aparatos más utilizados después del motor eléctrico, y existe una gran variedad de bombas para traslado de líquidos y gases, y para presurizar o crear vacío en aplicaciones industriales. Genéricamente las bombas pueden dividirse en dos tipos: de desplazamiento no positivo (hidrodinámicas), y de desplazamiento positivo (hidrostáticas). Las primeras se emplean para traslado de fluidos y las segundas para la transmisión de energía.

El proceso de transformación de energía se efectúa en dos etapas:

a) Aspiración.- Al comunicarse la energía mecánica a la bomba, esta comienza a girar y con esto se genera una disminución de la presión en la entrada de la bomba como el depósito de fluido se encuentra sometido a presión atmosférica, entonces se encuentra una diferencia de presiones lo que provoca la succión y con ello el impulso hidráulico hacia la entrada.

b) Descarga.- al entrar fluido en la bomba lo toma y lo traslada hasta la salida y asegura por la forma constructiva de rotación que el fluido no retroceda. Dado esto, el fluido no encontrará más alternativa que ingresar al sistema que es donde se encuentra el espacio disponible, consiguiendo así la descarga.

3.1 TIPOS DE BOMBAS Y CARACTERÍSTICAS.

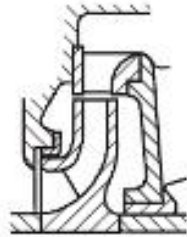
Las bombas hidráulicas se clasifican en dos tipos:

Bombas de desplazamiento no positivo (hidrodinámicas)

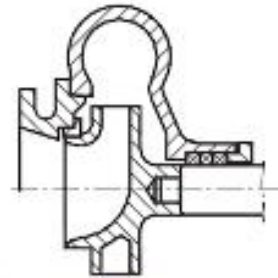
En estas bombas, generalmente empleadas para traslado de fluidos, la energía cedida al fluido es cinética, y funciona generalmente mediante una fuerza de rotación, por la cual el fluido entra en la bomba por el eje de la misma y es expulsado hacia el exterior por medio de un elemento (paletas, lóbulos, turbina) que gira a gran velocidad como se muestra en la figura 8, 11, 12 y 13.

Una bomba hidrodinámica no dispone de sistemas de estanqueidad entre los orificios de entrada y salida; por ello produce un caudal que variará en función de la contrapresión que encuentre el fluido a su salida. Si se bloquea totalmente el orificio de salida de una bomba de desplazamiento no positivo aumentará la presión y disminuirá el caudal hasta cero, a pesar de que el elemento impulsor siga moviéndose; esto se debe a que el rotor y la carcasa de la bomba generan una conexión entre la cámara de succión y descarga de la bomba, como se muestra en la figura 9 y 10.

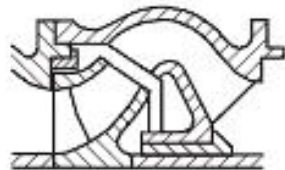
Figura 8. Ejemplos de Bombas Rotodinámicas y de Canal Lateral



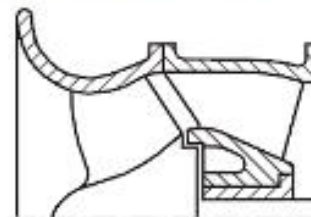
Radial flow rotodynamic pump



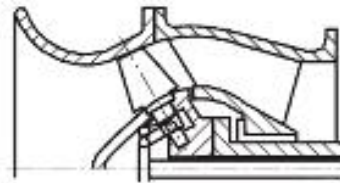
Single channel impeller pump



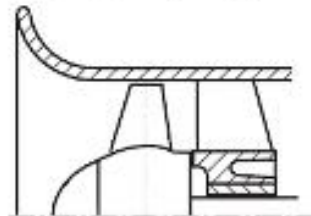
Mixed flow pump with shrouded impeller



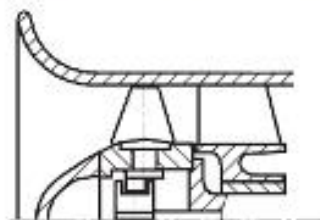
Mixed flow pump with open impeller



Mixed flow pump with variable pitch blades



Axial flow pump



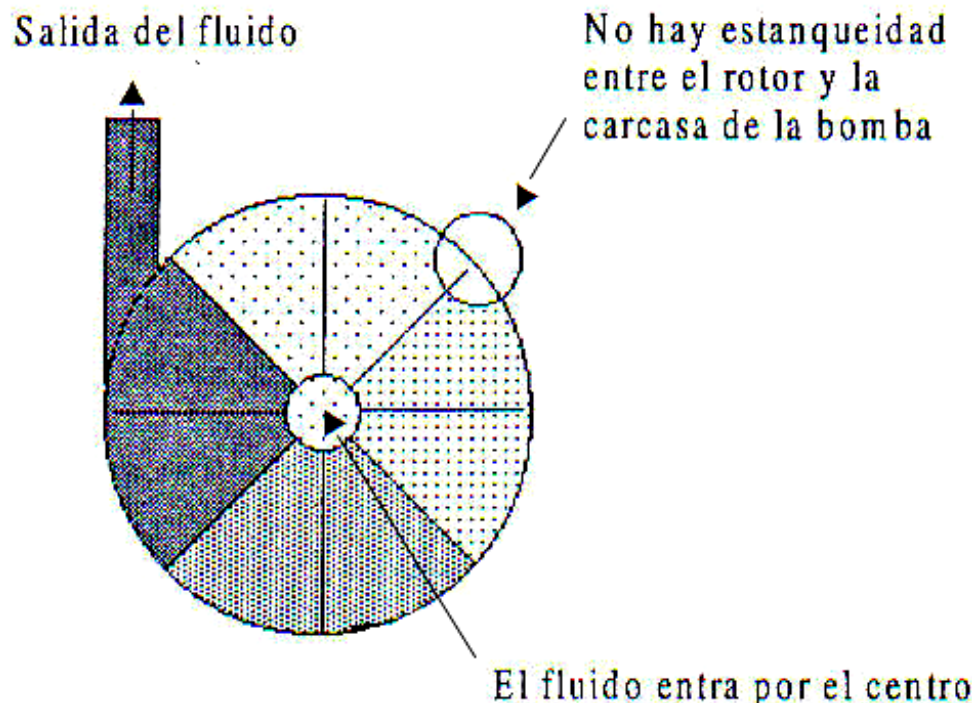
Axial flow pump with variable pitch blades



Side channel pump

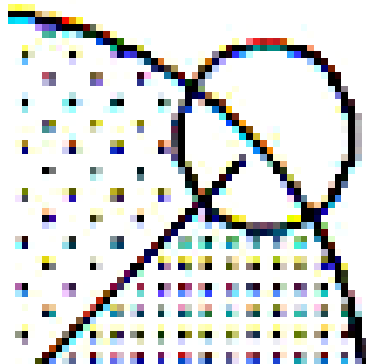
Fuente. Introducción a la selección de bombas y al diseño eficiente de sistemas de bombeo. Ing. NAHUM SCHEIN, NOVIEMBRE 2013.

Figura 9. Bomba mono etapa de paletas



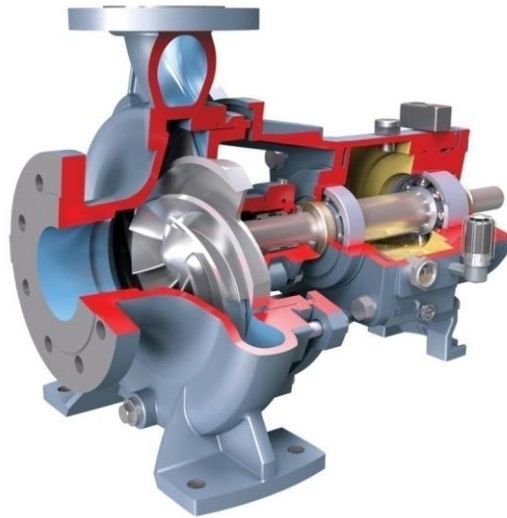
Fuente. ROCA, Felipe. Oleohidraulica Básica. Pág. 22

Figura 10. Bomba de paletas (Estanqueidad entre rotor y carcaza)



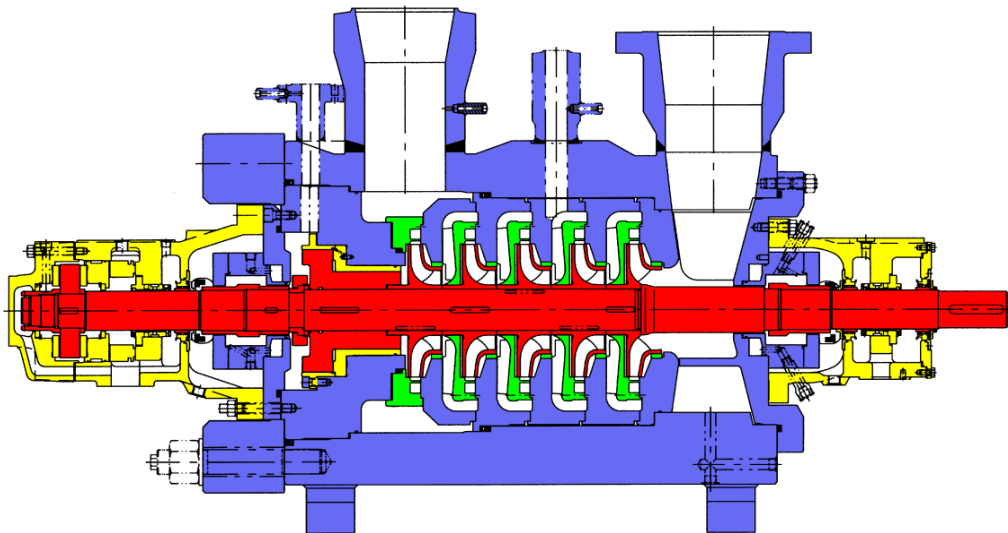
Fuente. ROCA, Felipe. Oleohidraulica Básica. Pág. 23

Figura 11. Bomba centrífuga Una etapa en voladizo Carcasa tipo Voluta – caracol-



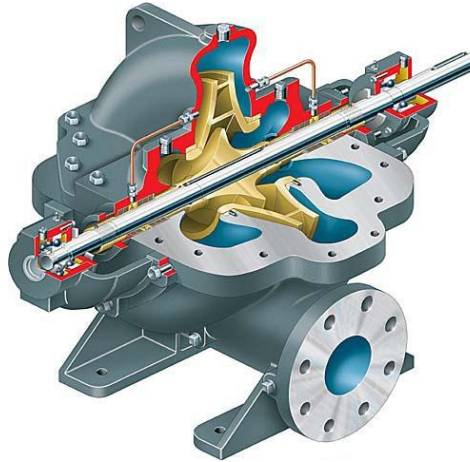
Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013

Figura 12. Bomba centrífuga 5 etapas, entre cojinetes Con difusores



Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013.

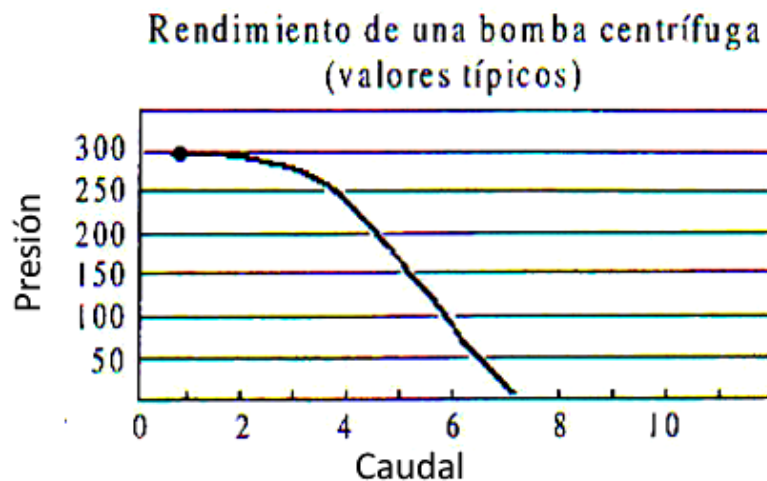
Figura 13. Bomba una etapa, entre cojinetes, doble admisión



Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013.

El caudal suministrado por la bomba no tiene suficiente fuerza para vencer la presión que encuentra en la salida, y al no existir estanqueidad entre ésta y la entrada, el fluido fuga interiormente de un orificio a otro y disminuye el caudal a medida que aumenta la presión, según la gráfica de la figura 14.

Figura 14. Rendimiento de una bomba centrífuga



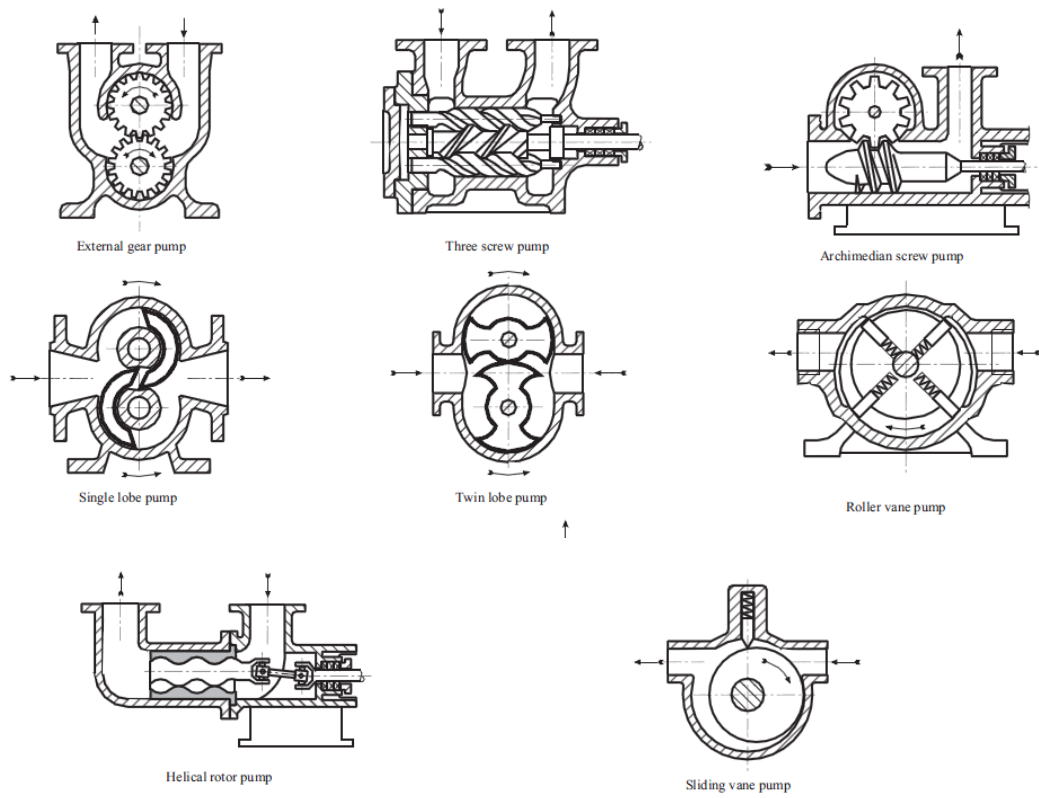
Fuente. ROCA, Felip. Oleohidraulica Básica. Pág. 22

En este tipo de bombas la presión máxima alcanzable variará en función de la velocidad de rotación del elemento impulsor; a pesar de ello se pueden conseguir presiones medias con bombas múltiples o de etapas, donde la salida de una es la aspiración de la siguiente, sumándose así las presiones. Debido a esta peculiaridad, las bombas hidrodinámicas sólo se emplean para mover fluidos en aplicaciones donde la resistencia a vencer sea pequeña.

Bombas de desplazamiento positivo (hidrostáticas)

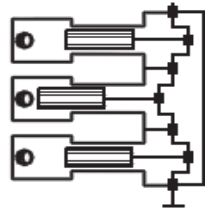
Las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo son elementos destinados a transformar la energía mecánica en hidráulica. Cuando una bomba hidráulica trabaja, realiza dos funciones: primero su acción mecánica crea un vacío en la línea de aspiración que permite a la presión atmosférica forzar al líquido del depósito hacia el interior de la bomba; en segundo lugar su acción mecánica hace que este líquido vaya hacia el orificio de salida, forzándolo a introducirse en el sistema oleohidráulico ver figura 15,16,17 y 18.

Figura 15. Bombas Rotativas

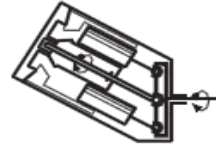


Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013

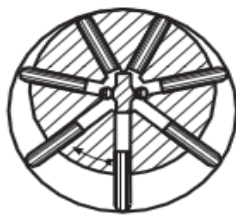
Figura 16. Bombas Reciprocantes



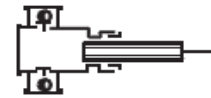
In line piston pump



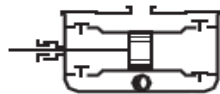
Axial piston pump



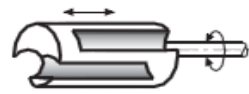
Radial piston pump



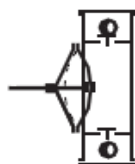
Ram pump



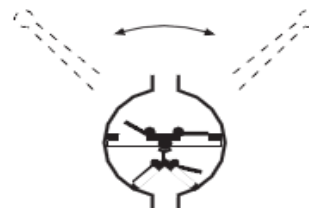
Bucket pump (double acting)



Rocking pintle piston pump



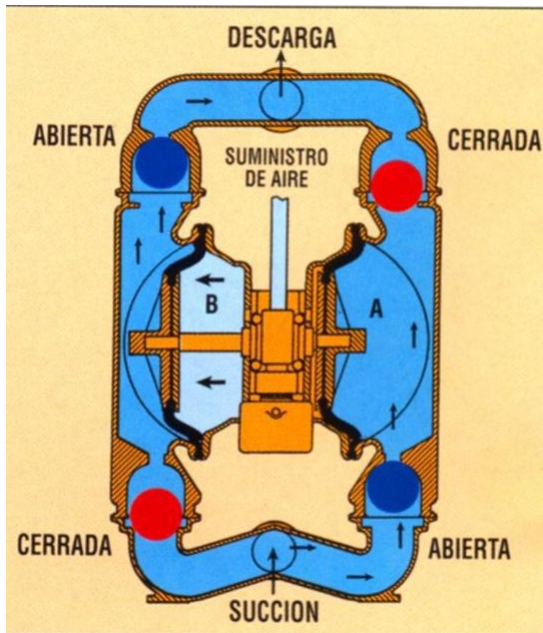
Diaphragm pump



Double acting semi rotary pump

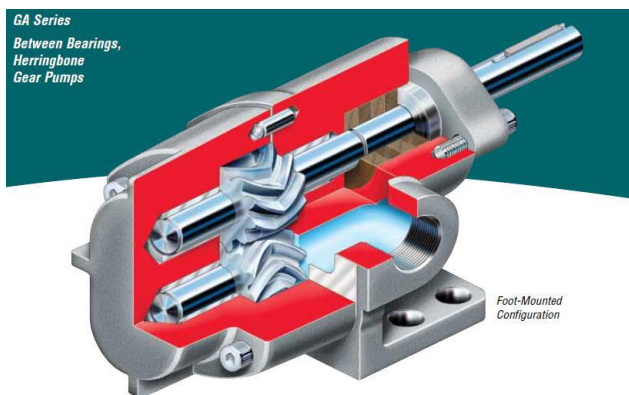
Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013

Figura 17. Bomba alternativa neumática de doble diafragma



Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013.

Figura 18. Bomba rotativa de engranajes externos



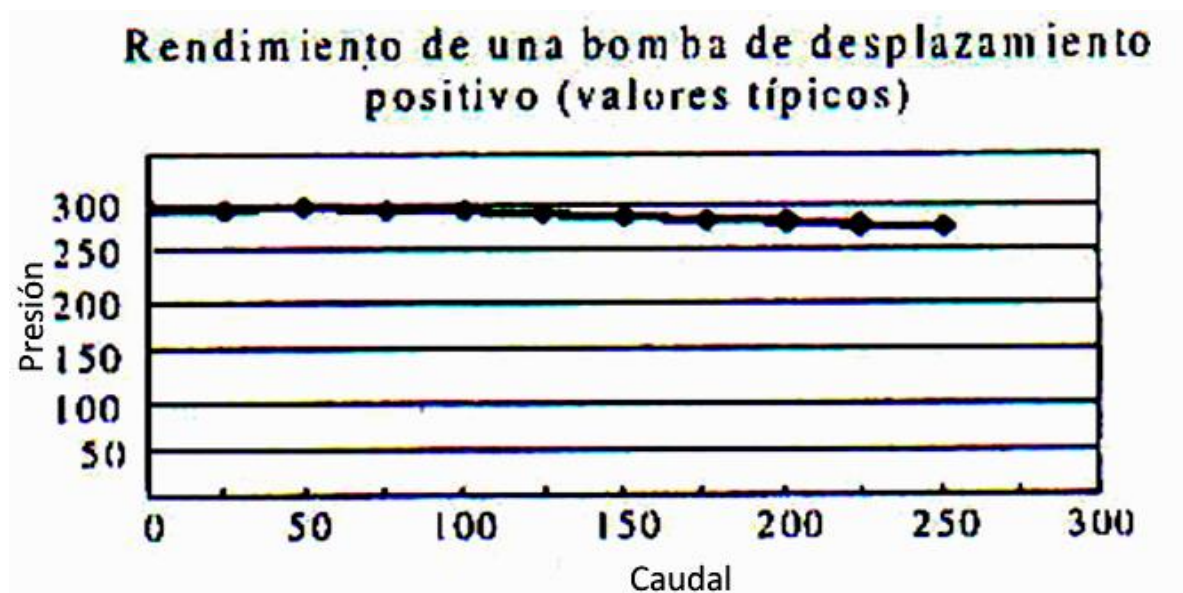
Fuente. INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, Ing. NAHUM SCHEIN, 2013

Una bomba produce movimiento de líquido o caudal pero no genera la presión, que está en función de la resistencia al paso del fluido que se genera en el circuito.

Así, por ejemplo, la presión a la salida de una bomba es cero cuando no está conectada al sistema (no está en carga), pero si la misma bomba se conecta a un circuito (carga), o simplemente se le tapona el orificio de salida, la presión aumentará hasta vencer la resistencia de la carga.

Una bomba hidrostática o de desplazamiento positivo es aquella que suministra la misma cantidad de líquido en cada ciclo o revolución del elemento de bombeo, independientemente de la presión que encuentre el líquido a su salida.

Figura 19. Rendimiento de una bomba de desplazamiento positivo.



Fuente. ROCA, Felip. Oleohidraulica Básica. Pág. 23

La homogeneidad de caudal en cada ciclo se consigue gracias a tolerancias muy ajustadas entre el elemento de bombeo y la carcasa de la bomba. Así, la cantidad de líquido que fuga interiormente en la bomba de desplazamiento positivo es mínima, y despreciable comparada con el máximo caudal de la misma. El volumen desplazado por ciclo o revolución permanece casi constante a pesar de las variaciones de presión contra las que trabaja la bomba.

Cuando estas bombas presenten fugas internas considerables deben ser reparadas o substituidas ya que no trabajan correctamente. El rendimiento volumétrico de las bombas de desplazamiento positivo, aunque varía de un tipo a otro, no debe ser inferior al 85%.⁴

La figura 19 representa la gráfica presión/caudal típica de una bomba de desplazamiento positivo, y se puede observar que el caudal se mantiene casi constante a pesar del incremento de la presión. Esto se debe a las reducidas fugas internas entre el elemento de bombeo y la carcasa.

La comparación entre las gráficas presión/caudal de las bombas hidrodinámicas y las hidrostáticas (figuras 14 y 19 respectivamente) hace comprender por qué todas las bombas de los sistemas oleohidráulicos son de desplazamiento positivo.

Las tres razones más importantes son (ver cuadro 12):

- a) En la bomba de desplazamiento positivo, cuando el esfuerzo a vencer por el sistema alcance un valor determinado (orientativamente entre 5 y 20 kg/cm², según el tipo de bomba), la bomba dejará de dar caudal, y el equipo se parará.

- b) En el caso anterior, y aún antes de alcanzar este valor concreto de presión, el caudal va disminuyendo notablemente, por lo que no se dispone de un control preciso de la velocidad de movimiento del sistema.
- c) Las fugas internas en este tipo de bombas implican un elevado consumo de energía mecánica que se desaprovecha al no convertirse en energía hidráulica. Como ya se adelantaba en el capítulo primero, las bombas de desplazamiento no positivo se utilizan, casi exclusivamente, para el traslado de agua u otros líquidos, pero no para aplicaciones oleohidráulicas.

Cuadro 12. Lista de marcas de equipos

ITEM	PROCESO	FABRICANTE
1	BOMBA SEPARADOR GENERAL	WORTHINGTON
2	BOMBA DESARENADORA	ROPER PUMPS
3	BOMBA API	ALL-WEILLER
4	BOMBA DE VERTIMIENTO	BARNES
5	BOMBA DE VERTIMIENTO	GOULDS
6	BOMBEO # 3 SISTE DESPACHO AGUA	GOULDS
7	BOMBA DE VERTIMIENTO	BARNES
8	BOMBA DE VERTIMIENTO	GOULDS
9	BOMBAS CONTRA INCENDIO	AURORA
10	BOMBA JOCKEY CI	FLANGE
11	BOMBA DE SEGREGACIÓN DE AGUAS LLUVIAS	NETZSCH
12	BOMBA DE SEGREGACIÓN DE AGUAS LLUVIAS	AMERICAN MARSH
13	KO-DRUM	AMERICAN MARSH

ITEM	PROCESO	FABRICANTE
14	BOMBEO TK DESNATADOR A LECHOS	GOULDS
15	BOMBEO DE VASIJA PROCESO A LECHOS	GOULDS
16	BOMBEO LECHO B A TK DESNATADOR	GRISWOLD
17	BOMBA CONDENSADO K-O- DRUM	BLACKMER
18	BOMBEO ESTACION 5 A CONDOR	HILLMAN
19	AGUA CONTRA INCENDIO ESTACION 5	AURORA
20	SUMIDERO ESTACION 5	SEEPEX
21	BOMBEO MICROBURBUJA TK DESNATADOR	HIDROMAC
22	BOMBEO SISTEMA DESARENADO E5	GRISWOLD
13	NIVEL ACEITE TK DESNATADOR	NETZSCH
24	VERTIMIENTO ESTACION 5	FLOWSERVE
25	BOMBA DE DESPACHO DE CRUDO	AMR PUMP TRANSAMERICA DELAVAL
26	BOMBA CONTRA INCENDIOS	INGERSOLL RAND
27	BOMBA CONTRA INCENDIOS	EDWARDS
28	BOMBA CONTRA INCENDIOS	WORTHINGTON
29	BOMBA CONTRA INCENDIOS	BLACKIMER
30	BOMBA SEPARADOR API	BYRON JACKSON
31	BOMBA DE INYECCIÓN	UNITED CENTRIFUGAL PUMPS
32	BOMBA API DEL CR	GOULDS
33	BOMBA DEL TANQUE DE RETENCIÓN	HIDROMAC
34	BOMBA DE INYECCION DE CLORO	IHM
35	BOMBEO # 1 SISTE DESPACHO AGUA	WORTHINGTON

ITEM	PROCESO	FABRICANTE
36	BOMBA 1 E. CBE SUR	REDA SHCLUMBERGER
37	GPL	UNICO
38	BOMBAS DE DESPACHO 1 PB	GARDNER DENVER
39	PLANTA ELECTRICA MTU	STEWART & STEVENSON
40	CONJUNTO MOTOR BOMBA CI HALE	IVECO MOTORS
41	POZO DE CAPTACIÓN 1	PLEUGER
42	POZO DE CAPTACIÓN 10	FLOWSERVE
43	POZO DE CAPTACIÓN 11	PLEUGER
44	ZONA DE AIRE E4	INGERSOLL RAND
45	ZONA DE AIRE E5	SULLAIR
46	ZONA DE AIRE E5	SULLAIR
47	ZONA DE AIRE CONDOR	INGERSOLL RAND
48	SURTIDOR DE GASOLINA	TOKEHEIM CORPORATION

Fuente. MINCOM ELLIPSE. Software

3.2 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA AL DISEÑAR UN SISTEMA DE BOMBEO

Dibujar un diagrama de flujo del sistema con todos los elementos que lo integran (recipientes, cañerías, válvulas, filtros, intercambios, etc.)

Dibujar un plano de ubicación de todos los elementos. En este paso conviene ubicar la bomba lo más cerca posible (y lo más debajo posible) a la fuente de succión.

Definir las propiedades del fluido a bombear. Considerar si existen variaciones de las condiciones o si se quiere bombear más de un fluido. En este paso se puede seleccionar el material de las cañerías y demás elementos a utilizar.

Definir los regímenes de bombeo. Es decir, las capacidades de bombeo necesarias según distintos intervalos de tiempo. En este paso desde el punto de vista energético conviene inclinarse hacia menores caudales en mayores intervalos de tiempo.

Calcular el diámetro de la cañería óptima. En este paso se evalúan los costos iniciales versus los ahorros energéticos de operación.

Calcular la curva altura - caudal del sistema. Tener en cuenta las variaciones debido a cambios en la altura estática.

Seleccionar la clase de presión requerida para las cañerías y demás elementos.

Chequear si el NPSH disponible de la instalación da un valor razonable. En ocasiones se debe seleccionar una bomba vertical que toma más abajo. Ejemplo: vertical de turbina (can type).

Chequear si hay ocurrencia de fenómenos transitorios hidráulicos nocivos. En ese caso ver posibles soluciones (válvula de alivio, etc.)

Chequear si se consideró en el diseño del sistema, válvulas de venteo de aire y gases en puntos altos y válvulas de drenaje en puntos bajos de las cañerías.

Chequear si se consideró en algunos productos, válvulas de alivio térmico, si hay exposición al sol.

Definir normativa a cumplir por la bomba, sello mecánico, accionamiento.

Consultar con fabricantes de bombas o representantes, el tipo de bomba más adecuada para las condiciones de servicio establecidas. Tener en cuenta de maximizar la eficiencia de la bomba.²

3.3 CRITERIOS PARA DETERMINAR LA BOMBA A UTILIZAR

Líquido:

- Descripción del líquido
- Temperatura
- Densidad @ p, T
- Viscosidad @ p, T
- Presión de vapor @ T
- Causas de corrosión
- Causas de erosión

Condiciones operativas

- Caudal (máximo, mínimo, normal)
- Presión de succión (mínimo, normal)
- Presión de descarga
- (Altura diferencial)

²INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, ING. NAHUM SCHEIN NOVIEMBRE 2013 MONTEVIDEO, URUGUAY. Pág. 43

NPSH disponible

Otras Condiciones

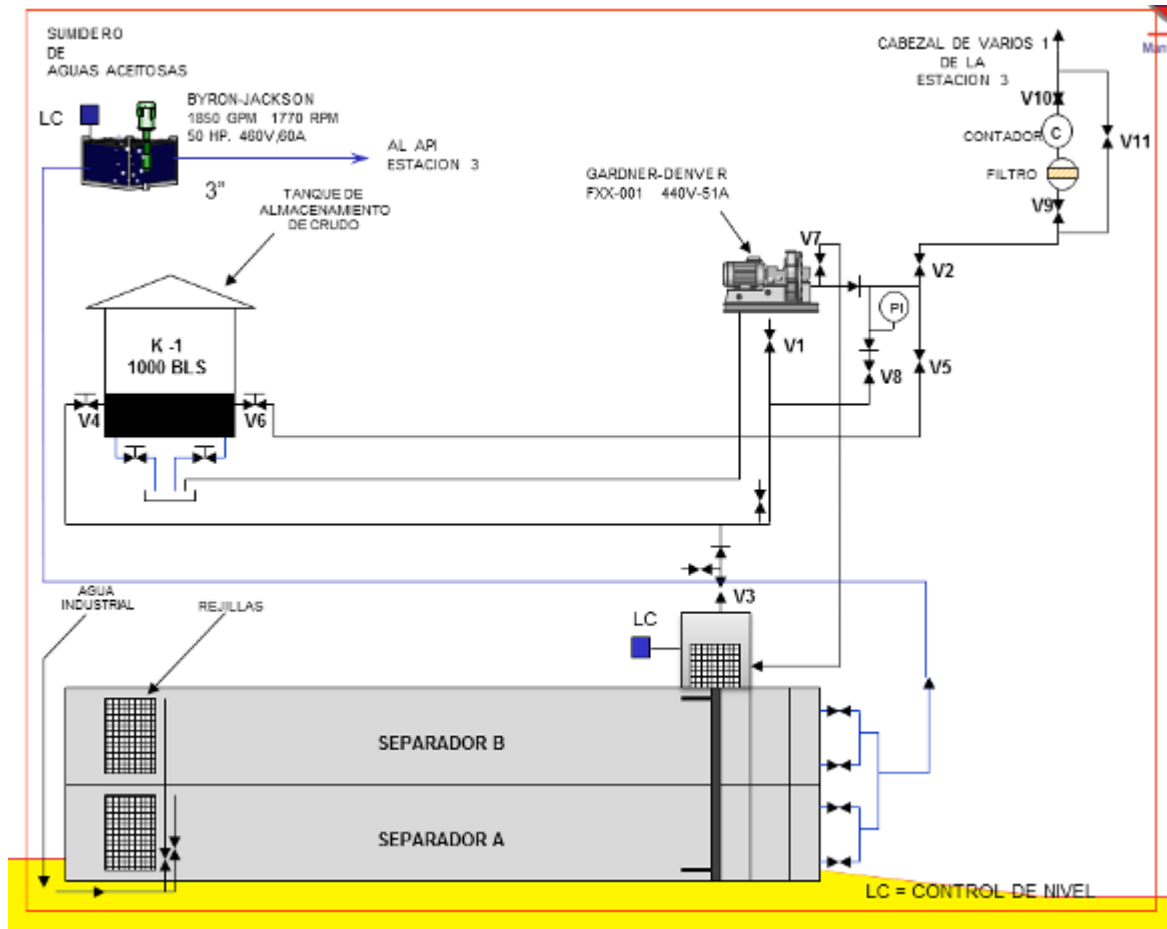
- Materiales preferentes
- Tipo de sellado
- Tipo de bomba, conexiones
- Tipo de accionamiento (en caso de motor: **Clasificación de área, Voltaje y Hz**)
- Normas a cumplir (ANSI/ISO, NFPA, API, etc.) ver anexo B, C, D Y E³

3.4 SISTEMAS DE APLICACIÓN DE BOMBAS

En campo casabe las bombas se encuentran ubicadas en las siguientes estaciones como se muestran en la figura 20, 21,22 y 23.

³ INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE BOMBAS Y AL DISEÑO EFICIENTE DE SISTEMAS DE BOMBEO, ING. NAHUM SCHEIN NOVIEMBRE 2013 MONTEVIDEO, URUGUAY. Pág. 45

Figura 20. Proceso del centro de recolección de crudo:



Fuente. PlantSurvey CBE Actualizado

En esta planta (ver figura 20), se recibe el agua crudo que es recolectada de los vehículos de succión de vacío, los cuales son encargados de realizar recorridos por los pozos, exactamente contrapozos (boca de pozo), evitando derrames que pueden afectar el medio ambiente.

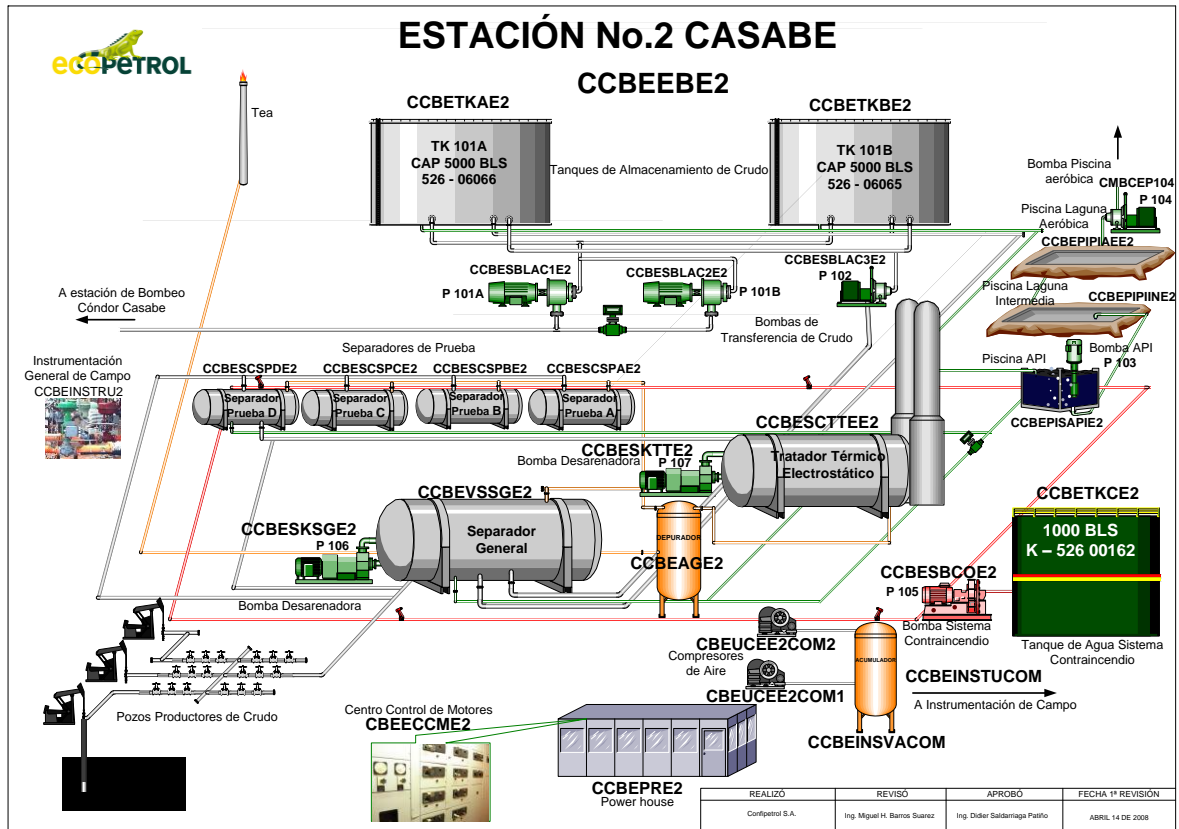
Esta agua crudo es depositada en las piscinas de separación (A Y B) las cuales tienen unas canastillas que funcionan como filtros para retener desechos sólidos

que pueden contaminar y posteriormente afectar las bombas que se encuentran en su recorrido.

El fluido continúa su ciclo para la separación del agua y el crudo por gravedad, dejando el agua en el fondo y el crudo en la superficie. Estas piscinas presentan un mecanismo (skimmer) que permite el paso del crudo a una fosa, el cual se bombea por medio de una bomba Roper DP FXX-001 tipo engranaje enviándose al tanque de almacenamiento de crudo K-1 con capacidad de 1000BLS, posteriormente se envía por medio de otra bomba Roper FXX-002 DP tipo engranaje a un sistema de filtrado y de instrumentación como son contadores al separador general de la estación 3.

Por otra parte el agua crudo que sale de los separadores A y B pasan a un sumidero (API) en donde se encuentra una bomba Byron Jackson centrífuga encargada de enviar el crudo con partículas de agua hacia la API de la estación 3.

Figura 21. Proceso de las estaciones 2, 3, 4,5 y peñas blancas, de tratamiento del crudo.



Fuente. PlantSurvey CBE Actualizado

Para empezar con el proceso por las estaciones se debe dejar claro la procedencia del crudo:

Los Pozos productores de crudo o yacimiento en campo Casabe requieren de un equipo de bombeo mecánico que es el método artificial de levantamiento más común, como las unidades de bombeo “machines”, otros equipos que se emplean son PCP y las VSH.

Estas bombas son encargadas de enviar el crudo del yacimiento a dos líneas paralelas que llegan a las estaciones, una de estas se conoce como línea varias donde recibe el crudo de todos los pozos productores, mientras la otra línea llamada de prueba, es la encargada de dejar pasar el crudo de algún pozo en especial, este paso por medio de un puente con válvulas conectoras, esto para realizar estudio del crudo y la cantidad de barriles que este produce en cierto tiempo.

Teniendo claro de cómo se obtiene el crudo, este es enviado a dos sistemas de separación de agua (ver figura 21), el primero es el separador general, donde pasa el crudo de todos los pozos productores del campo la línea de varios, en este tanque separador permite aislar los hidrocarburos de otros componentes indeseables como es la arena y el agua funcionando mediante el efecto de la fuerza centrífuga esparciéndose tangencialmente las partículas sólidas al fondo del estanque para finalmente aplicar agua a presión por medio de la bomba Worthington D1000 P 106 tipo centrifugas OH, para retirar partículas de crudo impregnada en los sólidos, enviándose al API

De este separador general pasa al tratador térmico electrostático por medio de la bomba Worthington D1000 P 107 tipo centrifugas OH, en este tanque se somete el hidrocarburo a un campo eléctrico intenso generado por la aplicación de alto voltaje entre dos electrodos, esto induce a la formación de dipolos eléctricos en las gotas de agua, lo que origina una atracción entre ellas incrementando su contacto y su posterior coalescencia, para finalmente formarse gotas lo que permite la sedimentación por gravedad. De este proceso se obtienen tres elementos como son agua el cual se envía al API, crudo más limpio y gas, este último se envía al depurador de gas encargado de remover los residuos líquidos de una mezcla, que tiene predominio de partículas gaseosas esto gracias a obstrucciones que presenta internamente el cual se impactan obteniendo partículas líquidas. Una parte de este gas se utiliza en el sistema y otra parte de quema en la línea que

lleva a la TEA, mientras el líquido que se logra obtener pasa a la API de la estación.

Retomando nuevamente la ruta del crudo este se envía del tratador térmico electrostático a los tanques almacenamiento de crudo TK 101A y TK101B con capacidad de 5000 BLS cada uno, por medio de la Worthington D1000 P 102 tipo centrifugas OH.

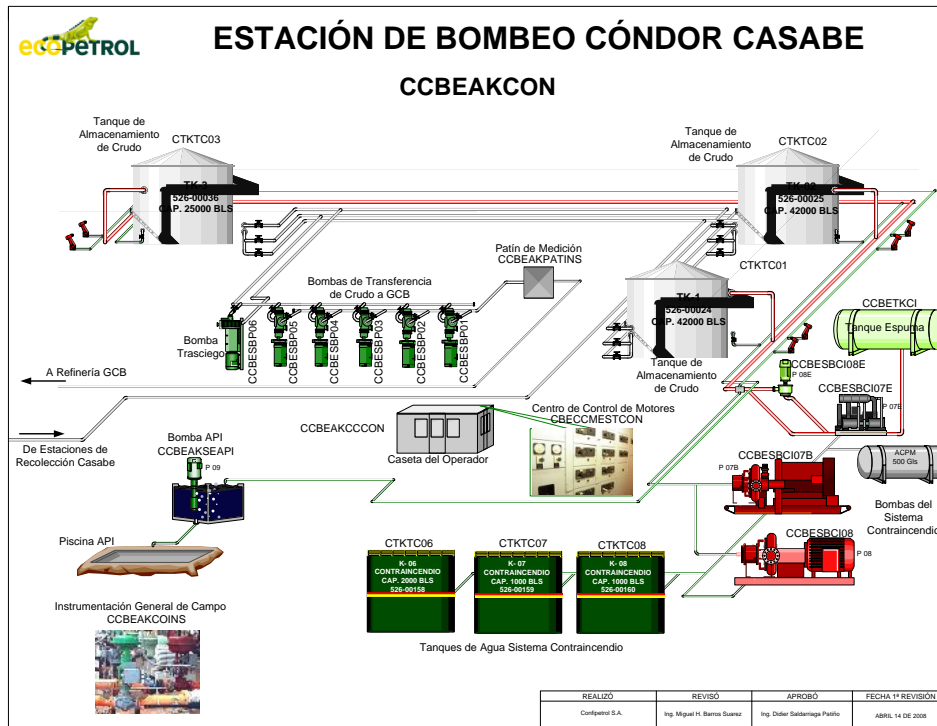
Mientras que el crudo que se envía por la línea de prueba pasa por una serie de tanques separadores A, B, C y D, encargados de realizar monitoreo y separación de agentes contaminantes en el crudo extraído, pasando luego por el tratador térmico electrostático, el depurador de gas y el agua-crudo resultado de estas separaciones al API

Estos tanques están enlazados por una serie de tubería conectándose a las bombas Roper P101B y P101A DP Tipo engranaje, el cual envía el crudo a la estación cóndor.

En las Estación donde se encuentran ubicadas las piscinas API recolectoras de agua –crudo se encuentran las bombas ALL-WEILLER P103 de tornillo DP, estas envían el crudo nuevamente al ciclo de separación de la estación. Mientras que el agua separada del crudo en el API se envía por gravedad a la piscina intermedia y posteriormente a la piscina aeróbica donde reciben tratamiento, para finalmente enviar por medio de bombas de vertimiento BARNES P-104B y GOULDS P-104B tipo centrífugo, al río.

Es importante mencionar el sistema de contraincendios para estas estaciones, el cual consiste en un tanque de agua de 1000BLS, unida a una bomba AURORA P-105 para ser desembocando en las válvulas inyectoras.

Figura 22. Proceso de la estación de bombeo cóndor casabe:



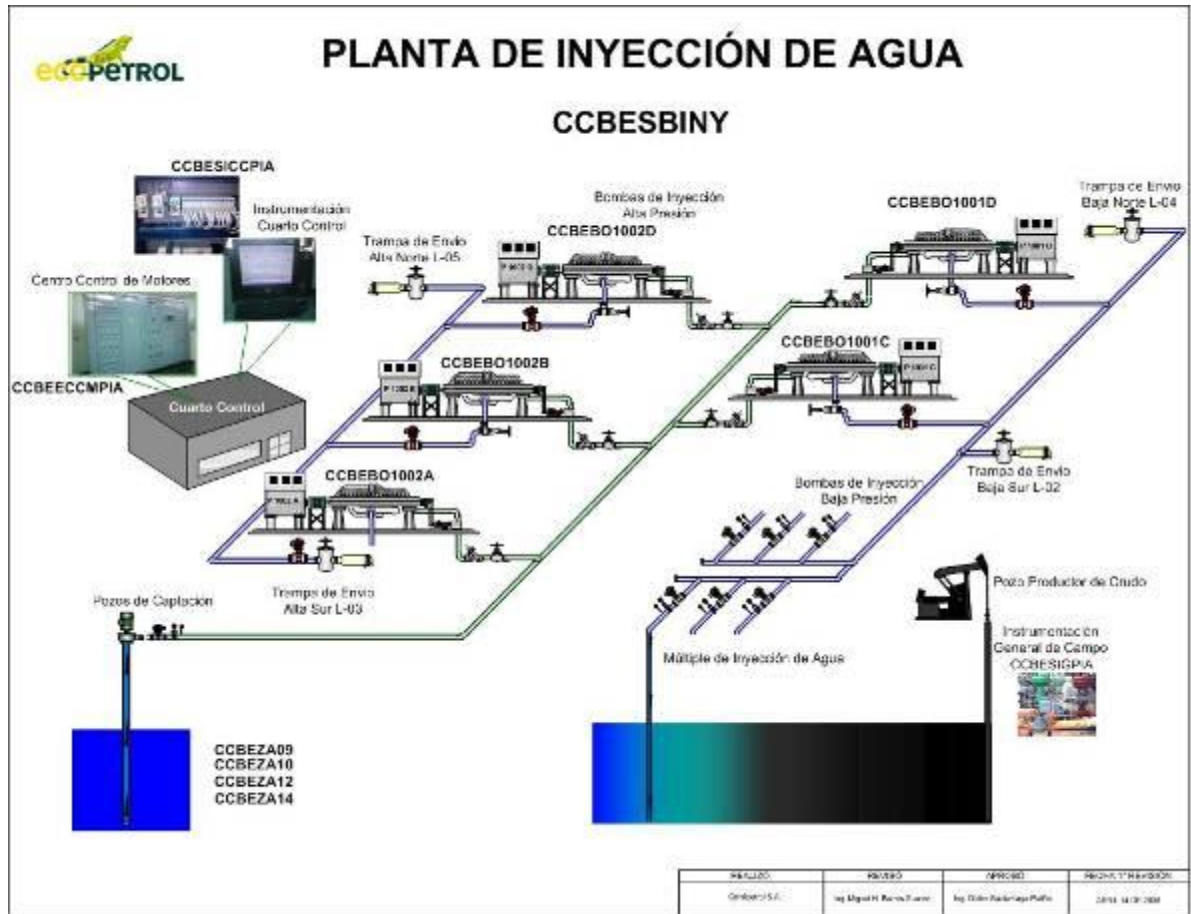
Fuente. PlantSurvey CBE Actualizado

La estación cóndor (ver figura 22), es la recolectora de crudo de las estaciones 2, 3, 4,5 y peñas blancas, encargada de almacenar en 3 tanques, dos tanques TK 1 y TK 2 con capacidad de 42000BLS y un Tanque TK 3 de 25000BLS.

El crudo depositado en la estación es enviado a refinería mediante las bombas AMR PUMP TRANSAMERICA DELAVAL P01-P02-P03-P04-P05 cuando la refinería autoriza el envío, pero antes de la salida para por un patín de medición que se encarga de cuantificar el crudo enviado y las características con la que salen del campo.

Esta estación también cuenta con un sistema contraincendios y también envía con sumidero API el cual desemboca en el API de la estación 3.

Figura 23. Panta de inyección de agua PIA



Fuente. PlantSurvey CBE Actualizado

La planta de inyección de agua (ver figura 23), se abastece de los pozos de captadores de agua subterráneas por medio de bombas verticales como la FLOWSERVE PC09, FLOWSERVE PC10, PLEUGER PC12 y PLEUGER PC14 a una presión de 150PSI, esta agua es enviada a las bombas multi-etapas marca UNITED CENTRIFUGAL PUMPS P-1002A P-1002B P-1001D P-1002D Y P-

1001C aumentando su presión a 24000PSI para ser enviado a los pozos productores donde se encuentran las unidades de bombeo. Barriles bombeados de agua al día 137000BLS.

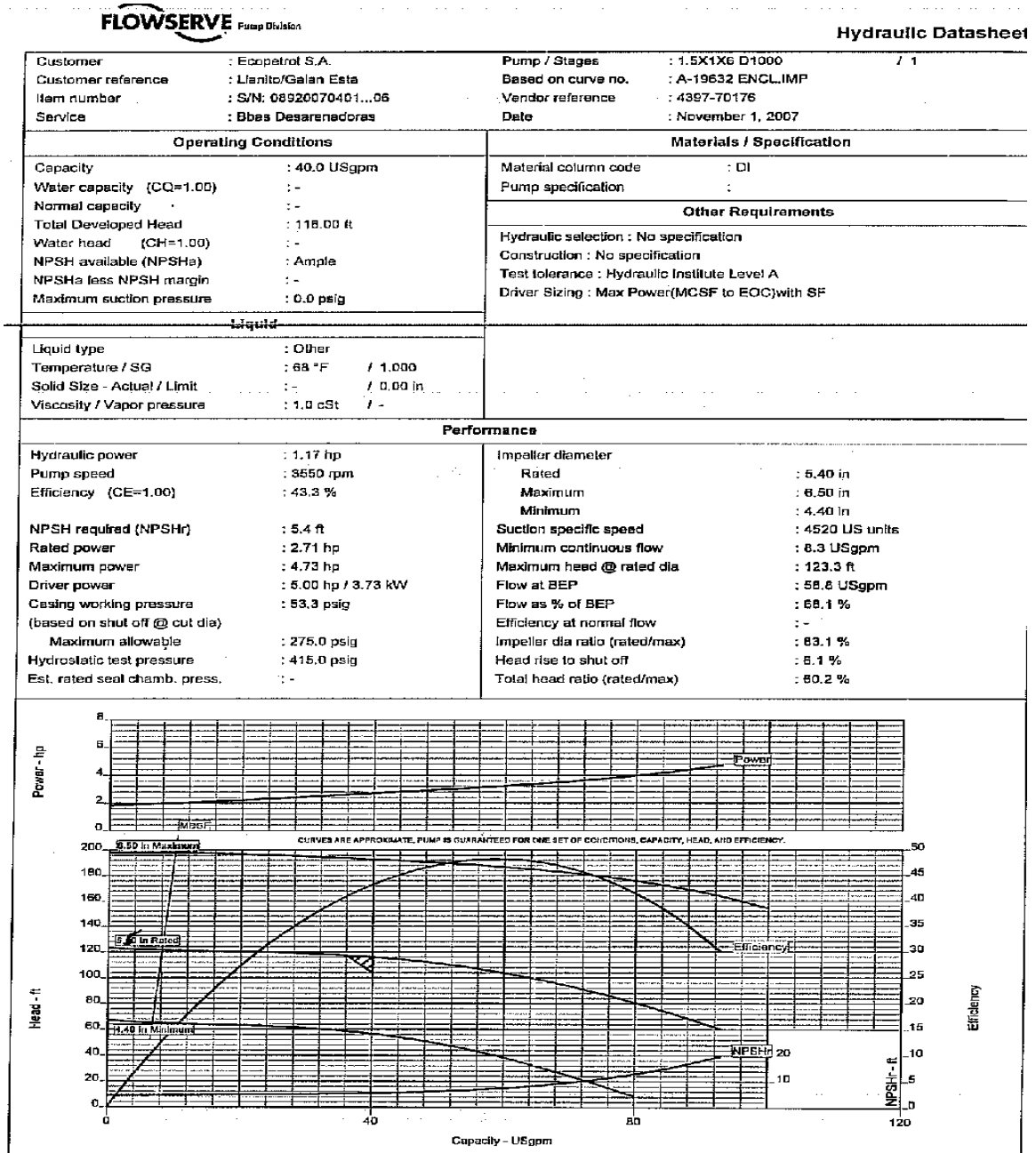
3.5 EFICIENCIA Y PUNTOS DE OPERACIÓN.

Para que un equipo de bombeo sea eficiente se debe garantizar que su punto de operación este lo más cercano posible al BEP, punto de mejor eficiencia,(api 610 sugiere una ventana operativa que debe estar entre el 60 & el 110% del BEP) este dato es suministrado por el fabricante presente en las curvas de eficiencia, donde una vez el cliente presenta los requerimientos de diseño como son: punto de succión, distancia de tubería en unidades de longitud, accesorio, diámetro de la tubería si lo conoce, caudal requerido a desplazar o en su defecto tiempo requerido para mover el fluido, tipo de fluido a bombear, temperatura etc. Con estos datos el fabricante simula, selecciona y cotiza una bomba donde el precio puede variar dependiendo de los materiales utilizados. Junto con los datos de presión o altura de elevación en ft, caudal, viene la curva de NPSHa –*cabeza neta positiva de succión disponible*- que deberá ser mínimamente mayor en un 3% que la NPSHr –*cabeza neta positiva de succión requerida*-. Del mismo modo selecciona el motor dependiendo del requerimiento de potencia y energía suministrada en la curva. Ver figura 24.

Por otra parte una vez establecida la curva de operación del equipo se construye la curva del sistema y se superponen las dos curvas, una sobre la otra donde, se hace una medición de flujo y con ello podemos verificar exactamente el punto de operación en que se encuentra el equipo, y posteriormente este será nuestro parámetro para decir si el equipo está trabajando eficientemente o no debido a múltiples razones que habría que entrar a evaluar, sin embargo las más comunes

son: desgaste de internos, problemas operativos, problemas de diseño cambio en las condiciones de diseño por parte de producción.

Figura 24. Ficha de datos de bombas



Fuente. Catálogo de FLOWERVE

3.6 IMPACTO EN LA PRODUCCION

La buena elección y funcionamiento de la bomba para lo que se requiere en cada estación de campo Casabe, se refleja en el aumento en la producción llegando a la meta de los 26.000 barriles diarios para el 2014.

Actualmente la producción está en 22.500 barriles diarios por tal motivo estas bombas cual sea el tipo, son fundamentales en el ciclo de deshidratación de crudos es el proceso mediante el cual se separa el agua asociada con el crudo, ya sea en forma emulsionada (gotas de agua dispersas en aceite) o libre (por gravedad), hasta lograr reducir su contenido a un porcentaje previamente especificado. Generalmente, este porcentaje es igualo inferior al 1 % de agua para enviar a la refinería.

Cuando una bomba falla o presenta pérdidas de eficiencia, resultado de los monitoreo por condición entre estas esta vibraciones aumento de temperatura ya sea por falta de lubricación, fricción interna etc., o simplemente en la parte de la instrumentación se puede visualizar como son los manómetros, como caída de presión por fugas o sello en mal estado etc., pirómetro por medio sensores etc., y/o presencia de ruido interno.

El no buen funcionamiento ni mantenimiento de estas unidades de bombeo de estaciones se ven reflejadas en la diferida de crudo, ya que algunos de estos equipos no presentan bomba “backup” perjudicando en el tiempo que dure está en talleres externos o aún más crítico comprándola nueva.

Por esta razón se ha venido trabajando en la optimización de la estrategia de mantenimiento para estos equipos de bombeo de desplazamiento positivo o

rotarios, mejorando rutinas de inspecciones, repuestos en bodega de lo más crítico, capacitando al personal (técnicos) en desarrollar habilidades de detectar posibles fallas en una bomba, mejorar el taller aplicando las 5S de esta forma el trabajo puede desarrollarse más rápido reduciendo tiempos, se tienen identificados los talleres externos que cumplan con normas de calidad cerca al campo Casabe, y por último los monitoreo por parte de CBM lo que se denomina mantenimiento predictivo. En el transcurso del año 2013 se ha venido trabajando en la implementación de tener un equipo backup como son las bombas Roper de desplazamiento positivo tipo piñón ubicadas en las estaciones 2,3,4,5 y peñas blancas encargadas de enviar el crudo a la estación cóndor, cada vez que una presenta falla se cambia por una recuperada y a esta se le realiza metrología para llevar trazabilidad del equipo con su TAG enviándose a talleres externos, los cuales se encargan de recuperar cumpliendo con las tolerancias y ajustes que recomienda el fabricante esto bajo la supervisión de un ingeniero QA/QC, se recibe y se vuelve a realizar metrología para recopilar estos datos en la hoja de vida de cada bomba reparada.

De esta forma se ha venido mejorando el tiempo de intervención de cada bomba y su vida útil, la producción no se ve tan afectada por diferida para futuros trabajos.

3.7 IMPACTO AMBIENTAL

El compromiso social y ambiental de las empresas de petróleo y gas es uno de los conceptos que más ha ganado terreno en los últimos años, como una filosofía que marca el funcionamiento de las compañías. Por tal motivo el eslogan que Ecopetrol S.A. es de Barriles limpios, nuestro compromiso con el futuro de Colombia.

Hoy en día la práctica del desarrollo sostenible, tanto en responsabilidad social como en gestión ambiental, es una herramienta fundamental de mercadeo que puede ser un factor diferencial entre empresas del mismo nivel y que se dedican a la misma actividad, como el caso de las petroleras.

Foto 9. Bombas de vertimiento, p-104b estación 2 & 3 marca Goulds 3196 i



Fuente. Los autores.

A finales del año 2009 se instalaron las bombas de vertimiento (P-104B) en las estaciones 2, 3 y 4 cuya función es verter agua hacia el río (ver foto 9.), una vez pasado por el proceso de separación de crudo, dado que este en su proceso y estado natural trae consigo agua, sales y arena.

El proceso de separación se efectúa bajo el principio de vasos comunicantes, es decir en la medida que la estación va produciendo crudo, este es llevado al separador API (diseñados según los estándares de publicados por la American Petroleum Institute), donde por densidad se ubica el agua abajo y el crudo arriba, se abre el skimmer y el agua deberá pasar a la piscina aeróbica o a la intermedia donde una vez separada, el agua es vertida hacia el río a través de las bombas P-104B (bombas centrifugas). El crudo, ubicado en la parte superior deberá ser mandado a tanque a través de la bomba API P-103 (bombas de tipo tornillo), y continuar con el proceso.

Para que este proceso sea efectivo el nivel de las piscinas Aeróbica e intermedia deberá ser menor que el nivel del separador API, de no ocurrir así, el flujo fluiría hacia el API incrementando el nivel y generando derrame en la estación y si fuera lo contrario, el crudo se pasaría a las piscinas aeróbicas e intermedias y a su vez bombeado al río, generando un gran impacto de contaminación ambiental y/o en su defecto ocasionando diferidas de crudo a mantenimiento al tener que bajar la carga de la estación para poder controlar los niveles.

Foto 10. Bomba de despacho de crudo



Fuente. Estación cóndor. Los autores

La estación Cóndor, es la encargada de recibir de las estaciones de recolección de crudo 2, 3, 4,5 y peñas blancas y enviar este fluido a la refinería de Barrancabermeja.

Las bombas AMR PUMP TRANSAMERICA DELAVAL (ver foto 10), las cuales son bombas de desplazamiento positivo (tipo tornillo), se encuentran ubicada en la estación cóndor.

Actualmente se tienen cinco de estas bombas las cuales trabajan constantemente, en algunos casos cuando se debe intervenir alguna de ellas, se saca de línea y no altera el proceso, mínimo pueden trabajar tres.

Estas bombas por trabajar con crudo tiene un alto grado de impacto ambiental ya que se puede presentar fugas por el sello que son los más comunes, y como esta no presentan diques, el derrame puede afectar cañerías y zonas verdes.

A continuación nombramos las marcas de bombas que pueden impactar con el medio ambiente, con el fluido que estas transportan, estas al igual que la bomba que se mencionó anteriormente están ubicadas en las estaciones y las fugas en la mayoría de veces son en el sello mecánico, ya sea por vida útil o desgaste en partes de la bomba.

✚ ROPER PUMPS (crudo)

✚ ALL-WEILLER (agua-crudo)

✚ NETZSCH (agua –crudo)

✚ AMERICAN MARSH (agua-crudo)

✚ GOULDS (agua-crudo)

✚ BLACKMER (crudo)

✚ HILLMAN (crudo)

✚ SEEPEX (crudo)

✚ HIDROMAC (gas –agua)

✚ INGERSOLL RAND (crudo)

- ✚ EDWARDS (espuma)

- ✚ BLACKIMER (espuma)

- ✚ BYRON JACKSON (agua crudo)

- ✚ IHM (cloro)

- ✚ UNICO (gas)

- ✚ GARDNER DENVER (crudo)

- ✚ STEWART & STEVENSON (acpm)

- ✚ TOKEHEIM CORPORATION(ACPM, gasoline, y varsol)

4. CRITICIDAD

No todos los equipos tienen la misma importancia dentro de la organización, Su grado de importancia dependen del proceso o la producción, impacto generado al ambiente o a las personas ante una determinada falla, el costo de reparar o re manufacturar el equipo y del impacto que pueda generar a la integridad de la planta o estación.

Dada la severidad de la falla, los equipos se dividen en:

Equipos críticos: Son todos aquellos equipos en donde al cuestionarnos, ante una determinada falla su afectación genera algún tipo de impacto a: la producción, medio ambiente, personas, costos o integridad de la planta y/o estación. Si la respuesta a alguna de las afectaciones mencionadas es sí, indica que este equipo puede ser clasificado como crítico.

Equipos esenciales: Son todos aquellos equipos que son indispensables para la estación pero que tienen un equipo back up, y ante una determinada falla se apaga uno, arranca el de respaldo generando mínima afectación al proceso.

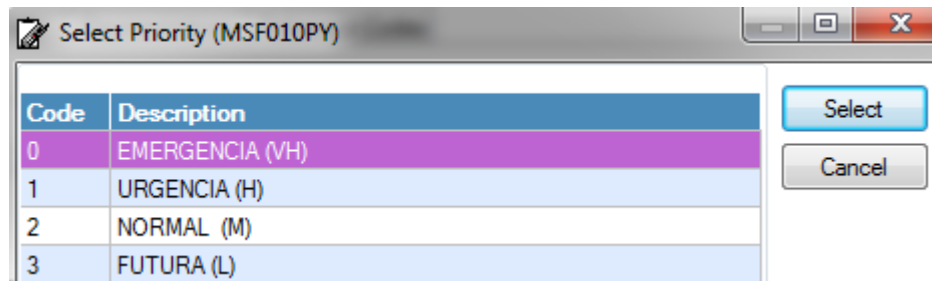
Equipos de propósito general: Son todos aquellos equipos que aunque son importantes dentro de la planta, ante una determinada falla no genera ningún tipo de impacto al proceso

4.1 MODELOS DE EVALUACION DE CRITICIDAD

Actualmente Confipetrol maneja dos modelos matriciales de evaluación de criticidad. Uno inmerso en el CMMS, MINCOM ELLIPSE. Software empleado por Ecopetrol, módulo MSQ541, para definir la prioridad del trabajo solicitado por el cliente y/o aliados.

El MSQ541 es el módulo donde cualquier miembro de la organización que tenga el perfil en el CMMS, genera eventos a los distintos frentes de mantenimiento como son mecánica, soldadura, automotor, equipo móvil, vías, eléctricos, plantas y estaciones, unidades de bombeo, transportes, iluminaciones, redes etc. para que sea corregida una determinada falla o situación de mejora. (Esta se hace a criterio personal) Ver fig. 25.

Figura 25. Ventana emergente de prioridad de trabajo



Fuente. MINCOM ELLIPSE. Software

Este evento trae una casilla de priorización que va de cero (0) a tres (3) Donde la:

Prioridad Cero (0), Indica que es una situación de emergencia y no hay tiempo de planear ni programar, debe ser atendida inmediatamente porque se entiende que está comprometida la vida de las personas o el ambiente.

Prioridad Uno (1), Indica que es una situación que debe ser atendida dentro de la semana en curso, permite ser planeado, debe venir acompañada de un documento denominado formato de atención inmediata, firmado por el coordinador de producción y mantenimiento que avala, autoriza y justifica el rompimiento del programa de la semana en curso. A pesar de no ser una emergencia indica que es un trabajo apremiante y en teoría debe aplicar solo a equipos con criticidad alta o media.

Prioridad dos (2), indica que es una situación que permite ser planeada y programada para ejecutar la siguiente semana una vez se tenga el 100% de los recursos asegurados. Aplica para todos los equipos del campo

Prioridad tres (3), indica que es una actividad futura y que se encuentra pendiente por materiales.

La realidad es que producción clasifica la mayoría de los eventos con prioridad uno (1). Este es uno de los puntos a mejorar contemplados en el numeral 5.4

Los eventos con prioridad 2 son revisados por el planeador de mantenimiento y convertidos en órdenes de trabajo (OT), se cierra el evento documentando el flujo de este trabajo dentro del módulo, se fija un procedimiento, un estándar de trabajo y el tiempo estimado de duración de la actividad. Se aseguran los recursos y se planea para ejecutar en una fecha determinada, una vez planeada es entregada al programador para que solicite el equipo en la reunión de pre concertación comprometiendo los recursos necesarios con los distintos frentes de mantenimiento y concertada con producción para el préstamo del equipo.

El personal técnico ejecuta la actividad y genera un reporte cargado a la OT suministrada, donde relaciona las actividades ejecutadas con su respectiva firma de recibo del personal operador y recomendaciones.

El reporte es revisado y firmado por el supervisor de Confipetrol y entregado a documentación para cargue de texto, personal que elaboró y cargue de horas. Posteriormente es entregado a la administradora del contrato para que sean tenidos en cuenta los pagos de horas extras o sobretiempo del personal.

Finalmente son entregados al supervisor de ECOPETROL, quien audita el reporte y posteriormente archivados.

El segundo modelo de criticidad empleado es el utilizado por el departamento de IMC & CONFIABILIDAD, para definir si vale la pena o no hacer un RCA –Análisis causa raíz- ante una determinada falla, y debido a los cambios en el proceso, mercado y diseño de la planta, la criticidad puede ser dinámica, para esto se establece la matriz ver figura 26 y el diagrama de proceso ver figura 27.

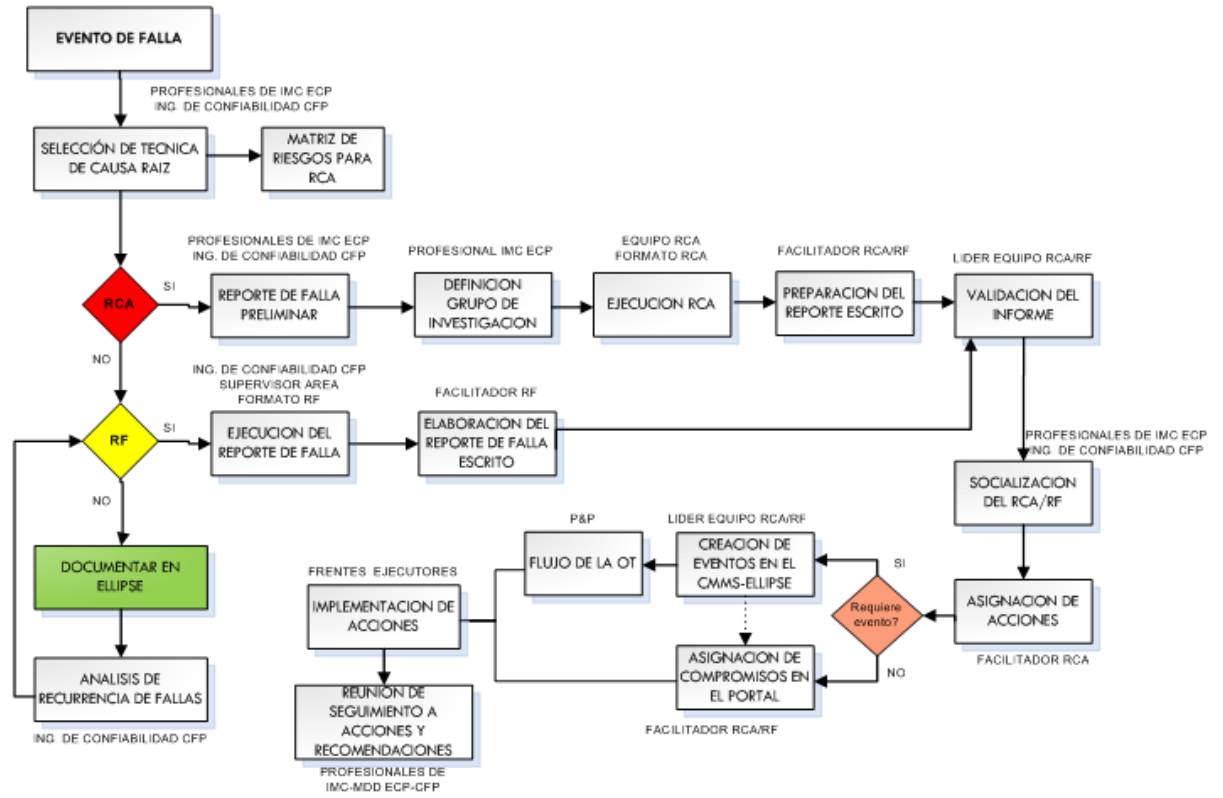
Figura 26. Matriz de riesgos para un RCA

MATRIZ DE RIESGOS PARA UN RCA									
SEGURIDAD	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA			SEVERIDAD
	MEDIO AMBIENTE (BOCD)	PRUDUCCION(BOCD)	PRODUCCION(KPCD)	PRODUCCION(KBWD)	COSTOS REPARACION (MS)	1 VEZ CADA 3 AÑOS O MAS	1 VEZ CADA 2 AÑOS	1 VEZ O MAS POR AÑO	
DÍA AUSENTE DEL TRABAJO/ FATALIDAD	> 100BLS	> 900	> 1200	> 4,5	>75				A
CASO DE TRABAJO RESTRINGIDO	10 - 400 BLS	700 - 900	600 - 1200	3,5 - 4,5	50 - 75				B
TRATAMIENTO MEDICO	1 - 10 BLS	300 - 700	200 - 600	2 -3,5	25 -50				C
PRIMEROS AUXILIOS	0,1 - 1 BLS	100 - 300	70 - 200	0,75 - 2	10 - 25				D
NO LESION	< 0,1 BLS	< 100	< 70	< 0,75	< 10				E

	RCA		REPORTAR Y DOCUMENTAR EN ELLIPSE
	REPORTE DE FALLA		

Fuente. IMC Ecopetrol y Confipetrol SOR

Figura 27. Diagrama de flujo de modos efectos y causas de fallas



Fuente. IMC Ecopetrol y Confipetrol SOR

5. ANALISIS DE VARIABLES QUE ORIENTAN EL MANTENIMIENTO

Luego de un exhaustivo trabajo de equipo donde día tras día se ejecutan actividades, los resultados son medidos y divulgados semanalmente al cliente y aliados, para efectos de seguimiento, mensualmente se repite el ejercicio medido internamente dirigido al gerente regional, y trimestralmente es nuevamente medido en conjunto con el cliente –Líder IMC, en todas las áreas o frentes de trabajo para consolidar el documento KPIS, -*Key Performance Indicators* (indicadores claves de desempeño), que consisten en métricas que permiten medir y cuantificar el rendimiento del progreso en función de las metas y objetivos planteados para las distintas actividades que se lleven a cabo dentro de la organización. Esta es la base para aplicar el modelo riesgo recompensa contemplado contractualmente.

El modelo riesgo recompensa es definido como parte de la estrategia de Ecopetrol para generar compromiso con la seguridad y la producción en busca de un objetivo común (seguridad & producción). Establece que si se cumplen los objetivos, los trabajadores y/o empleados tienen derecho a un porcentaje de las utilidades que será dividido en cantidades iguales para todos y pagado trimestralmente. Por otro lado el incumplimiento de los objetivos penaliza de igual forma un porcentaje del valor del contrato y deberá ser descontado de la factura trimestral.

A partir de este modelo surge fuertemente la necesidad de establecer estrategias que permitan garantizar el óptimo rendimiento de la organización, por tanto para efectos de análisis se analizan los indicadores de desempeño de meses anteriores y se identifica lo siguiente:

Todos los indicadores tienen un factor común y es:

- ✓ El tiempo de ejecución de la actividad vs el tiempo estimado, dado que los tiempos mal estimados afectan los indicadores de **asertividad**, **disponibilidad del recurso**, al haber presupuestado un tiempo considerablemente mayor o menor al verdaderamente ejecutado (ambos casos producen resultados negativos, dado que si el tiempo es mayor y el supervisor se descuida da espacio al técnico para ejecutar actividades ajenas, o no hacer nada. Si el tiempo estimado es menor, todo el tiempo será corriendo, generando presión y/o malestar en el grupo y dando como resultado estrés laboral, facultando la posibilidad de un accidente.

De igual forma si se estiman más horas hombre de lo realmente ejecutado, se dispondrá de menos recurso y se dejan de programar actividades, afectando el indicador de **balance del recurso, programado vs no programado** e incrementará el indicador de **proactivo vs reactivo**, al ejecutar actividades fuera de la ventana de programación, **backlog y el workload**, generando falsas expectativas en requerir más o menos recurso dependiendo de la situación para un determinado frente.

De acuerdo con lo anterior todos los indicadores están entrelazados entre sí, y la afectación de un indicador como en el efecto domino, arrastra y/o lleva consigo a los demás.

- ✓ Códigos de productividad, es la sumatoria de los tiempos denominados muertos que aunque no suman valor a la actividad, deben ser tenidos en cuenta medidos y controlados. Hacen referencia a desplazamientos, tiempos interdisciplinarios, cuando un frente depende de otro para la ejecución, permisos de trabajo, charlas de seguridad, entre otros.

- ✓ La sincronización adecuada de intervención de equipos en el CMMS es otra fuente potencial muy cuestionada por producción que impacta el rendimiento de los indicadores, e implica el concepto de diferida y hace referencia a lo que se deja de producir a causa de mantenimiento. Generalmente ocurre por una deficiencia en la programación y/o problemas de comunicación entre planeadores.

- ✓ Estándares de trabajo organizados, tanto referente a los mantenimientos rutinarios como a condición, con tareas coherentes, tiempos estimados asertivos requeridos para la ejecución garantizan un presupuesto que garantice la ejecutabilidad satisfactoria del plan de mantenimiento y con ello el aseguramiento de la confiabilidad.

- ✓ La constante rotación de personal y la falta de aseguramiento de la información genera incertidumbre en el personal técnico, al no poseer manuales de mantenimiento, operación y listado de partes, y al no tener listados de partes, nunca se catalogaran y asegurarán recursos en el sistema CMMS, incrementará costos en mantenimientos correctivos dado que los equipos serán llevados a falla y cuando esto ocurra deberán ser llevados a re parar al taller de la esquina, pudiendo perder la estandarización del activo, reduciendo la vida útil, aumentando la indisponibilidad y disminuyendo la confiabilidad.

- ✓ Procedimiento de trabajo desactualizados, anteriormente se utilizaban los formatos ATS –*Análisis de trabajo seguro*- hoy el formato cambio, se trabaja con AR, -*Análisis de riesgos*-. Cuando el técnico lee estos procedimientos e identifica esta palabra, ATS alude que el procedimiento no ha sido actualizado y a pesar de ser el procedimiento coherente, este pierde credibilidad.

Otro factor a tener en cuenta son los arboles de equipos, a pesar de no generar valor en los indicadores tiene gran peso en la coherencia de la información dado que todo parte de aquí, por ello debe estar lo más organizado y completo posible.

Finalmente el tema de manejo de inventarios es el resultado de la gestión, dado que los procesos de compras son muy largos en Ecopetrol y la planeación se deberá asegurar con un mínimo de seis meses.

5.1 ACTUALIZACIÓN DEL ARBOL DE EQUIPOS

Todo el trabajo parte de aquí, y por ello es indispensable hacer un *survey* (levantamiento de datos en campo) por cada una de las estaciones con el objetivo de tomar datos de placa, identificar y entender los procesos y el trabajo desarrollado de cada uno de los equipos, para luego plasmarlo en un archivo amigable, cotejarlo contra lo existente en el sistema y hacer la gestión de aseguramiento de la información en el CMMS, contra lo físicamente establecido.

¿Porque decimos hacer la gestión?, porque Ecopetrol entrega el plan de mantenimiento y solo se pueden hacer modificaciones con el perfil del IMC, y para ello se diseñó un formato de actualización de equipos, que deberá ser revisado, firmado y autorizado por los líderes del departamento de confiabilidad de Ecopetrol.

Una vez definido el listado real de equipos, listar los datos más frecuentes de consulta como son: datos de placas de bombas, sellos mecánicos, motor y reductor, hace muy funcional el archivo y facilita la consulta, por otra parte permite identificar equipos iguales, en modelo y tamaño lo que indica compatibilidad de

repuestos, que permiten establecer una buena estrategia de manejo de inventarios de repuestos a condición.

Luego de identificados, clasificados y agrupados, se reducen en número la cantidad de información (manuales) a requerir y por ende habrá compatibilidad en la aplicabilidad de los procedimientos. Al ser iguales se simplifica el ejercicio.

Ya asegurada la existencia real de equipos en campo, y en el CMMS, clasificados por modelos, información técnica asegurada, se procede a hacer la revisión de estándares de trabajo asociada a los equipo en el sistema a través del módulo MSQ690 (ver figura 28) y MSQ700 (ver figura 29), allí se revisan las tareas rutinarias (*MST-Maintenance Time Standard*), se hace una reunión de expertos (Técnicos y fabricantes), se evalúan los procedimientos, se listan los recursos requeridos por estándar de trabajo, y se gestiona el formato de modificación de estándares para que sea revisado y autorizada la modificación en el sistema ellipse.

Figura 28. Módulo MSQ690

Search Reference Codes

Search Method: All
 Standard Job No:

Equipment Ref: CCBESBLAC1E2
 EGI:
 All Jobs for Equipment OR Comp Code: Mod Code:
 Originator Id:
 Maintenance Type:
 Parent Standard Job: Par Std Job Std Job Plan

	District Code	Std Job	Desc	Maint Type	Comp Code	Orig Id	Est Hrs
1	GCO	CMBO11	MTTO CUATRIMESTRAL	PV	MBEN	C9865317	0,00
2	GCO	MECK33	REVISION BOMBAS ROPER	PV	MBTO	C6349080	2,00
3	GCO	MECK42	MANTENIMIENTO MAYOR BOMBA ROPER	CO	MBEN	C8079955	0,00
4	GCO	MECK54	CAMBIO DE CORREAS BOMBAS ROPER	CO	MGTE	C8079955	0,00
5	GCO	MECK55	CAMBIO DE JUNTAS FLEXIBLES BOMBAS ROPER	CO	MBEN	C8079955	0,00
6	GCO	MECK56	CAMBIO DE SELLO MECANICO BOMBA ROPER	CO		C8079955	0,00
7	GCO	MECK85	ALINEAR CORREAS POR CONDICIÓN	PV	MBEN	C8079955	8,00
8	GCO	REME2J	MONITOREO Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES	PD		C8821136	1,50

Fuente. MINCOM ELLIPSE. Software

Figura 29. Módulo MSQ700

Search

Equipment: CCBESBLAC1E2
 EGI:
 Productive Unit:
 Component Code:
 Modifier Code:
 Task Number:
 Work Group:
 District Code: GCO
 Excl Inactive Tasks

	EGI	Equipment Ref	Comp Code	Mod Code	Task	Sched Ind	Freq	Work Grp	Std Job	Task Description	Job Desc
1		CCBESBLAC1E2			C999	1	28	MDDKCBM	REME2J	MONITOREO DE VIBRACIONES	MONITOREAR
2		CCBESBLAC1E2	EMEE		1120	1	168	MDDKECM	CRC004	CBM MEDICION AISLAMIENTO ...	MEDIR
3		CCBESBLAC1E2	EMEE		9120	1	168	MDDKPE	CETP01	MTTO PV SEMESTRAL CONT...	
4		CCBESBLAC1E2	IIDP		9055	1	56	MDDKIN	CIPI06	MTTO 60D CAMBIO PI DESC B...	INSPECCIONAR
5		CCBESBLAC1E2	MBTO		9020	1	112	MDDKME	CMBO11	MTTO CUATRIMESTRAL TENS...	INSPECCIONAR...
6		CCBESBLAC1E2	MBTO		9030	1	28	MDDKME	MECK33	MTTO MENSUAL BOMBA N°1 ...	INSPECCIONAR...

Fuente. MINCOM ELLIPSE. Software

5.2 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

El objetivo del estudio de tiempos conlleva al aseguramiento de la gestión del trabajo y fija la estrategia para optimizar los resultados, para ello se hace el ejercicio de dos maneras que finalmente llevan a lo mismo. La primera consiste en hablar con el personal técnico explicándoles que se va a hacer el estudio de tiempos y movimientos y para ello se les va a hacer acompañamiento de las actividades ejecutadas durante el día con cronometro en mano. Previamente se les explica que el propósito no es ser un policía, ni se va a cuestionar a nadie, sino por el contrario identificar las necesidades existentes para el mejoramiento del desarrollo de las actividades ejecutadas en campo y con ello ganamos en tranquilidad para que cada uno pueda dedicar más tiempo a sus asuntos personales, asegurar el bono riesgo recompensa y pasar más tiempo con sus familias, que es el motor que nos mueve a todos. Para ello previamente se desarrolla una encuesta sobre motivación, y lo que en resumidas cuentas todos queremos es, más plata y menos trabajo para poder disfrutar más tiempo con nuestras familias. Es importante transmitir confianza al personal para que actúen con naturalidad y no sientan presión, esto se percibe durante el desarrollo de la actividad, dado que es muy común que el técnico llame al auditor o analista, le muestra anomalías en el equipo, explica, da su punto de vista, fija necesidades y hace propuestas.

El segundo medio, también utilizado para el desarrollo del ejercicio consistió en analizar los históricos de tiempos reportados en el CMMS.

Finalmente los tiempos fueron cotejados, revisados y gestionados para el ajuste mediante el análisis de los tiempos más frecuentemente reportados en el sistema, ejecutando distintas personas la misma actividad. Evidenciando que hay una muy pequeña variación; entre el 4 y el 6%.

5.3 RESULTADOS GENERALES

De este análisis se identificaron los siguientes factores que influyen fuertemente en los resultados de la organización:

- Se evidencia el gusto en el personal por la labor contratada, ganas de trabajar y buena aptitud en el grupo.
- Personal capacitado y herramientas de ejecución y medición adecuadas.
- En la mayoría de los casos se pierde casi el 50% del tiempo laboral diario en los mencionados códigos de productividad, o también llamados tiempos muertos, cubriendo charlas de seguridad, permisos de trabajo, espera de materiales, espera de herramientas, desplazamientos de una estación a otra, tiempos interdisciplinarios (cuando un frente depende de otro para el desarrollo de la actividad específica) entre otros.
- Se evidencia que el personal realiza el mantenimiento preventivo de acuerdo con lo establecido en los procedimientos, y en algunos casos en el desarrollo del preventivo identifican fallas que se pueden catalogar como correctivas, se corrigen y se reportan con la orden de trabajo del mantenimiento preventivo.

- En órdenes de trabajo manuales, en algunos casos se identifica la atención de mantenimientos correctivos con código de estándares de trabajos generales, por ausencia de estándares de trabajo de equipos a condición, y aunque los procedimientos son consecuentes con la actividad ejecutada, se pierde la trazabilidad a la hora de hacer el análisis de costos.
- Se evidencia necesidad de repuestos a condición.
- Se evidencian condiciones locativas inadecuadas en taller, iluminación pobre y física como la prensa de anclaje donde se aseguran las bombas un poco inestables. Para la toma de run out en ejes, con solo apoyar un poco el cuerpo, el indicador de caratula arroja lecturas erróneas, produciendo reprocesos en la medición.

5.4 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS DE MEJORA

De acuerdo con los resultados del acompañamiento del personal, seguimiento y análisis de resultados del estudio de datos del CMMS, tiempos y movimientos se proponen las siguientes estrategias que fortalecerán las bases de la organización, incrementando la confiabilidad y aseguramiento del activo incrementando el OEE, el nivel de satisfacción del cliente, miembros de la organización y disminuyendo costos

1. Si bien es cierto que el personal muestra aptitud positiva, entusiasta y comprometida, el fortalecimiento de programas de capacitación aumentará el nivel de competencias haciendo que sea más eficiente y productivo, generando diagnósticos más precisos en menor tiempo, incrementando la autoconfianza y brindando un servicio de mejor calidad.

2. Para disminuir los tiempos muertos se deberá ajustar la sincronía de las rutinas entre frentes de trabajo, con el propósito de optimizar el número de intervenciones y/o paradas de equipos en la semana, de igual forma al estar los diferentes frentes de trabajo en el mismo sitio, se disminuirán los tiempos interdisciplinarios. Por otra parte se deberán incrementar las atenciones de los equipos por estación de bombeo, con esto se realizara un solo permiso de trabajo, y habrá un solo desplazamiento. Los repuestos deberán ser asegurados el día previo de la intervención.
3. Romper el paradigma en el personal de producción que todo tiene que ser inmediato. Para ello se diseña una matriz de priorización que deberá ser diligenciada en el formato, previo a la ejecución, firmada por el coordinador de producción y autorizada por el coordinador de mantenimiento, justificando los resultados de la desviación de los indicadores de gestión.
4. Generar conciencia y capacitar tanto al supervisor como al personal técnico acerca de la importancia de catalogar adecuadamente las ordenes de trabajo, generando cultura en el personal en que si a la hora de ejecutar el mantenimiento preventivo se identifican pequeñas fallas que se puedan corregir dentro del mismo trabajo y no impacten significativamente el tiempo estimado de la actividad, o implique recursos adicionales, se puede asegurar y reportar dentro de la misma orden de trabajo. Por ejemplo, primer escenario. Suponga que el personal va a ejecutar un mantenimiento preventivo a una bomba de servicio contraincendios, la carta de trabajo dice: Cambiar aceite a la caja de rodamientos, el procedimiento de la carta está debidamente organizado para el cambio de aceite al igual que el tiempo estimado y el personal identifica una fuga de agua leve por el prensa estopa, se ajusta un poco el cordón plumaginado y esta se detiene, este caso se puede reportar dentro del preventivo, bajo el principio de

preservación del activo, dado que no impacta tiempos ni recursos adicionales significativos. Suponga ahora un segundo escenario donde el personal identifica la misma falla e identifica que el cordón está en su límite y no permite más ajuste (requiere cambio de cordón, retirar preñse, volver a la zona industrial por el material, ensamblar y ajustar), aquí el personal deberá reportar al supervisor y generar una nueva Orden de trabajo catalogada como correctiva, y al cierre el supervisor deberá documentar los códigos de falla en el sistema, para que el personal de confiabilidad pueda tener un histórico real de fallas que permitan cuantificar, analizar los MTTR, evaluar las frecuencias de las rutinas y tomar decisiones, en extender o reducir la frecuencia de las intervenciones y con ello garantizar el inventario adecuado de repuestos.

5. Generar tantos estándares de trabajo a condición como sean necesarios, con esto se disminuirán significativamente los tiempos de elaboración de las ordenes de trabajo, optimizando los tiempos de planeación y asegurando que no se omitan pasos permitiendo que se alimente adecuadamente la base de datos, que posteriormente se denominaran históricos y permitirán que esos estándares sean analizados y facilitaran la toma de decisiones con el propósito de eliminar los correctivos.
6. La ausencia de repuestos es el resultado de una mala estrategia o de una baja gestión. Recordemos que sin repuestos no hay confiabilidad y es uno de los factores más delicados y cuestionados en una empresa, dado que implica costos en impuestos, custodia, dinero no rentando, presupuestos y credibilidad. He aquí la importancia del trabajo en equipo, planeación a corto y mediano plazo, 6 meses a 2 años respectivamente. Rutinas definidas sincronizadas que permitan cuantificar en el tiempo el número de intervenciones de mantenimiento preventivo por equipos. Datos estadísticos de fallas en repuestos a condición actualizados que permitan predecir el

número de intervenciones a realizar en el año, recomendaciones de CBM y seguimiento a los reportes emitidos por el personal de acuerdo a las fallas sensorialmente perceptibles y medidas. Para este punto es importante generar un efecto visual que permita priorizar los requerimientos en repuestos, por tanto se propone manejar tres formatos de reportes de distinto color: rojo, amarillo y verde; donde como en el semáforo los rojos indican que ha ocurrido una falla y se requiere el repuesto urgente, el amarillo indica una posible falla potencial y verde, indica que el equipo se encuentra en óptimas condiciones. Todos los reportes serán entregados al supervisor y a su vez el supervisor revisará, firmará y entregará al planeador quien también deberá firmar el reporte, previo a ser auditado por Ecopetrol. Los roles y funciones de cada cargo deben ser entregados, definidos, explicados y divulgados. Del mismo modo el flujo del trabajo de la organización debe ser graficados en un mapa de procesos visible para todos donde cada uno pueda entender su rol y posición dentro de la organización, de igual forma la idea es poder apreciar la importancia de su trabajo y la forma como puede llegar a afectar el proceso y los resultados.

7. Mejorar las condiciones locativas de las instalaciones, incrementa el valor del trabajador, permite organizar los equipos y herramientas por áreas, fortalece la seguridad evitando accidentes, reduce tiempos, y maximiza la calidad.

6. PROSPECTIVA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Constantemente se incrementan las competencias en el mercado, generando que día tras día se busquen nuevas estrategias que permitan ofrecer un valor adicional atractivo ante los ojos del cliente.

Para ello se desarrollan metodologías internacionales, en busca de la implementación del denominado mantenimiento clase mundo, que finalmente consiste en buscar la excelencia de todos los procesos. De allí nacen términos como él (TPM), -mantenimiento productivo total-, (TQC) –Control total de calidad- (JIT)- Método justo a tiempo, entre otros, con un factor común que consiste en establecer una metodología que permita optimizar los procesos, de forma tal que se pueda ejecutar más con el mínimo de los recursos, que el personal no se accidente, se sienta satisfecho, tranquilo y feliz; es posible lograr cuando se tiene la experiencia, se entiende el proceso, se tiene claridad en el concepto, y lo más importante ganas de salir adelante, se asegura la información para poder tomar decisiones en equipo, y en eso se fundamenta el análisis realizado en esta propuesta, permitiendo abrir la mente y ser llevado a un contexto real, que va fijando las pautas del buen desempeño y el desarrollo de la fuerza en pro de un beneficio común, donde se comparte la información a todo aquel que la necesita.

6.1 PROSPECTIVA ECONOMICA

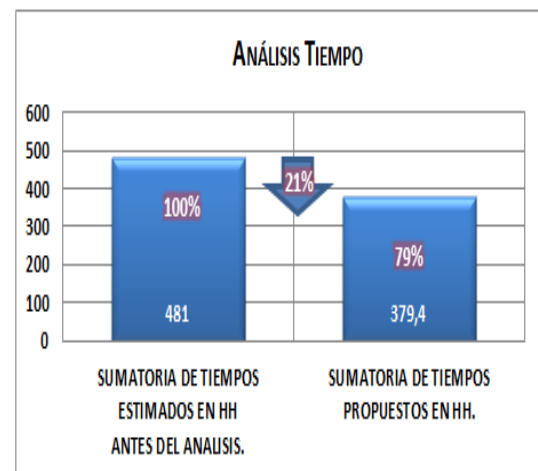
La prospectiva económica se fundamenta con el análisis financiero, donde se hace un paralelo entre los tiempos en horas hombre (HH), de lo actualmente existente

contra lo propuesto a partir del estudio realizado, (tiempos, movimientos y reunión de expertos).

De acuerdo con lo anterior ver **anexo A**, donde en la columna tiempo estimado antes del análisis, aparecen todos los tiempos con que se viene trabajando actualmente de acuerdo con los estándares de trabajo. Posteriormente se hace la sumatoria de los tiempos actuales para ser comparados contra la sumatoria de los tiempos propuestos en horas hombre donde se hace evidente una optimización del 21%. Ver cuadro 13.

Cuadro 13. Sumatoria de tiempos en HH

SUMATORIA DE TIEMPOS ESTIMADOS EN HH ANTES DEL ANALISIS.	SUMATORIA DE TIEMPOS PROPUESTOS EN HH.
481	379,4

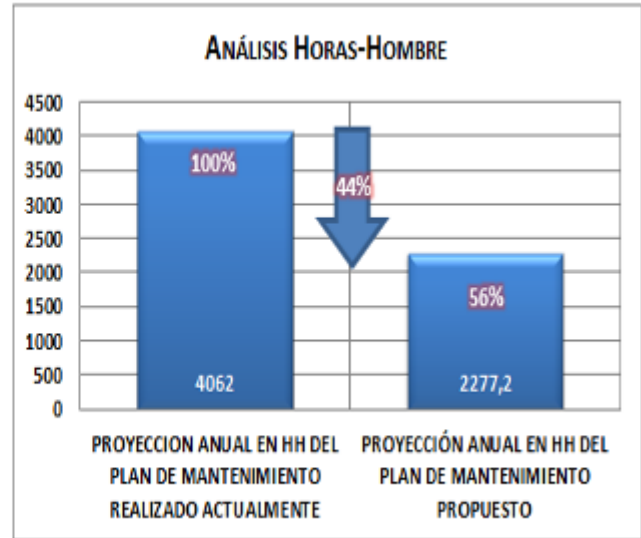


Fuente. Los autores

Así mismo, teniendo en cuenta los tiempos descritos anteriormente también se evaluó la frecuencia de intervención generando una proyección a un año de las horas hombre (HH) por equipo el cual arrojó el siguiente resultado ver cuadro 14.

Cuadro 14. Proyección anual en HH

PROYECCION ANUAL EN HH DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	PROYECCIÓN ANUAL EN HH DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
4062	2277,2



Fuente. Los autores

Que permite visualizar una reducción del 44% del resultado actual vs lo propuesto, es decir, que en términos económicos se podría establecer que si el costo Hora-Hombre hipotéticamente equivaliera a \$100 la reducción es de \$44 del costo del mantenimiento, de igual forma, este análisis permite garantizar la confiabilidad del activo aumentando la disponibilidad y disminuyendo los MTTR (tiempos medios entre reparación).

6.2 VIABILIDAD TECNICA

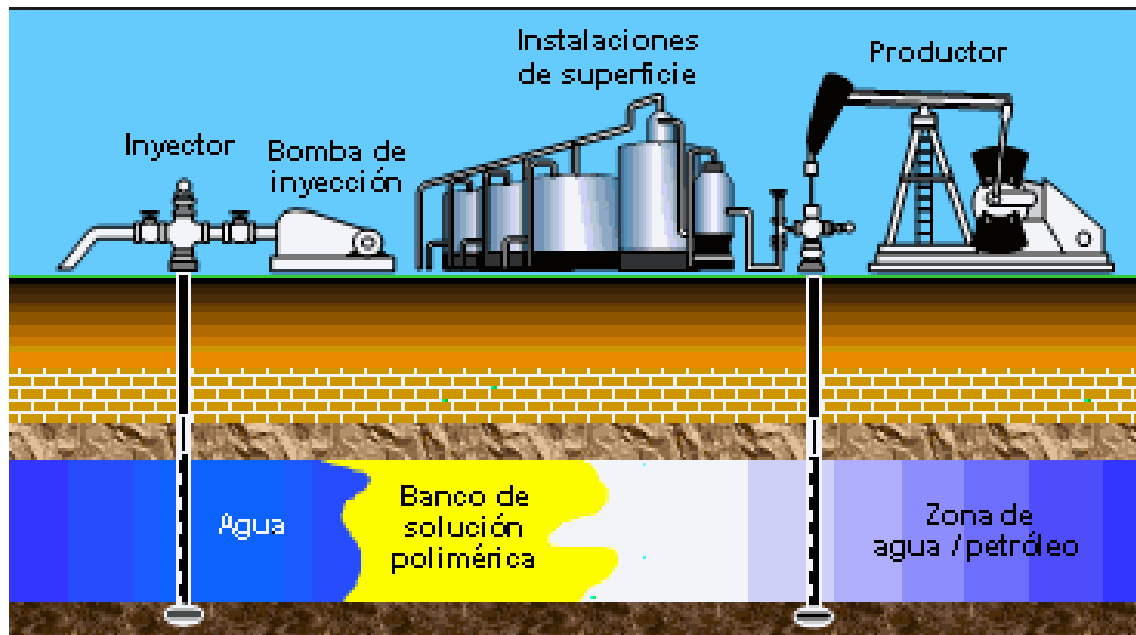
La viabilidad técnica se justifica en la medida que se tiene acceso a la información, como manuales de operación, partes y mantenimientos, brindando los medios para poder adquirir repuestos originales, garantizando la estandarización de los

equipos y empleando las metodologías adecuadas que garantizan la durabilidad del activo, donde en base a las curvas de eficiencia suministradas por el cliente es posible medir el comportamiento de los equipos, facilitando la toma de decisiones, por otra parte los procesos se han estandarizado en base a normas técnicas de equipos, que permiten conocer los rangos de ajustes, tolerancias, materiales y/o avances tecnológicos, alimentando bases de información que fijan estándares y modelos de buenas prácticas que permiten ser medidos y mejorados con el tiempo, ganando en términos de confiabilidad, minimizando costos y garantizando la tranquilidad de todo el personal, donde en la medida que los equipos funcionen bien, el personal asegura el bono riesgo recompensa y tiene más tiempo para compartir con sus familias.

6.3 VIABILIDAD AMBIENTAL

Ecopetrol es una empresa socialmente responsable con el ambiente, y las empresas contratistas en este caso como Confipetrol hacen parte de su grupo de colaboradores y aliados quienes tienen la misión de preservar el ambiente. Una forma de hacerlo es garantizando que todos sus equipos funcionen en óptimas condiciones, minimizando las fugas de crudo que puedan llegar a impactar sobre los ecosistemas, -flora, fauna ríos y/o recursos naturales-, minimizar los consumos de energía controlados en la medida que los equipos trabajan en el BEP –Punto de mejor eficiencia- y esto se logra como resultado del trabajo del departamento de mantenimiento e ingeniería.

Figura 30. Ciclo de recobro y recuperación secundaria de crudo



Fuente. Ecopetrol S.A.

Por otra parte, campo Casabe ejecuta los procesos de recobro de crudo a través de la extracción de agua de los pozos de captación en lugar de hacerlo con gas evitando tener que quemar el gas remanente, altamente contaminante, muy regulado por el estado.

Con esta práctica una vez extraída el agua de los pozos de captación a través de las bombas de sumidero, es mandada hacia la planta de inyección de agua (PIA), donde es inyectada a presión barriendo el crudo hacia el pozo productor, este proceso es denominado recuperación secundaria y es utilizado para extraer el crudo cuando el pozo pierde presión (recuperación primaria) (ver figura 30).

Una vez el crudo en la estación, inicia el proceso de separación de agua, lodos y arena a través del separador general, posteriormente al tratador y de allí un

porcentaje va a tanque y la otra parte al separador API, donde se abre el skimmer y por principio de vasos comunicantes pasa a las diferentes piscinas aeróbica, intermedia y oxidación donde el agua queda en la parte baja, el crudo en la superficie donde es recogido y mandado a tanque y el agua va al río.

Las bombas de sumidero son consideradas equipos críticos, por el gran impacto ambiental que podrían llegar a desencadenar, ante una determinada falla, he aquí la importancia de una buena estrategia de mantenimiento.

CONCLUSIONES

Al implementar las estrategias propuestas, se reducirán los tiempos del plan de mantenimiento propuesto anual en un 44%, permitiendo reducir costos en horas extras, garantizando el correcto desarrollo de los indicadores de gestión, obteniendo resultados económicamente favorables para todos los empleados y para la empresa (bono Riesgo-recompensa), más tiempo para compartir con sus familias al asegurarse la confiabilidad de los activos.

El cliente estará satisfecho al reducir los tiempos de paradas por mantenimiento en los equipos MTTR, (tiempos medios entre reparación) mayor producción.

Internamente se tendrá toda la información a la mano que facilitará la toma de decisiones y el aseguramiento de los repuestos críticos anticipadamente permitiendo analizar todos los modos, efectos y causas de falla presentes a partir de los mantenimientos correctivos y con ello afinar los tiempos medios entre fallas MTBF.

Al clasificar adecuadamente las órdenes de trabajo facilitará la trazabilidad del activo, para el aseguramiento de la información en el CMMS.

Al desarrollar un efecto visual en los reportes compromete y asegura en menor tiempo la corrección de posibles fallas presentes en equipos, además de permitir detectar fallas ocultas en menor tiempo.

Al implementar las 5S, además de generar un mejor aspecto visual se encontraran más rápido las herramientas, aumentando su vida útil y generando conciencia de almacenamiento de repuestos.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA Carlos, memoria clase principios de mantenimiento, especialización de gerencia de mantenimiento. UIS. Bucaramanga 2014.

FLOWSERVE, manual del curso fundamentos de bombas, ref. RHM-01, julio del 2008.

GARAVITO Edwin Alberto, memoria clase manufactura productiva, especialización de gerencia de mantenimiento. UIS. Bucaramanga 2014.

ING. SCHEIN Nahúm, presentación sobre la introducción a la selección de bombas y al diseño eficiente de sistemas de bombeo, Montevideo, Uruguay, noviembre 2013

VECINO ARENAS Carlos Enrique, fundamentos de ingeniería económica, Bucaramanga, UIS 2010.

ANEXOS

Anexo A. Parámetros de optimización de tiempos

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCIÓN (DIAS)	NUMERO DE INTTOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-COMPRESOR TALLER SUBSUELO	CBESUBCCOM01	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR TALLER SUBSUELO	CBESUBCCOM01	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR MOVIL UB	CCBECCOMUB01	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR MOVIL AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR MOVIL UB	CCBECCOMUB01	003	CMCA01	42,0	8,0	2,0	16,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR CONTRAINCENDIO	CCBECICCOM01	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR CONTRAINCENDIO	CCBECICCOM01	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR EQUIPO LIVIANO	CCBELCCOMP01	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR MOVIL AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR EQUIPO LIVIANO	CCBELCCOMP01	003	CMCA01	42,0	8,0	2,0	16,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCOCOMP	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-COMPRESOR PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCOCOMP	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR 1 ESTACIÓN 2	CCBEUCE2COM1	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR 1 ESTACIÓN 2	CCBEUCE2COM1	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR 2 ESTACIÓN 2	CCBEUCE2COM2	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR 2 ESTACIÓN 2	CCBEUCE2COM2	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR 1 ESTACIÓN 3	CCBEUCE3COM1	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR 1 ESTACIÓN 3	CCBEUCE3COM1	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR 2 ESTACIÓN 3	CCBEUCE3COM2	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR 2 ESTACIÓN 3	CCBEUCE3COM2	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
MOTOR-COMPRESOR 1 ESTACIÓN 4	CCBEUCE4COM1	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR 1 ESTACIÓN 4	CCBEUCE4COM1	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-COMPRESOR 2 ESTACIÓN 4	CCBEUCE4COM2	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
MOTOR-COMPRESOR 2 ESTACIÓN 4	CCBEUCE4COM2	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
COMPRESOR DE AIRE 1 PIA	CCBEUCINYC1	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
COMPRESOR DE AIRE 1 PIA	CCBEUCINYC1	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
COMPRESOR DE AIRE 2 PIA	CCBEUCINYC2	001	CMCA01	42,0	8,0	4,0	32,0	2,5	20,0	MTTO COMPRESOR AIRE IR
COMPRESOR DE AIRE 2 PIA	CCBEUCINYC2	003	CMCA01	42,0	8,0	1,0	8,0	0,3	2,4	TOMA DE ACEITE
SURTIDOR DE GASOLINA CORRIENTE 2	CCBEECOMBO2	001	MECK31	28	12,0	4,0	48,0	2,0	24,0	REVISAR SURTIDOR
SURTIDOR DE ACPM	CCBEECOMBO3	001	MECK31	28	12,0	4,0	48,0	2,0	24,0	REVISAR SURTIDOR
UNIDAD DE BOMBEO # 1 SISTE DESPACHO AGUA	CCBEPLAGBO01	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
UNIDAD DE BOMBEO # 2 SISTE DESPACHO AGUA	CCBEPLAGBO02	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR BOMBA 3 PTA AGUA CBE	CCBECPLAG03	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR-BOMBA P104A ESTACIÓN 2	CCBEE2BOC104	001	MECK52	28	12	0,5	6,0	1	12,0	RUTINA MENSUAL BOMBA BARNES

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA P104B ESTACIÓN 2	CCBEMBCET2E2	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR-BOMBA P104C ESTACIÓN 2	CCBEMBCET3E2	001	MECK52	28	12	0,5	6,0	1	12,0	RUTINA MENSUAL BOMBA BARNES
MOTOR-BOMBA P104A ESTACIÓN 3	CCBEMBCET1E3	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR-BOMBA P104B ESTACIÓN 3	CCBEMBCET2E3	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR-BOMBA P104C ESTACIÓN 3	CCBEMBCET3E3	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR-BOMBA P104A ESTACIÓN 4	CCBEE4BOB104	001	MECK52	28	12	0,5	6,0	1	12,0	RUTINA MENSUAL BOMBA BARNES
MOTOR-BOMBA P104B ESTACIÓN 4	CCBEMBCET2E4	001	EM0181	28	12,0	2,0	24,0	1,5	18,0	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO
MOTOR-BOMBA P104C ESTACIÓN 4	CCBEBCTR3E4	001	MECK52	28	12	0,5	6,0	1	12,0	RUTINA MENSUAL BOMBA BARNES
UNIDAD DE BOMBEO # 1 SISTE DESPACHO AGUA	CCBEPLAGBO01	001	MECK82	84	4,0	4,0	16,0	2,5	10,0	LUBRICAR BOMBA GOULDS
UNIDAD DE BOMBEO # 2 SISTE DESPACHO AGUA	CCBEPLAGBO02	001	MECK82	84	4	4,0	16,0	2,5	10,0	LUBRICAR BOMBA GOULDS
MOTOR BOMBA 3 PTA AGUA CBE	CCBECBPLAG03	001	MECK82	84	4,0	4,0	16,0	2,5	10,0	LUBRICAR BOMBA GOULDS

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	001	CMBO04	7,0	48,0	4,0	192,0	2,5	120,0	INSPECCION BOMBA MULTIETAPAS
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	001	CMBO04	7,0	48	4,0	192,0	2,5	120,0	INSPECCION BOMBA MULTIETAPAS
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	001	CMBO04	7,0	48,0	4,0	192,0	2,5	120,0	INSPECCION BOMBA MULTIETAPAS
MOTOR-BOMBA PIA P1002D	CCBEBO1002D	001	CMBO04	7,0	48,0	4,0	192,0	2,5	120,0	INSPECCION BOMBA MULTIETAPAS
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	001	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE COJINETE DE EMPUJE Y CHUMA
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	002	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE CHUMACERA INTERIOR
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	003	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	2,0	2,0	ALINEACIÓN DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	004	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	2,0	2,0	VERIFICACIÓN DEL CENTRO MAGNÉTICO
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	005	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE FILTROS
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	006	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR
MOTOR-BOMBA PIA P1002A	CCBEBO1002A	007	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	3,0	3,0	MANTENIMIENTO BOMBA DE PRELUBRICACIÓN

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCIÓN (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	001	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE COJINETE DE EMPUJE Y CHUMA
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	002	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE CHUMACERA INTERIOR
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	003	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	2,0	2,0	ALINEACIÓN DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	004	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	2,0	2,0	VERIFICACIÓN DEL CENTRO MAGNÉTICO
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	005	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE FILTROS
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	006	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	4,0	4,0	MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR
MOTOR-BOMBA PIA P1002B	CCBEBO1002B	007	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	MANTENIMIENTO BOMBA DE PRELUBRICACIÓN
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	001	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE COJINETE DE EMPUJE Y CHUMA
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	002	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE CHUMACERA INTERIOR
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	003	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	2,0	2,0	ALINEACIÓN DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	004	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	2,0	2,0	VERIFICACIÓN DEL CENTRO MAGNÉTICO

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	005	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	4,0	4,0	LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE FILTROS
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	006	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	007	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	MANTENIMIENTO BOMBA DE PRELUBRICACIÓN
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	001	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE COJINETE DE EMPUJE Y CHUMA
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	002	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	8,0	8,0	INSPECCIÓN DE CHUMACERA INTERIOR
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	003	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	2,0	2,0	ALINEACIÓN DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	004	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	2,0	2,0	VERIFICACIÓN DEL CENTRO MAGNÉTICO
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	005	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE FILTROS
MOTOR-BOMBA PIA P1001C	CCBEBO1001C	006	CMBO03	336,0	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR
MOTOR-BOMBA PIA P1002D	CCBEBO1002D	007	CMBO03	336,0	1	3,0	3,0	3,0	3,0	MANTENIMIENTO BOMBA DE PRELUBRICACIÓN
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 2	CCBESBLAC1E2	001	CMBO11	112	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	CHEQUEAR/TENSIONAR CORREAS BOMBAS

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 2	CCBESBLAC1E2	002	CMBO11	112	3,0	6,0	18,0	3,0	9,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 2	CCBESBLAC1E2	003	CMBO11	112	3	4,0	12,0	2,0	6,0	ALINIACION
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 2	CCBESBLAC2E2	001	CMBO11	112	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	CHEQUEAR/TENSIONAR CORREAS BOMBAS
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 2	CCBESBLAC2E2	002	CMBO11	112	3,0	6,0	18,0	3,0	9,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 2	CCBESBLAC2E2	003	CMBO11	112	3	4,0	12,0	2,0	6,0	ALINIACION
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 3	CCBESBLAC1E3	001	CMBO11	112	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	CHEQUEAR/TENSIONAR CORREAS BOMBAS
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 3	CCBESBLAC1E3	002	CMBO11	112	3,0	6,0	18,0	3,0	9,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 3	CCBESBLAC1E3	003	CMBO11	112	3	4,0	12,0	2,0	6,0	ALINIACION
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 3	CCBESBLAC2E3	001	CMBO11	112	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	CHEQUEAR/TENSIONAR CORREAS BOMBAS
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 3	CCBESBLAC2E3	002	CMBO11	112	3,0	6,0	18,0	3,0	9,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 3	CCBESBLAC2E3	003	CMBO11	112	3	4,0	12,0	2,0	6,0	ALINIACION

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 4	CCBESBLAC1E4	001	CMBO11	112	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	CHEQUEAR/TENSIONAR CORREAS BOMBAS
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 4	CCBESBLAC1E4	002	CMBO11	112	3,0	6,0	18,0	3,0	9,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
MOTOR-BOMBA P101A ESTACIÓN 4	CCBESBLAC1E4	003	CMBO11	112	3	4,0	12,0	2,0	6,0	ALINIACION
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 4	CCBESBLAC2E4	001	CMBO11	112	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	CHEQUEAR/TENSIONAR CORREAS BOMBAS
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 4	CCBESBLAC2E4	002	CMBO11	112	3,0	6,0	18,0	3,0	9,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
MOTOR-BOMBA P101B ESTACIÓN 4	CCBESBLAC2E4	003	CMBO11	112	3	4,0	12,0	2,0	6,0	ALINIACION
MOTOR-BOMBA P103 ESTACIÓN 2	CCBEE2BOC103	001	MECA14	84	4,0	1,5	6,0	2,5	10,0	INSPECCION TRIMESTRAL BOMBA ALWEILLER
MOTOR-BOMBA P103 ESTACIÓN 3	CCBEE3BOC103	001	MECA14	84	4,0	1,5	6,0	2,5	10,0	INSPECCION TRIMESTRAL BOMBA ALWEILLER
MOTOR-BOMBA P103A ESTACIÓN 4	CCBEBOP-103	001	MECA14	84	4	1,5	6,0	2,5	10,0	INSPECCION TRIMESTRAL BOMBA ALWEILLER
MOTOR-BOMBA P103B ESTACIÓN 4	CCBEE4BOC103	001	MECA14	84	4,0	1,5	6,0	2,5	10,0	INSPECCION TRIMESTRAL BOMBA ALWEILLER
MOTOR-BOMBA P105 ESTACIÓN 2	CCBECMBCIE2	001	MECK64	56	6,0	4,0	24,0	3,0	18,0	REVISION BOMBA AURORA SISTEMA CONTRAINCE

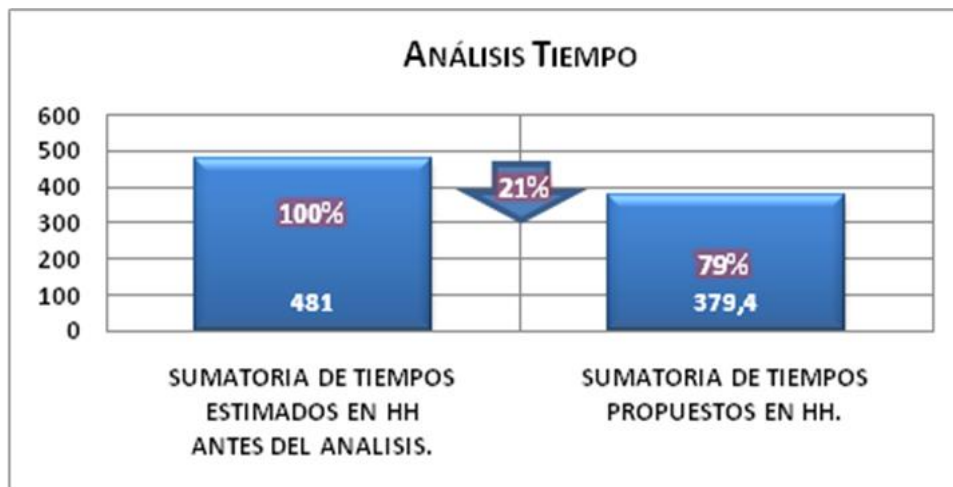
TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCIÓN (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA P105 ESTACIÓN 3	CCBECMBCIE3	001	MECK64	56	6	4,0	24,0	3,0	18,0	REVISION BOMBA AURORA SISTEMA CONTRAINCE
MOTOR-BOMBA P105 ESTACIÓN 4	CCBECMBCIE4	001	MECK64	56	6,0	4,0	24,0	3,0	18,0	REVISION BOMBA AURORA SISTEMA CONTRAINCE
MOTOR-BOMBA P106 ESTACIÓN 2	CCBEE2BOCSG	001	MECK90	84	4,0	6,0	24,0	2,5	10,0	REVISION BOMBA WORTHINGTON
MOTOR-BOMBA P107 ESTACIÓN 2	CCBEE2BOBTR	001	MECK90	84	4	6,0	24,0	2,5	10,0	REVISION BOMBA WORTHINGTON
MOTOR-BOMBA P106 ESTACIÓN 3	CCBEE3BOCSG	001	MECK90	84	4,0	6,0	24,0	2,5	10,0	REVISION BOMBA WORTHINGTON
MOTOR-BOMBA P107 ESTACIÓN 3	CCBEE3BOCTR	001	MECK90	84	4,0	6,0	24,0	2,5	10,0	REVISION BOMBA WORTHINGTON
MOTOR-BOMBA P408 ESTACIÓN 4	CCBEBOP-408	001	MECK90	84	4	6,0	24,0	2,5	10,0	REVISION BOMBA WORTHINGTON
MOTOR-BOMBA P409 ESTACIÓN 4	CCBEBOP-409	001	MECK90	84	4,0	6,0	24,0	2,5	10,0	REVISION BOMBA WORTHINGTON
MOTOR-BOMBA P411A ESTACIÓN 4	CCBEBOP-411A	001	MECA42	7	48,0	3,0	144,0	2,0	96,0	LIMPIEZA DE FILTRO BOMBA P-411
MOTOR-BOMBA P411B ESTACIÓN 4	CCBEBOP-411B	001	MECA42	7	48	3,0	144,0	2,0	96,0	LIMPIEZA DE FILTRO BOMBA P-411

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA 2 CENTRO RECOLECIION	CCBECRECCBO2	001	CMBO13	7	48,0	2,0	96,0	2,0	96,0	MTTO SEMANAL BOMBA 3171
MOTOR-BOMBA 2 CENTRO RECOLECIION	CCBECRECCBO2	002	CAPI02	84	4,0	2,0	8,0	2,0	8,0	MTTO TRIMENTRAL BOMBAS API P103A
MOTOR-BOMBA 2 CENTRO RECOLECIION	CCBECRECCBO2	003	CAPI02	84	4	2,0	8,0	3,0	12,0	LIMPIEZA DEL FILTRO DE SUCCIÓN
CONJUNTO MOTOR-BOMBA P09	CCBESBKBP09	001	MECK45	84	4,0	4,0	16,0	2,0	8,0	REVISIÓN BOMBA BYRON JACKSON P-09 E COND
MOTOR-BOMBA 1 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO1	001	MECK67	84	4,0	3,0	12,0	2,0	8,0	CAMBIO EMPAQUETA. VASTAGO GARDNER DEN
MOTOR-BOMBA 1 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO1	002	MECK67	84	4	1,0	4,0	1,5	6,0	ENGRASE RODAMIENTOS BOMBA GARDNER DENVÉ
MOTOR-BOMBA 1 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO1	003	MECK67	84	4,0	3,0	12,0	2,0	8,0	INSPECCION Y LIMPIEZA VALVULAS GARDNER
MOTOR-BOMBA 1 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO1	004	MECK67	84	4,0	3,0	12,0	3,0	12,0	TENSION Y ALINEACION CORREAS GARDNER D.
MOTOR-BOMBA 2 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO2	001	MECK67	84	4	3,0	12,0	2,0	8,0	CAMBIO EMPAQUETA. VASTAGO GARDNER DEN

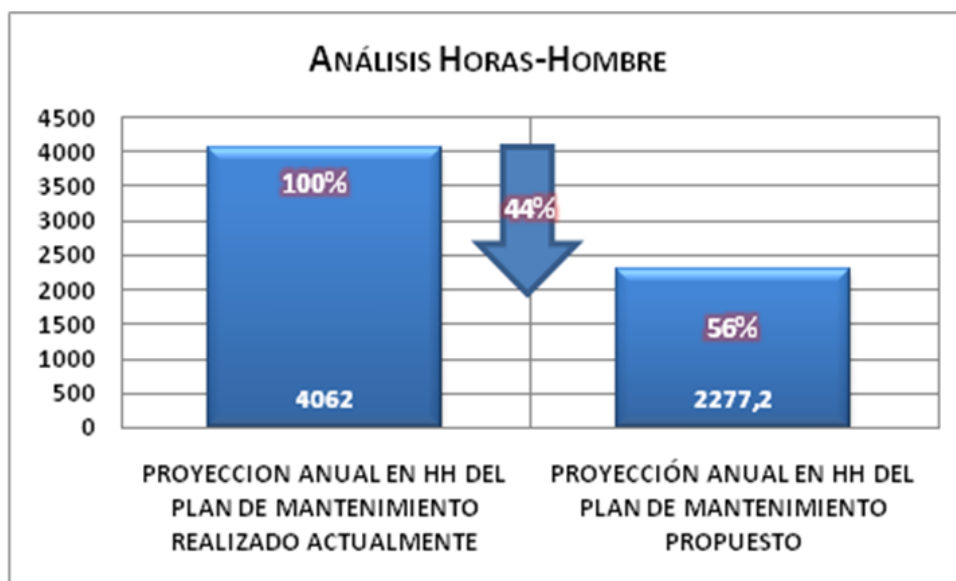
TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA 2 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO2	002	MECK67	84	4,0	1,0	4,0	1,5	6,0	ENGRASE RODAMIENTOS BOMBA GARDNER DENVE
MOTOR-BOMBA 2 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO2	003	MECK67	84	4,0	3,0	12,0	2,0	8,0	INSPECCION Y LIMPIEZA VALVULAS GARDNER
MOTOR-BOMBA 2 PEÑAS BLANCAS	CCBEPBCONBO2	004	MECK67	84	4	3,0	12,0	3,0	12,0	TENSION Y ALINEACION CORREAS GARDNER D.
PATIN DE MEDICION DINAMICA	CCBEEBCPM	001	MECK26	14,0	24,0	8,0	192,0	7,0	168,0	LIMPIEZA FILTROS BRAZOS PATIN MEDICION
MOTOR-BOMBA P01 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP01	001	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	4,0	8,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P01 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP01	002	MECK81	168,0	2	7,0	14,0	7,0	14,0	LIMPIEZA DEL FILTRO SUCCION
MOTOR-BOMBA P02 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP02	001	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	4,0	8,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P02 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP02	002	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	7,0	14,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P03 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP03	001	MECK81	168,0	2	7,0	14,0	4,0	8,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P03 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP03	002	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	7,0	14,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA

TAG	EQUIPO	TAREA	ESTANDAR JOB	FRECUENCIA DE INTERVENCION (DIAS)	NUMERO DE MITOS ANUALES	TIEMPO ESTIMADO ANTES DEL ANALISIS	INTERVENIDAS POR EQUIPO ANTES DEL ANALISIS	TIEMPO PROPUESTO	INTERVENIDAS POR EQUIPO DESPUÉS DEL ANALISIS	ACTIVIDAD
MOTOR-BOMBA P04 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP04	001	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	4,0	8,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P04 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP04	002	MECK81	168,0	2	7,0	14,0	7,0	14,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P05 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP05	001	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	4,0	8,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
MOTOR-BOMBA P05 ESTACIÓN CONDOR	CCBESBP05	002	MECK81	168,0	2,0	7,0	14,0	7,0	14,0	MANTENIMIENTO BOMBAS DE TRANSFERENCIA
SISTEMA CONTRAINCENDIO P-07B E CONDOR	CCBESBCI07B	001	CMSB16	84	4	8,0	32,0	7,0	28,0	MTTO DE 90D DEL MOTOR CUMMINS KTTA-19
SISTEMA CONTRAINCENDIO P-07E E CONDOR	CCBESBCI07E	001	CMSB16	84	4,0	8,0	32,0	7,0	28,0	MTTO DE 90D DEL MOTOR CUMMINS KTTA-19
SIST CONTRAINCENDIO BOMBA P08	CCBESBCI08	001	CMSB20	84	4,0	6,0	24,0	3,0	12,0	ENGRASAR BOMBA
UNIDAD GENERADORA DE ENERGIA	CCBEE5GE01	001	CEGAC3	7	48	20,0	960,0	2,5	120,0	PRUEBAS FUNCIONALES DEL GENERADOR.
						481,0	4062,0	379,4	2277,2	

SUMATORIA DE TIEMPOS ESTIMADOS EN HH ANTES DEL ANALISIS.	SUMATORIA DE TIEMPOS PROPUESTOS EN HH.
481	379,4



PROYECCION ANUAL EN HH DEL PLAN DE MANTENIMIENTO REALIZADO ACTUALMENTE	PROYECCIÓN ANUAL EN HH DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO
4062	2277,2



Anexo B. Normas aplicadas en equipos de bombeo según API

API Std 610. Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries, Eleventh Edition (ISO 13709:2009 Identical Adoption), Includes Errata (July 2011)

API Std 682 (R2011). Pumps-Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps, Third Edition (Printed Edition Includes binder) (Includes Errata)

API Std 674. Positive Displacement Pumps - Reciprocating

API Std 676. Positive Displacement Pumps-Rotary, Third Edition

API Std 675. Positive Displacement Pumps-Controlled Volume for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services, 3rd Edition

API Std 685. Sealless Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical, and Gas Industry Process Service, Second Edition

API Std 677 (R2010). General-Purpose Gear Units for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services, Third Edition

API Spec 11E. Specifications for Pumping Units, Nineteenth Edition

API Spec 11AX (R2012). Specification for Subsurface Sucker Rod Pumps and Fittings, Twelfth Edition, Includes Addendum (2011), Addendum 2 (2012)

API Spec 11E. Specifications for Pumping Units, Eighteenth Edition, Includes Errata (2009)

API Std 681 (R2010). Liquid Ring Vacuum Pumps and Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services, 1st Edition

API RP 11S (R2008). Recommended Practice for the Operation, Maintenance and Troubleshooting of Electric Submersible Pump Installations

API RP 934-C. Materials and Fabrication of 1 1/4Cr-1/2Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High-pressure

API Std 11D3. Progressing Cavity Pump Systems for Artificial Lift Surface-drive Systems, First Edition (ISO 15136-2:2006, Identical)

Anexo C. Normas aplicadas a equipos de bombeo bajo el estándar ISO

ISO 13709:2009 Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries

ISO 9908:1993 Technical specifications for centrifugal pumps -- Class III

ISO 21049:2004 Pumps -- Shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps

ISO/TR 17766:2005 Centrifugal pumps handling viscous liquids -- Performance corrections

ISO 12809:2011 Crop protection equipment -- Reciprocating positive displacement pumps and centrifugal pumps -- Test methods

ISO 2151:2004 Acoustics -- Noise test code for compressors and vacuum pumps -
- Engineering method (Grade 2)

ISO 24490:2005 Cryogenic vessels -- Pumps for cryogenic service

ISO 9906:2012 Rotodynamic pumps -- Hydraulic performance acceptance tests --
Grades 1, 2 and

ISO 2858:1975 End-suction centrifugal pumps (rating 16 bar) -- Designation,
nominal duty point and dimensions

ISO 3069:2000 End-suction centrifugal pumps -- Dimensions of cavities for
mechanical seals and for soft packing

ISO 3661:1977 End-suction centrifugal pumps -- Baseplate and installation dimensions

ISO 5198:1987 Centrifugal, mixed flow and axial pumps -- Code for hydraulic performance tests -- Precision

ISO 9905:1994 Technical specifications for centrifugal pumps -- Class I

ISO 5199:2002 Technical specifications for centrifugal pumps -- Class II

ISO 16330:2003 Reciprocating positive displacement pumps and pump units -- Technical requirement

ISO 13710:2004 Petroleum, petrochemical and natural gas industries -- Reciprocating positive displacement pumps

ISO 4409:2007 Hydraulic fluid power -- Positive-displacement pumps, motors and integral transmissions -- Methods of testing and presenting basic steady state performance

ISO 8426:2008 Hydraulic fluid power -- Positive displacement pumps and motors -- Determination of derived capacity

ISO 12809:2011 Crop protection equipment -- Reciprocating positive displacement pumps and centrifugal pumps -- Test methods

ISO 10767-1:1996 Hydraulic fluid power -- Determination of pressure ripple levels generated in systems and components -- Part 1: Precision method for pumps

ISO 17559:2003 Hydraulic fluid power -- Electrically controlled hydraulic pumps -- Test methods to determine performance characteristics

ISO 2151:2004 Acoustics -- Noise test code for compressors and vacuum pumps -
- Engineering method (Grade 2)

ISO 17769-2:2012 Liquid pumps and installation -- General terms, definitions, quantities, letter symbols and units -- Part 2: Pumping system

ISO 17769-1:2012 Liquid pumps and installation -- General terms, definitions, quantities, letter symbols and units -- Part 1: Liquid pumps

ISO 14847:1999 Rotary positive displacement pumps -- Technical requirements

ISO 21360-2:2012 Vacuum technology -- Standard methods for measuring vacuum-pump performance -- Part 2: Positive displacement vacuum pumps

Anexo D. Normas americanas aplicadas a equipos de bombeo

NFPA 20.

Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection

ASME/ASTM

Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process
(B73.1 - 2012)

Hydraulic Turbines and Pump-Turbines (PTC 18 - 2011)

Guidance for ASME EA-2, Energy Assessment for Pumping Systems [ANSI
designation: ASME TR EA-2G-2010] (EA-2G - 2010)

Energy Assessment for Pumping Systems (EA-2 - 2009)

Specifications for Vertical In-Line Centrifugal Pumps for Chemical Process (B73.2 -
2003)

Specification for Sealless Horizontal End Suction Metallic Centrifugal Pumps for
Chemical Process (B73.3 - 2003)

Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process
(B73.1 - 2001)

Thermoplastic/Thermoset Polymer Material Horizontal End Suction Centrifugal Pumps Chemical Process (B73.5M - 1995)

Centrifugal Pumps (PTC 8.2 - 1990)

Displacement Compressors, Vacuum Pumps And Blowers (PTC 9 - 1970)

Anexo E. Normas aplicadas a equipos de bombeo según ANSI / HI (Hydraulic Institute)

Rotodynamic (Centrifugal) Pumps for Nomenclature and Definitions – 2008

Rotodynamic (Centrifugal) Pumps for Design and Application – 2009

Rotodynamic (Centrifugal) Pumps for Manuals Describing Installation, Operation, and Maintenance – 2010

Rotodynamic (Vertical) Pumps for Nomenclature and Definitions – 2008

Rotodynamic (Vertical) Pumps for Design and Application – 2008

Rotodynamic (Vertical) Pumps for Manuals Describing Installation, Operation, and Maintenance – 2008

Rotary Pumps for Nomenclature, Definitions, Application and Operation – 2008

Rotary Pump Tests – 2010

Sealless, Mechanically Driven Rotary Pumps for Nomenclature, Definitions, Application, and Operation – 2010

Sealless Rotodynamic Pumps for Nomenclature, Definitions, Application, Operation, and Test – 2010

Reciprocating Power Pumps for Nomenclature, Definitions, Application, and Operation – 2000

Reciprocating Pump Tests – 2000

Controlled-Volume Metering Pumps for Nomenclature, Definitions, Application, and Operation – 2006

Controlled-Volume Metering Pumps for Test - 2012

Direct Acting (Steam) Pumps for Nomenclature, Definitions, Application, and Operation – 2000

Pumps - General Guidelines for Types, Definitions, Application, Sound Measurement and Decontamination – 2000

Rotodynamic Pumps Guideline for NPSH Margin – 2012

Rotodynamic Pumps for Assessment of Applied Nozzle Loads – 2011

Rotodynamic (Centrifugal and Vertical) Pumps - Guideline for Allowable Operating Region – 2012

Rotodynamic Pumps for Vibration Measurement and Allowable Values – 2009

Rotodynamic (Centrifugal and Vertical) Pumps Guideline for Condition Monitoring – 2009

Rotodynamic Pumps for Pump Piping – 2009

Effects of Liquid Viscosity on Rotodynamic (Centrifugal and Vertical) Pump Performance – 2010

Intake Design for Rotodynamic Pumps – 2012

Air-Operated Pumps for Nomenclature, Definitions, Application and Operation – 2010

Air-Operated Pump Tests – 2010

Rotodynamic Submersible Pumps for Hydraulic Performance, Hydrostatic Pressure, Mechanical, and Electrical Acceptance Tests – 2011

Rotodynamic (Centrifugal) Slurry Pumps for Nomenclature, Definitions, Applications, and Operation – 2011

Rotodynamic Pumps for Hydraulic Performance Acceptance Tests – 2011

Rotodynamic (Centrifugal and Vertical) Pump Efficiency Prediction – 2010

Electronic Data Exchange for Pumping Equipment – 2010