

Modificación de tiempos en el mantenimiento de un motocompresor

Ing. Víctor Hugo Pozzo
Gas del Estado

INTRODUCCION

El presente trabajo consiste en la modificación en los tiempos de ejecución del mantenimiento preventivo de 18000 Hs. de un motocompresor CLARK TLA 6, instalado en una Planta compresora de gas natural, mediante una ordenada y racional planificación del mismo.

La necesidad en la modificación de dicho mantenimiento surge de la siguiente premisa: Cumplidas las 18000 Hs. de funcionamiento del equipo y teniendo en cuenta las necesidades actuales del transporte de gas, la máquina no puede salir de servicio durante un tiempo prolongado por ser reserva de los otros cuatro motocompresores en marcha.

En esta Planta hay montados cinco motocompresores de iguales características, de los cuales cuatro están en servicio comprimiendo/bombeando gas y el quinto en reserva. Esta condición es más comprometida en la temporada invernal cuando se debe incrementar el transporte cerrando espacios nocivos en los cilindros compresores.

Esta exigencia en el uso de las máquinas hace que se acumulen rápidamente horas de marcha y

cuando en cualquiera de ellas se cumplen las 18000 Hs. de funcionamiento se plantea el requerimiento de llevar a cabo dicho mantenimiento preventivo en el menor tiempo posible, para volver a contar rápidamente con una reserva confiable.

Normalmente un mantenimiento de 18000 Hs. de un motocompresor se realiza en un mes de trabajo continuo con la máquina fuera de servicio.

El objetivo de este trabajo técnico es programar las tareas para hacer el mantenimiento de las partes más comprometidas del equipo prácticamente en dos semanas de trabajo ininterrumpido y el resto en días sucesivos dejando la máquina en reserva al fin de cada jornada.

Como técnica de programación se utilizará el Método del Camino Crítico (CPM) el cual permite visualizar gráficamente no sólo tiempos, sino las tareas o actividades críticas a las cuales prestar mayor atención durante su ejecución. También es objeto mostrar que este método puede ser utilizado para planificar el mantenimiento de cualquier equipo.

Para una mejor comprensión del trabajo expuesto, el mismo se divide en dos partes:

A) Breve descripción del motocompresor, sus partes y principio de funcionamiento. Esto posibilitará interpretar en que consiste la máquina, cuales son sus puntos más importantes o piezas en particular donde en el mantenimiento se les presta mayor atención; y entender con más claridad el desarrollo de las tareas programadas.

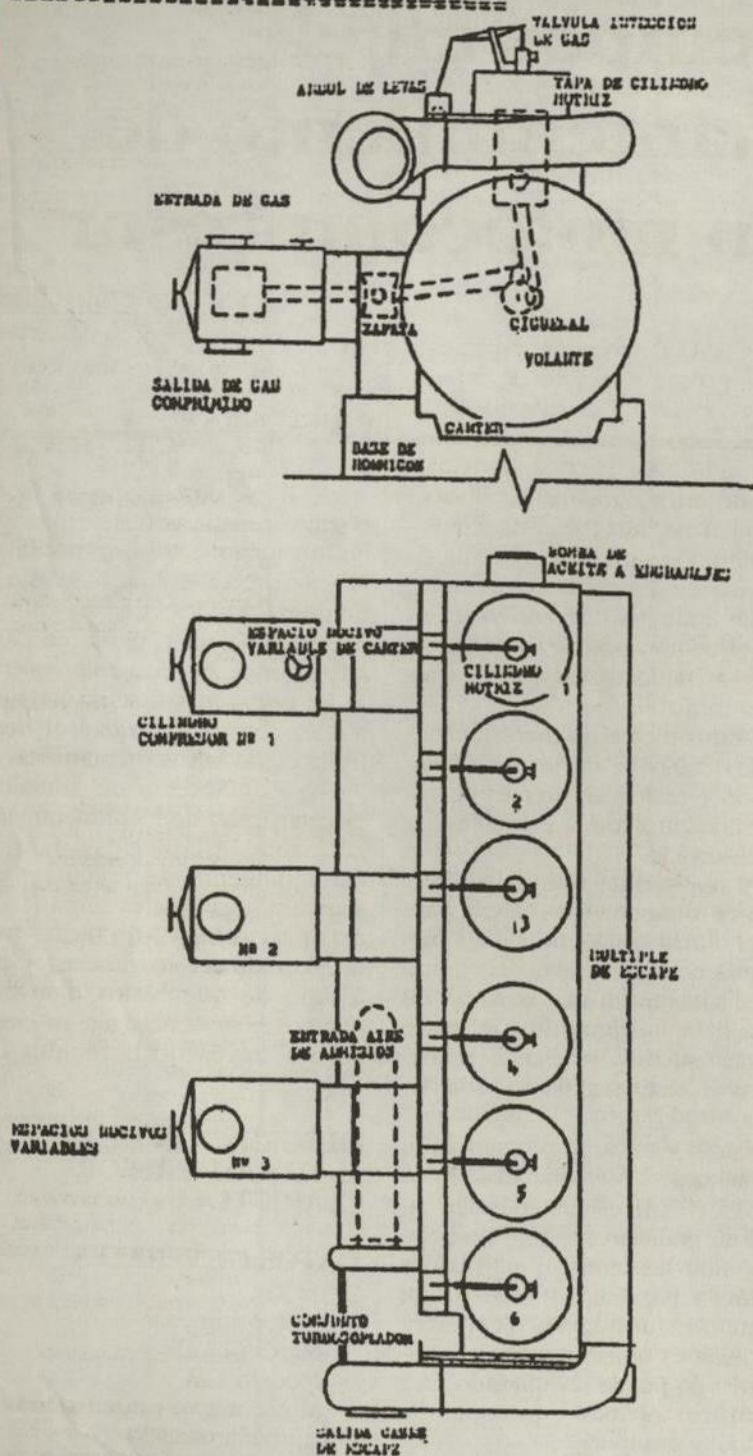
B) Planificación del trabajo a ejecutar, mostrando primeramente las pautas establecidas para un mantenimiento de 18000 Hs. En segundo lugar cuales serán las tareas para cumplir con dichas pautas (Listado de actividades) y por último de que forma distribuir tiempos y personal para su ejecución a través de la técnica del CPM.

DESCRIPCION DE UN MOTOCOMPRESOR CLARK TLA 6

DATOS GENERALES

Motocompresor:
Marca CLARK
Modelo TLA 6
Motor a gas natural dos tiempos turboalimentado.
Potencia máxima 2000 HP a 300 rpm.
Velocidad de régimen 300 rpm.

ESQUEMA MOTOCOMPRESOR CLARK TIA 6



Seis cilindros motrices en línea dispuestos en forma vertical.

Tres cilindros compresores de doble efecto, en línea dispuestos en forma horizontal.

Cigüeñal de pares opuestos montado sobre nueve bancadas.

Combustible: Gas natural de línea a 1,5 kg/cm² en colector entrada a válvula de inyección de gas.

Refrigeración: Circuito cerrado de agua con anti-incrustante. El circuito es común a los cinco motocompresores montados en Planta.

Lubricación: Bomba de aceite a engranajes. El circuito incluye filtro autolimpiante ubicado después de la bomba. Filtro de paso total con cartuchos cambiables ubicado después del filtro autolimpiante.

Conjunto de lubricadores a émbolo para cilindros motrices y compresores, accionados por transmisión desde el cigüeñal.

Turbosoplador o turboalimentador: Arranque inicial por transmisión a cadena desde el cigüeñal, sustentado posteriormente por los gases de escape.

Posee un eje principal con dos turbinas en tándem para impulsión en un extremo y en el otro una rueda centrífuga para compresión del aire de barrido.

Velocidad de trabajo 8000 a 8500 rpm.

Presión aire de barrido 19 a 20 pulg. col. de Hg.

Sistema de encendido: Magneto marca Bendix y doble bobina con doble bujía en cada cilindro.

En el esquema que se adjunta se puede observar que hay dos partes bien definidas funcionalmente: el MOTOR (en forma vertical) de seis cilindros y el COMPRESOR alternativo (en forma horizontal) con tres pistones de doble efecto. Ambas partes del motocompresor se encuentran cinemáticamente vinculadas por un elemento común, el cigüeñal. Esta pieza (junto con sus apoyos o bancadas) es la que mayor consideración se le brinda en el mantenimiento preventivo.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La máquina arranca con el suministro de aire a 17 Kg/cm² de presión en las cabezas de los pistones, mientras se inyecta gas combustible a través de las válvulas de inyección ubicadas una en cada tapa de cilindro motriz, y se habilita a la vez con un interruptor manual el encendido a través del magneto.

En el arranque los cilindros compresores están descargados con sus válvulas de entrada y salida cerradas.

La inyección de aire se corta cuando el motor alcanza el régimen de vueltas y la presión de aire de barrido suficiente (5" col. Hg.) para sustentarse. En ese lapso el turbosoplador es accionado mecánicamente por una transmisión a cadena desde el cigüeñal.

Cuando la máquina ya es capaz de mantenerse, los gases de escape que pasan del múltiple al codo de escape y a la turbina del turbosoplador, por variación entálpica mueven a esta y por consiguiente al compresor centrífugo de una sola rueda para generar el aire de barrido.

Alcanzada esa velocidad el turbosoplador se desacopla de la transmisión a cadena por un sistema de cupla hidráulica moviéndose únicamente por los gases de escape del motor.

El aire comprimido por la rueda centrífuga pasa por seis enfriadores de aire de barrido (trabajan con agua del circuito de refrigeración), e ingresa por las lumbreras de admisión a los cilindros del motor.

Recién cuando el motocompresor alcanzó las 300rpm y la temperatura de trabajo se procede a cargar los cilindros compresores abriendo las válvulas de salida y entrada de gas (en ese orden). De este modo el equipo ingresa a trabajar en paralelo en el circuito de compresión de gas de la Planta.

La velocidad del mismo es gobernada de acuerdo a las necesi-

dades de la carga por un regulador que actúa sobre la válvula de entrada de gas combustible.

Cada pistón compresor es accionado por una biela compresora desde el cigüeñal, vinculada con un vástago a través de una zapata de desplazamiento horizontal y asientos de metal blanco desmontables. Sobre cada vástago existen dos tipos de empaquetaduras, una del lado cilindro comp. para evitar fugas de gas y la otra sobre el lado zapata para evitar pérdidas de aceite del carter.

Los tres cilindros compresores poseen espacios nocivos de cabeza tipo ON-OFF y el cilindro nro. 1 un espacio nocivo ON-OFF sobre el lado zapata. Estos espacios cerrados permiten aumentar la capacidad de bombeo de cada equipo.

PLANIFICACION DEL MANTENIMIENTO

A continuación se detallan:

1ro.) Pautas de mantenimiento preventivo 18000 Hs. del motocompresor. Es el listado completo de todas las tareas preestablecidas que se le deben hacer al equipo en este mantenimiento, con su correspondiente código para computación.

2) Planificación de las diversas tareas para la ejecución de este mantenimiento.

Como se hizo mención en la parte introductoria, un mantenimiento de 18000 Hs. se realiza normalmente en un mes de trabajo continuo con la máquina totalmente desarmada. A los efectos de poder ejecutarlo según la idea de este trabajo en tan solo dos semanas con el equipo fuera de servicio y luego en días sucesivos con el motocompresor en reserva, se prevén los siguientes tópicos:

a) Una planificación ordenada de las diversas tareas con un seguimiento preciso de como se van desarrollando los trabajos permite

Pautas - Mantenimiento preventivo 18000 hs. Motocomp. Clarc	
Codificación Tareas	Descripción tareas Subtareas
007-01	Revisar sistema de encendido.
007-02	Rev. válv. iny. gas.
007-03	Controlar lubricadores
007-04	Eliminar pérdidas de agua y aceite.
007-05	Tomar parámetros mecánicos.
007-06-07-08	Códigos de reserva.
007-09	Revisar automáticos de seguridad. Rev. flexión cigüeñal y pto. inyección de gas.
007-10	Tomar deflexión vástago compresor.
007-11	Rev. venteo del carter y filtro de aire.
007-12	Rev. puntuales nivelación y cuñas parte compres.
007-13	Códigos de reserva.
007-14-15-16	Rev. lubricad., reductor y filtro autolimpiante.
007-17	Rev. huelgos perno, zapata y espacio nocivo.
007-18	Rev. válv. iny. gas, aire arranque y válv. buzo.
007-19	Cambio de aceite y limp. regulador.
007-20	Rev. huelgos cojin. bancadas, bielas y pernos.
007-21	Códigos de reserva.
007-22-23-24	Control y medición cilind. y pistones compres.
007-25	Rev. turbosoplador, enfriad. aire y by-pass turb.
007-26	Rev. engranajes y cadenas.
007-27	Códigos de reserva.
007-28-29-30	Por evaluación de parámetros mecánicos efectuar los cambios necesarios.
007-31	Rev. bomba aceite y limpiar intercambiador agua aceite.
007-32	Limp. depósito sedimentarios en semiblock sup.
007-33	Desmontar tapas de cilindros y descarbonizar camisas.
007-34	Códigos de reserva.
007-35-36-37	Desmontar cojinetes árbol de levas y botadores. Tomar huelgos.
007-38	Códigos de reserva.
007-39-40	Desmontar movimientos motrices, compresores y sistemas auxiliares.
007-41	Medir elementos movimiento motriz y compresor.
007-42	Medir los muñones de bielas y bancadas.
007-43	Montar los movimientos y sist. auxiliares.
007-44	Puesta en marcha, ajustes pintura.
007-45	Rev. caja mandos, limp. filtro flujo total, control tuercas pieza de distancia.
007-46	Códigos de reserva.
007-47-48	

PLANIFICACION DEL MANTENIMIENTO LISTADO DE ACTIVIDADES

Código	Descripción de tareas	Personal afectado	Horas parciales	Horas totales
	Primer día			
A1	Desmontaje de tapas laterales carter motor, magneto, cajas lubricad., reductor y regulador velocidad. Verif. pérdida agua al carter	4	2	8
A2	Desalojo agua refriger. y aceite de la máquina. Desmont. cubre volante, codos de agua, codos aire arranque, válvulas de gas y aire de arranque. Desmont. sistema de encendido.	5	2	10
A3	Desmont. tapas cilind. motrices y puntos lubricación camisas mot. Limpieza parte superior de la máquina.	4	4	16
A4	Desmont. boquillas agua refriger. camisas. Limpieza cámara agua semiblock superior.	3	2	6
A5	Toma de flexión cigüeñal, de huelgos cojinetes de bancada y de bielas motrices.	3	3	9
A6	Inicio recuperación cajas lubricad. en taller.	1	10	10
A7	Desmont. tapas bielas mot. y embudos aceite.	2	3	6
	Segundo día			
A8	Desmontaje y retiro de pistones motrices.	3	6	18
A9	Limpieza y cambio elementos filtrantes al filtro de flujo total.	2	3	6
A10	Desmontaje aros motrices. Inicio de medición y limpieza.	2	2	2
A11	Continuación trabajos sobre cajas lubricad.	2	11	22
	Tercer día			
A12	Desmontaje camisas motrices y transporte.	4	8	32
A13	Limpieza de carter de la máquina.	2	2	4
B14	Desarme de pie bielas compres. Control.	3	3	9
A15	Cont. trabajos cajas lubric. Inicio limp. de aros motrices.	2	10	20
A16	Inicio limpieza mecánica camisa motrices.	3	3	9
	Cuarto día			
A17	Cont. limpieza camisas motrices.	3	11	33
A18	Finaliz. limpieza aros. Cont. trabajos en cajas de lubricadores. Inicio desarme caja engranajes de mando.	3	11	33
A19	Inicio de trabajos sobre cojinetes bancadas.	3	11	33
	Quinto día			
A20	Fin. limp. camisas. Inicio medición y contr.	3	6	18
A21	Cont. trabajos cojinetes bancadas. Cambio de un cojinete. Rasquetado en asentamiento.	3	11	33
A22	Cont. limp. distintas piezas. Cambio rodamiento caja de mandos. Inicio medición aros motrices. Revisión de cajas reductoras.	3	11	33

Código	Descripción de tareas	Personal afectado	Horas parciales	Horas totales
A23	Inicio cambio de faldones dos pistones motrices previamente preparados.	3	4	12
	Sexto día			
A24	Cont. cambio faldones pistones. Cambio de pernos pistón y bujes ojo de biela.	3	11	33
A25	Inicio armado caja mandos, cajas lubricad. Control y limp. cadena de distribución.	3	11	33
A26	Fin trabajos en cojinetes bancadas. Toma flexión cigüeñal. Colocación embudos aceite. Medición muñones biela del cigüeñal.	3	11	33
	Séptimo día			
A27	Limpieza pistones restantes. Montaje de aros. Medición de pistones.	3	11	33
A28	Fin armado caja de mandos y cajas lubricad.	3	11	33
A29	Fin trabajos medición camisas. Preparación anillos sellos p/camisas. Inicio prueba hidráulica de las mismas.	3	11	33
	Octavo día			
A30	Cont. prueba hidráulica camisas. Inicio armado y montaje de las mimas.	4	9	36
A31	Fin medición pistones. Medición luz de aros.	2	2	4
B32	Inicio trabajos control cojinetes bielas compresoras. Reemplazo de un cojinete.	2	11	22
A33	Recuperación válvulas de aire arranque.	1	11	11
	Noveno día			
A34	Fin montaje camisas motrices. Colocación boquillas p/agua refrigeración.	4	10	40
B35	Fin trabajos sobre cojinetes bielas compres. Armado de bielas comp.	2	8	16
C36	Desmontaje tapa de turbosoplador. Control de cojinetes componentes.	2	11	22
A37	Fin recuper. válvulas aire de arranque.	1	10	10
	Décimo día			
A38	Inicio montaje pistones mot. Colocación tapas de bielas.	4	11	44
C39	Control acople hidráulico y bomba aceite turbosoplador. Medición huelgos cojinetes.	2	10	20
A40	Control cadena de mando, tensor y engranajes. Montaje cajas lubricación, cajas reduct., regulador velocidad, caja y cadena de mando.	3	11	33
	Undécimo día			
A41	Armado de puntos lubricación camisas. Montaje tapas de cilindros motrices.	3	7	21
C42	Fin armado turbosoplador. Incluye colocación cadena de distribución.	2	4	8
A43	Desmontaje tapas árbol de levas. Desarme y control cojinetes y válvulas de aire en tapas.	2	4	8
A44	Control válv. buzo gas comb., pernos fijación volante y sistema parada de emergencia.	1	3	3

Código	Descripción de tareas	Personal afectado	Horas parciales	Horas totales
A45	Fabricación juntas para tapas árbol de levas.	1	3	3
A46	Recuperación magnetos y calibración bujías.	1	3	3
A47	Toma de flexión cigüeñal con pistones mot. y bielas comp. Toma de huelgos de bancadas cigüeñal, pernos y bielas motrices.	3	3	9
Duodécimo día				
A48	Desmont. bomba aceite y reempl. por otra recuperada.	3	4	12
A49	Cont. trabajos sobre cojinetes árbol de levas.	2	11	22
A50	Montaje válv. aire de arranque, válv. inyecc. gas, codos de agua en la parte superior máq.	2	8	16
Décimotercer día				
A51	Fin trabajos árbol de levas. Montaje codos aire.	2	6	12
A52	Montaje tapas semicarater superior. Habilitación agua refing. para control de pérdidas.	2	3	6
A53	Limpieza carter inferior.	2	2	4
A54	Colocar magneto, bujías, bobinas y cubre volante. Puesta a punto de la máquina.	2	3	6
A55	Cargar aceite a la máquina.	1	2	2
A56	Control general. Prelubricar y arrancar la máquina. Control parámetros mecánicos.	3	1	3
El resto de las tareas faltantes se hacen en días sucesivos con una jornada de trabajo promedio de 12 horas dejando en servicio el equipo al término de la misma.				
Trabajos sobre cilindro compresor N°1				
B57	Desmontaje tapa de cilindro compresor (espacio nocivo) Retiro de tapas laterales, pieza portazapata y tapas inspección pieza de distancia. Desarme de pistón compresor y vástago. Desarme de tapas válv. entrada y salida de gas. Desconexión puntos de lubricación. Retiro de empaquetaduras de gas y aceite.			
B58	Medición de pistón comp. y camisa de cilindro comp.			
B59	Limpieza y control de cajas de válvulas.			
B60	Reemplazo de elementos necesarios. Cambio de aros comp. Montaje de empaquetaduras (preparadas con anterioridad). Montaje de pistón y vástago. Control de ajuste de pieza de distancia, perno y buje de cruceta. Control de distancia espacio nocivo. Armado de puntos de lubric. Ajuste de pistón. Armado de tapa de cilindro y tapas de válvulas. Cantidad global de horas insumidas: 60 Hs/día.			
B61 a B64	Trabajos sobre cilindro compresor N°2 Idem anterior. Tiempo estimado: 60 Hs/día.			
B65 a B68	Trabajos sobre cilindro compresor N°3 Idem anterior. Tiempo estimado: 60 Hs/día.			
Trabajos complementarios				
C69	Control By-Pass turbina turbosoplador.			
D70	Control de cuñas y puntales soporte de colector gas de salida y cilindros compresores.			
D71	Control de válv. Garret de sobrepresión de gas.			
A72	Desarme de filtro autolimpiante, limpieza y rearmado.			
A73	Desmontaje de enfriadores aire de barrido y reemplazo por otros preparados. Armado de los mismos.			
D74	Limpieza de filtro de aire aspiración.			
D75	Limpieza general de la máquina.			
D76	Puesta en marcha y control de pérdidas.			
D77	Pintura de motocompresor. Cantidad global de horas insumidas: 170 Hs			
Cantidad total de horas insumidas: 1328 Horas.				

ahorrar tiempos inútiles. Para ellos nos valemos de la programación por el método del Camino Crítico.

b) Incremento en la dotación del personal ejecutor. En este caso se preve la cantidad de diez personas lo que permite organizar grupos de trabajo que puedan realizar tareas en forma simultánea. Por supuesto, esto trae aparejado una mayor carga de horas en las primeras dos semanas.

c) Los tiempos y distribución de personal son estimados, extraídos por experiencia de mantenimientos anteriores.

Con el objeto de contemplar imprevistos se suponen las condiciones más desfavorables, tal como el recambio de varias piezas, estimado por el historial de la máquina.

De acuerdo a dicho historial pueden estar próximos al recambio ciertos elementos por encontrarse en sus medidas máximas o mínimas admisibles.

Aunque no sea necesario cambiarlos (dado que en el momento de desarme del equipo y medición de los mismo estén dentro de tolerancias), para este trabajo se supone como un hecho inevitable el reemplazo de tales piezas.

Por ejemplo se cambiarían los faldones de dos pistones motrices y sus pernos de biela, un cojinete de bancada, un cojinete de biela compresora, dos cojinetes de árbol de levas, los cojinetes del eje principal del turbosoplador, reemplazo de bomba de aceite y cambio de todos los rodamientos de la caja de mandos.

d) Preparación previa de los siguientes elementos: una bomba de aceite totalmente recuperada; un jugo de válv. de inyección de gas para reemplazar al existente; faldones de pistones motrices torneados sobremedida para posterior ajuste definitivo; un juego de empaquetaduras de gas y otro de aceite para la parte compresora, previa medición de los vástagos compresores; seis enfriadores de aire de barrido.

CAMINO CRITICO

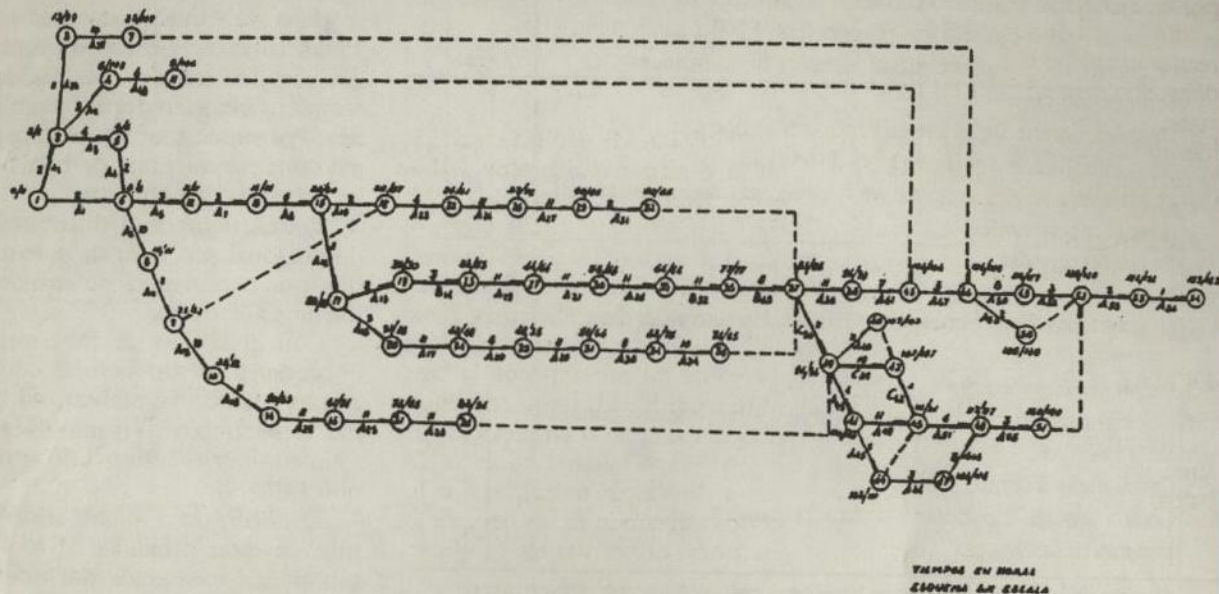
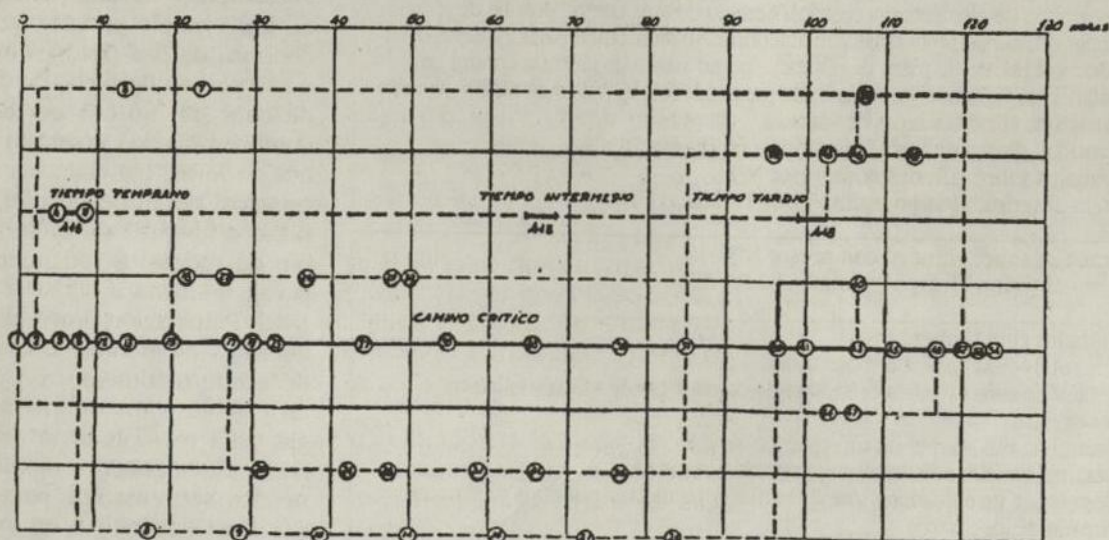


DIAGRAMA CALENDARIO



Esto, al igual que prever todos los insumos necesarios que se utilizarán durante el mantenimiento, permite ahorrar tiempos muertos por su ejecución o adquisición.

En la programación de las tareas o actividades aparece una codificación con letras que sirve solamente a los efectos de una mejor identificación sobre qué parte de la máquina se está trabajando.

A: tareas en parte motriz

B: tareas en parte compresora

C: tareas en el conjunto turbosoplador

D: tareas complementarias

DOTACION DE PERSONAL

1 Capataz general (Encargado supervisión y distribución de trabajos)

1 Ayudante capataz

1 Oficial electromecánico

4 Oficiales mecánicos

1 Medio oficial electromecánico

co

2 Ayudantes mecánicos.

DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE REDES

A continuación se describirá en forma resumida como se elabora el CPM (CRITICAL PATH METHOD) de acuerdo al listado de actividades ya presentado.

No interesa explayarse demasiado en el desarrollo de esta técnica ya que implica un método conocido de la Organización Industrial. No obstante resulta de mayor interés ver gráficamente el Camino Crítico ya realizado y el análisis de las distintas actividades que lo integran.

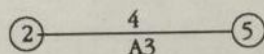
En la confección del diagrama de redes o "Graphe" se tienen en cuenta:

a) Como objetivo principal la fecha de finalización del trabajo.

b) El análisis de las tareas o actividades para determinar cual ha de efectuarse con anterioridad a cualquier otra, o bien en forma paralela.

Cada actividad está representa-

da por un vector identificado por el código asignado a la tarea (A1, A2, A3, ..., etc.) y cuyo tiempo de ejecución en horas está determinado por el número impreso sobre el vector.



El instante de tiempo en que se inicia o termina una actividad se llama "Nodo" o "Evento" y están representados por círculos que limitan al vector, los cuales en línea general se numeran de izquierda a derecha y desde arriba hacia abajo.

Se inicia la construcción del diagrama de redes desde la tarea A1 hasta el final (puesta en marcha del equipo) con la tarea A56.

Para determinar cual es el Camino Crítico se trabaja sobre los nodos asignándoles los tiempos de ejecución de cada tarea:

Nodo 1: T= 0 Hs.

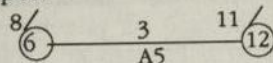
Nodo 2: T= 2 Hs.

Nodo 3: T= (2+11) = 13 Hs.

Nodo 4: T= (2+3) = 5 Hs.

Nodo 5: T= (2+4) = 6 Hs.

Arriba de cada nodo hay dos números separados por una barra, el de la izquierda representa estos tiempos.



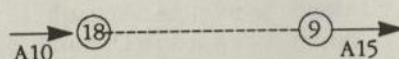
Para aquellos eventos donde se presentan dos caminos, por ejemplo el NODO 6, se tiene:

Nodo 6: T= A2 + A3 + A4 = (2+4+2) = 8 hs.

T= A1 = 2 Hs.

En estos casos se coloca a la izquierda de la barra el mayor valor (8 Hs.) que representa el tiempo máximo (y tiempo más temprano) que se tarda para alcanzar el evento 6.

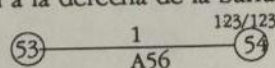
En el "graphe" también se observan tareas representadas por líneas de trazos como por ejemplo el NODO 18 unido con el NODO 9.



Estos vectores llamados "dum-

my" o ficticios tienen valor cero (tiempo nulo), pero indican que la tarea A15 en este caso no puede iniciarse a menos que se termine con la tarea A10.

Una vez evaluados todos los tiempos hasta el evento final (NODO 54), se parte de este último asignándole el mismo valor (123 Hs.) pero recorriendo el camino inverso, de derecha a izquierda, restando los tiempos de ejecución de cada tarea. Estos tiempos se colocan a la derecha de la barra.



Por ejemplo:

Nodo 53: T= (123-1) = 122 Hs.

Nodo 52: T= (122-2) = 120 Hs.

En el Nodo 46 se presentan dos caminos:

Nodo 46: T= (117-8) = 109 Hs.

T= (120-2) = 118 Hs.

En estos casos se anota el menor valor (109 Hs.) que representa el tiempo más tardío en que se puede efectuar la tarea de precedencia.

Finalizando este procedimiento se analizan todos aquellos eventos en que los tiempos más tempranos y más tardíos coinciden. Esto significa que no hay ningún tiempo de tolerancia en los plazos de ejecución, por lo tanto se denominan "Tareas Críticas". Uniéndolas se obtiene un "Camino Crítico o de Tareas Críticas" desde el evento inicial hasta el final.

DIAGRAMA CALENDARIO

El Diagrama Calendario se hace desarrollando en una línea horizontal todas las tareas con sus nodos que conforman el Camino Crítico según una escala conveniente de tiempos. El resto de las actividades complementarias del trabajo se vinculan a las del Camino Crítico de acuerdo al orden de precedencia dado en el Diagrama de Redes.

Este Diagrama Calendario sirve para hacer el siguiente análisis de márgenes de tiempo. Por ejemplo

Evento Nº	Intervalo de Flotam. en Hs.	Evento Nº	Intervalo de Flotam. en Hs.
1 - 0		28 - 7	
2 - 0		29 - 35	
3 - 86		30 - 0	
4 - 97		31 - 7	
5 - 0		32 - 35	
6 - 0		33 - 0	
7 - 86		34 - 7	
8 - 13		35 - 0	
9 - 13		36 - 7	
10 - 13		37 - 0	
11 - 97		38 - 3	
12 - 0		39 - 0	
13 - 0		40 - 0	
14 - 13		41 - 0	
15 - 0		42 - 0	
16 - 13		43 - 3	
17 - 0		44 - 8	
18 - 35		45 - 0	
19 - 0		46 - 3	
20 - 7		47 - 8	
21 - 13		49 - 3	
22 - 35		50 - 12	
23 - 0		51 - 0	
24 - 7		52 - 0	
25 - 13		53 - 0	
26 - 35		54 - 0	
27 - 0			

la tarea A48 debe comenzar en el NODO 4 como máximo en un tiempo de 5 Hs., pero su ejecución que demanda 4 hs. se puede realizar como fecha temprana (o tiempo temprano), en tiempo tardío (4 Hs. antes de iniciar la tarea A47 en el NODO 43), o incluso en un tiempo intermedio.

TABLA DE INTERVALOS DE FLOTAMIENTOS

Esta Tabla se obtiene restando a los tiempos más tardíos los tiempos más tempranos para la realización de un evento. Por ejemplo el Intervalo de Flotamiento para el NODO 8 es:

$$IF = T_{ta} - T_{te} = (31 - 18) = 13 \text{ Hs.}$$

Esto quiere decir que la iniciación de la tarea A11 se puede demorar 13 Hs., por lo tanto los mayores valores son las tareas menos críticas.

Analizando el Diagrama Calendario, el Graphe y los Intervalos de Flotamiento se observan los siguientes detalles:

Hay ciertas tareas como las A33yA9 que se pueden efectuar a partir de finalizada la A2 cuando se desaloja el aceite de la máquina y se desmontan las válvulas en la parte motriz. El intervalo de flotamiento es amplio en este caso lo que implica que estos trabajos se pueden realizar con suficiente elasticidad y en el momento más conveniente.

Ocurre algo similar con las actividades A23, A24, A27 y A31 donde se dispone de un margen de 35 Hs. antes de iniciar la tarea A38 (montaje de los pistones motrices).

En el evento 39 hay una bifurcación del Camino Crítico, esto se debe a que el turbosoplador debe tener la cadena de distribución ya montada para la puesta a punto de la inyección, y en el árbol de levas finalizados los trabajos sobre los cojinetes para poder iniciar la tarea A51 donde se termina de taparlo.

También hay cuatro Dummys o tareas ficticias en los NODOS 18, 40, 50 y 44 que condicionan el ini-

cio de las respectivas actividades que ellos anteceden.

Referente al Camino Crítico, este comienza con el desarme del equipo, desmontaje de pistones y camisas motrices, trabajos sobre el cigüeñal y cojinetes, trabajos en turbosoplador y árbol de levas para finalizar con la puesta en marcha de la máquina. Por lo tanto en su ejecución están involucradas las partes más importantes del motor-compresor.

CONCLUSION

Este trabajo es un ensayo teórico que refleja una de las formas en que se pueden modificar los tiempos para la realización de un mantenimiento en un equipo.

Ejecutarlo en base a lo planificado implica contar con una dotación de personal especializado, trabajando con el mismo objetivo y motivación, reducir tiempos.

Si se hiciera un análisis de costos para determinar si es viable llevarlo a cabo, se puede observar que el factor "mano de obra" involucrada es lo que más se ha incrementado. Los otros elementos que influyen en los costos (insumos y respuestos) se utilizan en forma independiente a como se realice el trabajo.

En condiciones normales un mantenimiento de 18000 horas, de estos equipos consume aprox. 1100 horas-hombre. Para la modificación planteada se da aprox. 1350 horas-hombres, es decir un incremento del orden del 25% en mano de obra, pero se reduce en casi 15 días el tiempo de mantenimiento.

Un motocompresor de estas características bombea a plena potencia y con una relación de compresión 1,7 un caudal del orden de los 75000 m3/hora.

Este dato se podría utilizar para comparar costos, entre la ganancia en transporte de gas que implica la disponibilidad del equipo antes de tiempo y el costo adicional por el incremento de horas-hombre.