

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PARADAS MAYORES DE PLANTA
ENFOCADO A CEMENTERAS Y MINERAS DONDE TENGAN HORNOS
ROTATIVOS, SECADORES ROTATIVOS Y/O MOLINOS**

**RUBEN DARIO DUARTE ANAYA
FERNANDO PÉREZ DELGADO**

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

2014

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PARADAS MAYORES DE PLANTA
ENFOCADO A CEMENTERAS Y MINERAS DONDE TENGAN HORNOS
ROTATIVOS, SECADORES ROTATIVOS Y/O MOLINOS**

**RUBEN DARIO DUARTE ANAYA
FERNANDO PÉREZ DELGADO**

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

**Director: JAIME VERGARA CARDENAS
Máster en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo**

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

2014

DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones recibidas en todas las etapas de mi vida y en esta ocasión me dio Fortaleza y sabiduría para culminar la especialización

A mi madre por ser ese ser que siempre me ha apoyado y animado a seguir adelante en cada paso que doy

Y muy especial a mi esposa Ruby Rodríguez quien ha sacrificado muchas cosas para ayudarme a cumplir esta meta, ella ha sido mi inspiración y el amor de mi vida es parte de mí y por eso este triunfo también es de ella

A mis hijos Karen Sofía, Santiago y Sarha Lucia que son los motores de mi vida, me han dado fortaleza para seguir adelante Y por ellos es que soy una persona mejor para enseñarles con el ejemplo que las metas y objetivos se pueden cumplir con disciplina y actitud positiva ante las adversidades de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al Señor mi Dios, por permitirme culminar este proyecto, conocer a excelentes personas y continuar desarrollándome profesional, familiar y espiritualmente, sin EL nada habría sido posible. También doy gracias al Señor, por Mi mamá que siempre me ha apoyado y mostrado lo importante de nunca rendirse y por mi hermano que siempre está en las buenas y en las malas, los bendigo y doy gracias al Señor por la maravillosa familia que me ha dado.

Agradezco al Ing. Jaime Vergara Cárdenas por su apoyo como Director de nuestro proyecto, al Ing. Fernando Pérez de quien he aprendido valiosas lecciones y conocimientos, a todos los profesores de la especialización por su excelente labor y a mis compañeros por su amistad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. INDUSTRIA CEMENTERA Y MINERA	21
1.1 PROCESO INDUSTRIA CEMENTERA	25
1.1.1 Extracción de la Materia Prima	26
1.1.2 Trituración y Prehomogenización.....	26
1.1.3 Molienda de Harina Cruda	26
1.1.4 Clinkerización.....	27
1.1.5 Molienda de Cemento	27
1.1.6 Empaque y Despacho.....	27
1.1.7 Materias primas del proceso del cemento.....	28
1.1.8 Diagrama del proceso del cemento	29
1.2 PARADAS DE PLANTA EN LA INDUSTRIA CEMENTERA.....	29
1.2.1 Problemas de paradas no programadas	31
1.3 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	31
1.3.1 Objetivos específicos	32
2. PARADAS DE PLANTA.....	33
2.1 RAZONES PARA REALIZAR UNA PARADA	34
2.2 OBJETIVOS DE UNA PARADA PROGRAMADA MAYOR.....	35
2.3 DIFERENCIAS ENTRE UNA PPM Y UN PROYECTO	36
2.4 TIPOS DE PARADAS	38
2.5 EJECUTAR PARADA DE PLANTA CON ÉXITO.....	39
2.6 BARRERAS	39
2.7 ESTADO DEL ARTE EN PPM	40
2.8 FASES DE LA PPM	41
2.8.1 Inicio	41
2.8.2 Planeación	41
2.8.3 Ejecución	41
2.9. PLANEACIÓN DE PARADAS MAYORES PROGRAMADAS.....	42
2.9.1 Tareas o trabajos mayores	43
2.9.2 Tareas menores.....	44
2.9.3 Paquete de tareas.....	44
2.9.4 Programación.....	44
2.9.5 Planeación de contingencias	45
2.10 EJECUCIÓN DE PPM	46
2.10.1 Objetivos durante la ejecución	46
2.10.2 Paro de la Planta	47
2.10.3 Reunión con todos los líderes de la PPM	48

2.10.4 Reunión diaria del progreso de la PPM.....	48
2.10.5 Turno de la noche	49
2.10.6 Control del trabajo.....	49
2.10.7 Desembolsos	50
2.10.8 Seguridad.....	51
2.10.9 Logística.....	51
2.10.10 Permisos de trabajo	52
2.10.11 Calidad.....	52
2.10.12 Control	52
2.10.13 Trabajos inesperados.....	52
2.11 ARRANQUE POST PARADA	53
2.11.1 Arranque	54
2.11.2 Precomisionamiento	55
2.11.3 Actividades de precomisionamiento.....	56
2.11.4 Comisionamiento	57
2.11.5 Actividades del comisionamiento	58
2.11.6 Grupo de comisionamiento	59
2.11.7 Puesta en marcha.....	59
2.12 CIERRE DE PARADA.....	60
2.12.1 Desmovilización	61
2.12.2 Inspección final y entrega	62
2.12.3 Reporte Final	63
2.12.4 Elementos del cierre	63
3. INFORMACIÓN	64
3.1 EQUIPOS CRÍTICOS DE PPM EN LA INDUSTRIA CEMENTERA.....	64
3.1.1 Hornos rotativos.....	65
3.1.1.1 Hornos rotativos largos:	65
3.1.1.2 Hornos rotativos cortos	65
3.1.2 Molinos.....	67
3.1.2.1 Partes Principales de un Molino.....	69
3.2 CONFIABILIDAD E INTEGRIDAD DE PPM	72
3.2.1 Confiabilidad	72
3.2.1.1 Problemas en el material del equipo.....	73
3.2.1.2 Identificación de procedimientos impropios de operación.....	73
3.2.1.3 Riesgo a la confiabilidad de la planta.....	74
3.2.2 Integridad	75
3.2.2.1 Fase estratégica	75
3.2.2.2 Fase táctica.....	76
3.3 PLANEACIÓN DE PPM	77
3.3.1 Diagrama de Gantt.....	78
3.3.1.1 Actividades para crear un Gantt.....	78
3.3.1.2 Actividades de programación.....	81
3.3.1.3 Elementos clave.....	81
3.3.2 Camino Critico	82

3.3.3	Pert.....	85
3.3.3.1	Pert probabilístico	85
3.3.3.2	Nivelación de recursos.....	86
3.3.3.3	Compensación de tiempo y costo	87
3.3.4	Pert-Cpm.....	87
3.3.5	Desglose de estructura de trabajo.....	90
3.3.5.1	Criterios de desglose	93
3.3.5.2	Agentes o partes interesadas asociados al proyecto	93
3.3.5.3	La criticidad de una tarea.....	93
3.3.6	Logística.....	94
3.3.6.1	Dibujar el mapa básico del sitio	95
3.3.7	Plan de comunicación.....	96
3.3.8	Plan de seguridad.....	97
3.3.8.1	Riesgo.....	98
3.3.8.2	La cadena de seguridad.....	98
3.3.8.3	Sistema seguro de trabajo	99
3.3.8.4	El equipo de seguridad.....	99
3.3.8.5	Investigación de accidentes	99
3.3.9	Plan de calidad	100
3.3.9.1	Elementos de la calidad	100
3.4	PROYECTOS	101
3.4.1	Reunión de revisión de proyectos.....	101
3.5	RUTA CRÍTICA.....	102
3.5.1	Secuenciando el trabajo	103
3.5.2	Programación diaria.....	103
3.6	ALCANCE DE PPM	103
3.7	PRESUPUESTO.....	105
3.7.1	Inclusiones.....	105
3.7.2	Creación de estimación de costos	106
3.7.3	Costo estimado propuesto.....	106
3.7.4	Presupuesto.....	107
3.7.4.1	Estimación de costos.....	108
4.	PROPUESTA.....	109
4.1	ESQUEMA GENERAL.....	109
4.1.1	Fase gerencial y Organizacional.....	109
4.1.2.	Planeación.....	111
4.1.3	Cronograma de actividades de planeación	111
4.1.4	Ejecución	113
4.1.5	Cierre de parada.....	115
4.2	RESPONSABILIDADES	123
4.2.1	Grupo Directivo	123
4.2.2	Líder de parada.....	123
4.2.3	Planeador y Programador	124
4.2.4	Coordinador de recursos humanos	125

4.2.5	Coordinador de logística	126
4.2.6	Coordinador de contratos.....	127
4.2.7	Coordinador de materiales.....	127
4.2.8	Líder de confiabilidad e integridad	128
4.2.9	Líder de HSE	128
4.2.10	Líder de ejecución de mantenimiento	130
4.2.11	Líder de ejecución de producción, operaciones.....	130
4.2.12	Coordinador de proyectos.....	131
4.2.13	Líder de Comisionamiento	131
5.	CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO	133
	CONCLUSIONES	134
	BIBLIOGRAFÍA.....	136
	ANEXOS	138

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de las minas principales del país y su producción.....	24
Tabla 2. Ventajas y desventajas que presentan la molienda húmeda y seca.....	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Despachos nacionales vs producción de cemento gris. Enero 2014.	21
Figura 2. Participación del PIB minero en el PIB total colombiano.	22
Figura 3. Evolución del PIB minería y PIB minero energético (en precios constantes de 2005).	23
Figura 4. Materias primas de la fabricación del cemento.	28
Figura 5. Diagrama del proceso de fabricación del cemento.	29
Figura 6. Diferencias comparativas entre proyecto y PPM.	37
Figura 7. Contraste entre proyecto y PPM.	38
Figura 8. Modelo de curva S, para seguimiento y control.	50
Figura 9. Diagrama horno rotatorio seco y sus componentes.	66
Figura 10. Imagen de horno rotativo.	67
Figura 11. Molino de Bolas.	68
Figura 12. Esquema de un Molino de Bolas	71
Figura 13. Sistema de Gestión basado RBI.	76
Figura 14. Ejemplo de un Diagrama de Gantt.	78
Figura 15. Camino Crítico.	84
Figura 16. Diagrama PERT.	85
Figura 17. Relaciones de precedencia entre actividades.	89
Figura 18. Precedencias de convergencia.	90
Figura 19. Diagrama desglose de estructura de trabajo.	90
Figura 20. Ejemplo de mapa básico del sitio.	96
Figura 21. Organigrama propuesto	110
Figura 22. Flujograma de la planeación.	111
Figura 23. Flujograma de ejecución.	114
Figura 24. Flujograma de cierre.	115

Figura 25. Esquema de Reuniones durante cada fase de la PPM.....	116
Figura 26. Diagrama de etapas especiales en la ejecucion del modelo.	118
Figura 27. Ciclo de Mejora del Modelo.	119
Figura 28. Consideraciones especiales del modelo.....	119
Figura 29. Puntos importantes durante la PPM.	121
Figura 30. Niveles dentro de la PPM.	122

TABLA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato Planeación De Tareas Parada Mayor De Mantenimiento	138
Anexo B Formato De Requerimientos HSE	140
Anexo C. Formato Para Seguimiento De Materiales	142

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN MODELO DE GESTION DE PARADAS MAYORES DE PLANTA ENFOCADO A CEMENTERAS Y MINERAS DONDE TENGAN HORNOS ROTATIVOS, SECADORES ROTATIVOS Y/O MOLINOS*

AUTOR: RUBEN DARIO DUARTE ANAYA Y FERNANDO PEREZ DELGADO *

PALABRAS CLAVES: Parada de planta, optimización, confiabilidad, planeación, programación, HSE, contratación, camino crítico, Gantt, RBI, RCA, modelo gerencial, estrategias, políticas, procedimientos, libro de parada.

DESCRIPCION:

La presente monografía se enfoca en el desarrollo de un modelo desde el punto de vista gerencial de Paradas Programadas Mayores (PPM), con un tiempo de ejecución de 1 a 6 semanas, en empresas del sector minero y cementero, con el fin de optimizar los recursos, tiempos, costos y evitar accidentes humanos e impactos negativos al medio ambiente, enfocado hacia las medianas y grandes empresas. Se propone un modelo organizativo del grupo humano de paradas de planta, una gestión del presupuesto realizada por el centro de costos dedicado a las PPM, estrategias de optimización del recurso humano para determinar los trabajos que deben ser contratados o se deben realizar con personal propio y formular pautas para la selección de los contratistas. Se hace gran énfasis en la necesidad de una apropiada creación, justificación, validación y congelamiento del alcance, como a su vez del desarrollo del cronograma de planeación que permite optimizar el proceso mismo de la planeación y programación. Estructurar un proceso de planificación y seguimiento de repuestos y materiales necesarios para los equipos intervenidos en la parada, Proponer pautas para la consecución y optimización de equipos y herramientas a utilizar durante la parada. Plantear estrategia de selección adecuada y optimización del camino crítico y determinar el alcance y límites de la parada. Proponer estrategias para mejorar las condiciones de HSE durante la parada, Proponer un modelo de optimización del plan detallado de trabajo para mejorar los tiempos de parada. Por último se plantean consideraciones en todas las fases de la PPM, la fase gerencial, la fase de planeación y programación, la fase de ejecución y cierre, para eliminar tiempos muertos y permitir una parada exitosa que garantice la confiabilidad de las instalaciones y provea de una ventaja competitiva a la organización.

* Monografía

* Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Jaime Vergara. Ingeniero Mecánico. Master en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo.

ABSTRACT

TÍTULO: 1 MANAGEMENT MODEL DESIGN OF PLANT SHUTDOWN AND TURNAROUND IN THE MINING AND CEMENT SECTOR WITH ROTATIVE KILN MILLS AND DRYERS*

AUTHOR: RUBEN DARIO DUARTE ANAYA Y FERNANDO PEREZ DELGADO**

KEY WORDS: .Plant Shutdown and Turnaround, optimization, reliability, planning, scheduling, HSE, critical path, RBI, RCA, management model, strategies, policies, procedures,

DESCRIPTION:

The present monograph it's focused on the development of a model from the management point of view, of Shutdown and Turnaround event with a duration around 1 to 6 weeks, in the mining and cement sector, aiming to optimize resources, time, costs and avoid human accidents and negative environmental impact, focused to middle and big plants. It is proposed an management model of the human resources of Turnarounds, an organization chart, a budget's management executed by a cost center dedicated to the Turnarounds, optimization strategies of the human resources to establish the quantity of contract work and a selection strategy of the outsourcing packages. The model presents an important remark in the necessity of an adequate creation, validation and scope freezing, it's also relevant to have the adequate tools that allows optimize the planning and scheduling process; Also, a structured planning and scheduling process for materials and tools is necessary, to optimize timing, resources and HSE activities. It also proposed a strategy for the adequate selection and optimization of the critical path. This model takes some considerations throughout all the Turnaround Shutdown phases, to eliminate wasted time and aloud a successful Turnaround, that assures the reliability of the plant and become a comparative advantage for the organization.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Jaime Vergara. Mechanical Engineer. Master in Relibility Engineering and Risk.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas encaminadas al procesamiento de minerales y cemento dentro de los sectores Minero y Cementero conceden gran importancia a la seguridad y al medio ambiente debido a las condiciones especiales del lugar en el que desempeñan sus labores, propias de estos sectores, donde el personal, la maquinaria y el proceso están constantemente a prueba debido a las restricciones de operación que a veces pueden ser extremas; Por otro lado como en cualquier otra actividad empresarial existe un marcado enfoque hacia la productividad, el control de costes y rentabilidad, que ha sido aún más impulsado por la apertura de mercados y la competitividad de clase mundo, dentro de la cual las empresas colombianas deben estructurar estrategias para optimizar la gestión de su labor, en la cual la parada de planta programada tiene una injerencia importante debido a que es un evento de gran impacto para el ciclo de vida de la planta ya que durante su desarrollo existe un elevado número de personal involucrado propio y/o contratado lo cual eleva los riesgos que afectan la seguridad, medioambiente y salud, además de un gran despliegue de recursos financieros en un corto plazo, un cese de producción y facturación; También es necesario resaltar que es un evento crítico y necesario ya que las empresas se ven sometidas a realizar paradas de planta por diferentes razones, sea por una detección de una falla en algún equipo, por el ingreso de un proyecto nuevo, por algún mantenimiento planeado que requiere intervenir el equipo o por fallas detectadas en los mantenimientos predictivos que se convierten en mantenimientos correctivos a realizar. Muchas veces se ejecutan las paradas sin la adecuada planificación terminando en sobrecostos para las empresas, por diferentes razones como: falta de materiales, carencia de repuestos que no se tenían previstos, tiempos excesivos de intervención en los equipos, recurso humano limitado. En algunas empresas se realiza en cierto grado la planificación de las paradas pero no se tiene un modelo de gestión eficiente y se descuidan labores importantes que

pueden ocasionar fallas de logística de equipos y herramientas, deficiente disposición de los equipos y residuos retirados o se realiza una selección inadecuada de contratistas, no se optimiza el recurso humano durante la parada, y en muchas ocasiones se realiza mantenimiento a equipos que no son críticos, perdiendo oportunidad de intervenir los equipos críticos que requieren atención durante las paradas; También se comete el error de no delimitar o definir el alcance de la parada incurriendo en sobrecarga de tareas las cuales conllevan a aumentar el tiempo de las intervenciones. Adicional a lo anterior durante la fase de ejecución de las paradas, se detectan fallas imprevistas por lo que se ven obligados a improvisar porque no fueron detectadas con tiempo y no se tienen planes de contingencia eficaces. Todo lo anterior puede llevar a incurrir en accidentes hacia las personas y medio ambiente y sobrecostos de las reparaciones, por lo que se resalta la necesidad de replantear ciertas estrategias y formas como se vienen desarrollando las paradas de planta, aprendiendo de los errores y capitalizando los aciertos y experiencias.

En la presente monografía se plantea un modelo de gestión para la planeación, ejecución y cierre de las paradas de planta en empresas del sector minero y cementero, con el fin de optimizar los recursos, tiempos y costos y evitar accidentes humanos e impactos negativos al medio ambiente, enfocado hacia las medianas y grandes empresas del sector cementero y minero; Inicialmente en los capítulos 1 y 2 se hace una descripción del proceso productivo en la industria cementera y de las paradas de planta con sus fases, posteriormente en el capítulo 3 se describen los equipos críticos de paro de planta dentro del proceso, además de profundizar en los temas de planeación y programación de las paradas de planta, la ruta crítica, el alcance, los proyectos de inversión, la confiabilidad y el presupuesto. En el capítulo 4 se presenta y desarrolla el modelo de gestión propuesto, con un esquema general del mismo, la fase de gerencia, organización, planeación, ejecución, comisionamiento, arranque y cierre de parada; En el

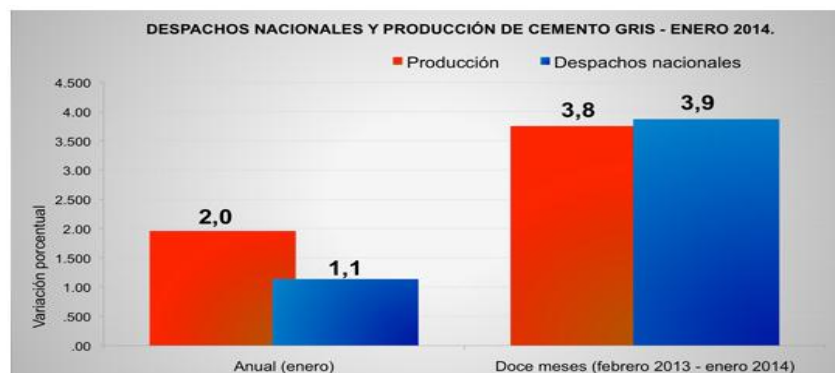
capítulo 5 se presentan las consideraciones de implementación y finalmente en el capítulo 6 las conclusiones.

1. INDUSTRIA CEMENTERA Y MINERA

El sector productivo del cemento se constituye en un factor clave para el sector de la construcción, el cual es uno de los principales impulsores del crecimiento económico en el país y por lo tanto uno de los sectores estratégicos de la economía colombiana, de igual manera la gestión eficiente de las paradas de planta se convierte en un aliado estratégico del negocio para poder ser competitivo, mantenerse en el sector y poder aprovechar las altas demandas de producción y ampliar el segmento del mercado.

Como se puede observar en la Figura 1. en enero de 2014, la producción de cemento gris en el país aumentó 2,0% al alcanzar 819,6 mil toneladas; entre tanto, los despachos del producto al mercado nacional, también reportaron un crecimiento de 1,1%, (806,2 mil toneladas) El crecimiento en los despachos se explica principalmente por el aumento en los canales de distribución concreteras, constructores y contratistas¹.

Figura 1. Despachos nacionales vs producción de cemento gris. Enero 2014.

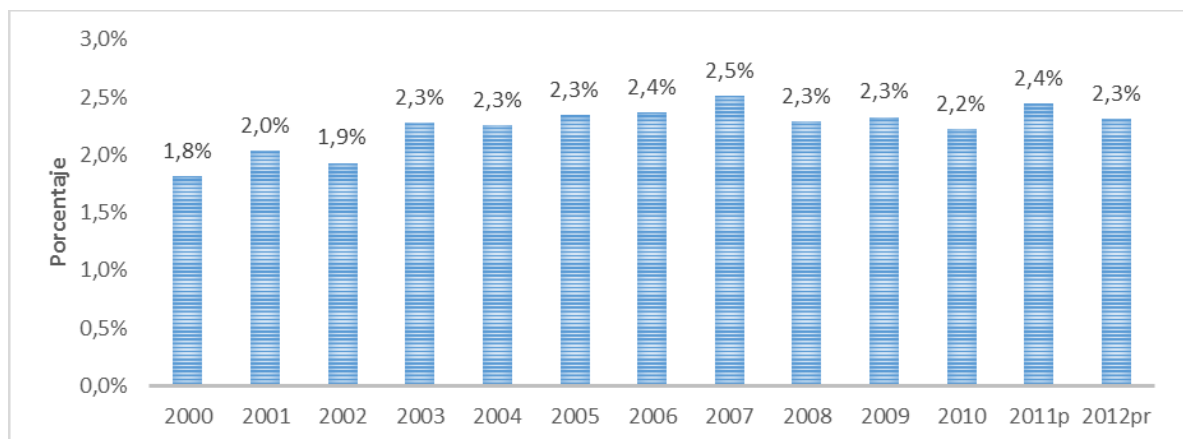


Fuente: Dane. <http://www.dane.gov.co> - Estadísticas de cemento gris.

¹ PLAN NACIONAL DE DESARROLLO MINERO 2010 - 2018, página web ministerio de minas y energía

Por otro lado el sector minero colombiano, se ha posicionado en la última década como uno de los más dinámicos de la economía. Los altos precios internacionales de algunos minerales, la liquidez internacional, la política pública y el desarrollo institucional orientados a su fortalecimiento, han dado como resultado un sector significativamente diferente al de décadas anteriores. Este comportamiento económico de la minería se ha fundamentado en un crecimiento sin precedentes de las áreas dedicadas a la minería y al desarrollo institucional conformado alrededor del sector. Como se puede observar en la figura el sector minero obtuvo una participación promedio de 2,2% en el PIB total colombiano durante el período 2000 a 2012. En este lapso tuvo su mejor desempeño en 2007 (2,5% del PIB total), y en el último año reportado (2012) este valor se ubicó en 2,3%. En este contexto es de suma importancia alinear y optimizar la gestión de la parada de planta, con las metas y retos del negocio para que permitan un desarrollo competitivo y sostenible.²

Figura 2. Participación del PIB minero en el PIB total colombiano.



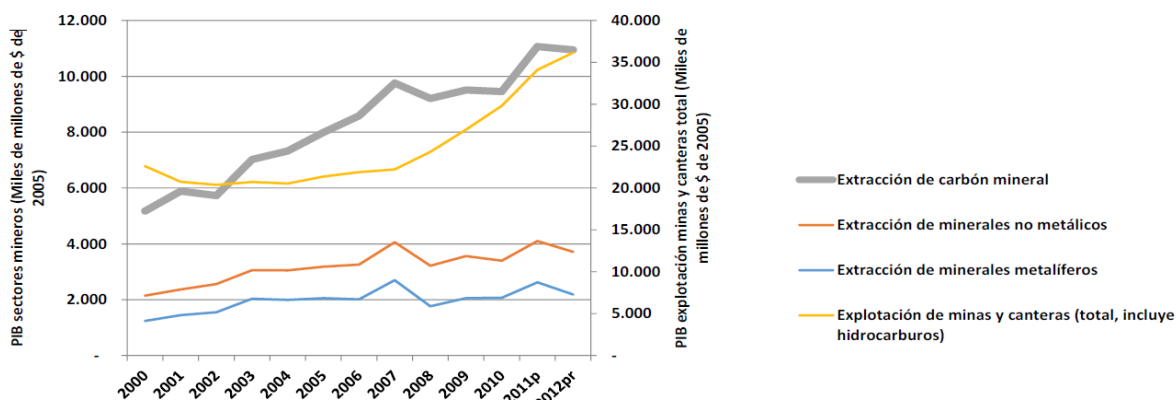
Fuente: Cálculos UPME. Plan nacional de desarrollo minero 2010 al 2018.

El sector minero está compuesto por distintos subsectores, entre los cuales el más importante es la extracción de carbón mineral, seguido por otros de menor

² Ibid

importancia, como minerales metalíferos (cobre, mineral de hierro y níquel contenido en ferroníquel) y por los minerales no metálicos (azufre, calizas para cemento, sal marina y sal terrestre). El sector crece con una alta pendiente, impulsado de manera significativa por el primer subsector mencionado.

Figura 3. Evolución del PIB minería y PIB minero energético (en precios constantes de 2005).



Fuente: Dane. Plan nacional de desarrollo minero 2010 al 2018.

En la tabla No siguiente se observa que, en conjunto y en todo el período, la suma de las variaciones en el PIB en extracción de petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio fue menor a la suma de las del PIB en extracción de carbón mineral, indicando que este último subsector fue el principal responsable de la dinamización del sector minero energético en la década. El sector minero ha aumentado sus exportaciones durante la última década. El fuerte crecimiento de la economía china y los altos precios internacionales de los *commodities* son las principales causas de este desempeño. Aunque China es una gran productora de carbón su economía no es autosuficiente en este mineral para atender su consumo.³

³ Ibid

Tabla 1. Resumen de las minas principales del país y su producción.

Producción de carbón por mina

PRODUCCIÓN DE CARBÓN - COLOMBIA	
CIELO ABIERTO	
MINAS SUBTERRÁNEAS	PRODUCCIÓN Ton.
CERREJON	35.092.699
DRUMMOND	26.005.144
GLENCORE	14.713.869
GOLDMAN SANCHS	5.584.165
PACIFIC COAL	375.719
TOTAL CIELO ABIERTO	81.771.595
MINAS SUBTERRÁNEAS	
CARBÓN TÉRMICO	4.000.000
CARBÓN COQUIZABLE	3.427.760
TOTAL SUBTERRÁNEAS	7.427.760
TOTAL PRODUCCIÓN	89.199.355

Fuente: ANM, con base en declaraciones de los productores. Plan nacional de desarrollo minero 2010 al 2018.

Los mercados mundiales, y más, los representados por los commodities, donde se involucran la mayoría de los minerales utilizados como materias primas por la industria internacional, se comportan en la mayoría de los casos en forma directa con los indicadores que representan y proyectan la situación económica internacional. A pesar de que iniciado el año 2012, se mantuvo la idea de que la economía mundial, marcada por la crisis europea y el estancamiento del desempeño económico de los Estados Unidos, iba a tener una recuperación a lo

largo del periodo, esto no sucedió, lo que se reflejó en la pérdida de las valorizaciones de las bolsas, el debilitamiento de la demanda mundial, la reducción de los precios del petróleo y de los alimentos básicos, y el incremento de las primas de riesgo. Las tendencias del mundo globalizado, los comportamientos del consumidor y la fuerte presión del consumismo sobre una población creciente, que se estima llegue a más de 9 mil millones de personas al finalizar la primera mitad de esta siglo, con las tasas de crecimiento actuales, hacen necesario que la demanda de energía y de materias primas para los productos industriales como celulares, automóviles, televisores, electrodomésticos, joyas y demás, siga en constante crecimiento, más cuando el ciclo de vida de los productos mencionados anteriormente, tienen características de vida útil más cortas, no siempre por la disminución de la calidad en la mayoría de los casos, sino por los ciclos de la moda.

1.1 PROCESO INDUSTRIA CEMENTERA

El proceso de fabricación de cemento está compuesto principalmente de seis etapas:

- Extracción de Materia Prima
- Trituración y Prehomogenización
- Molienda de Harina Cruda
- Clinkerización
- Molienda de Cemento
- Empaque y Despacho

En todas y cada una de estas etapas, se lleva un estricto control de calidad, para asegurar y cumplir las normas internacionales para los cementos producidos, así como un verdadero compromiso con la gestión ambiental.

1.1.1 Extracción de la Materia Prima Las principales materias primas para la fabricación del cemento provienen directamente de las canteras cercanas a la planta. Estas consisten en piedra caliza y esquisto que son extraídas por medio de desgarre (tractores) o voladura (explosivos).

1.1.2 Trituración y Prehomogenización La segunda etapa del proceso consiste en la reducción del tamaño de las rocas provenientes de las canteras, por medio de trituración, desde diámetros de 1 metro hasta partículas menores de 1 pulgada. El producto de esta etapa se almacena en galeras circulares de Prehomogenización con el objeto de asegurar una mayor uniformidad en la distribución química de los materiales y reducir las variaciones en la calidad del material para lotes tan grandes como 18,000 ton, los que quedan listos para ser utilizados en la siguiente etapa.

1.1.3 Molienda de Harina Cruda Durante este proceso se continúa la reducción del tamaño de las partículas y se efectúa un secado de los materiales, previo a ser sometidos a altas temperaturas en los hornos. Los molinos reciben los materiales triturados y prehomogenizados, y en ellos se realiza simultáneamente la mezcla y pulverización de los mismos. La composición química de la mezcla de minerales es determinada en línea, a través de un analizador de neutrones previo a la entrada al molino, lo que permite que durante el proceso de molienda de harina cruda se realicen ajustes continuos en la proporción de los materiales. El producto es un polvo muy fino, por ello llamado "harina cruda", con la composición química adecuada para el tipo de cemento que se esté produciendo. La reducción en la variación de la calidad de la harina cruda, se hace posible gracias al almacenamiento de la misma en silos especiales para homogenización. Una segunda etapa en el control de calidad de la harina cruda se realiza en el producto que está entrando a los silos, a través de un analizador de rayos X, que pueden realizar análisis químicos completos en tiempos muy cortos y con gran precisión

1.1.4 Clinkerización La harina cruda proveniente de los silos es alimentada a hornos rotatorios en los que el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450 °C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio, hierro y otros elementos en trazas menores, que se combinan para formar compuestos nuevos que son enfriados rápidamente al salir del horno. Al producto enfriado de los hornos se le da el nombre de clinker y normalmente es granulado, de forma redondeada y de color gris oscuro.

1.1.5 Molienda de Cemento El siguiente paso en el proceso de producción de cemento es la molienda del clinker, en forma conjunta con otros minerales que le confieren propiedades específicas al cemento. El yeso, por ejemplo, es utilizado para retardar el tiempo de fraguado (o endurecimiento) de la mezcla de cemento y agua, y así permitir su manejo. También se pueden adicionar otros materiales como las puzolanas o arenas volcánicas, las que producen concretos más duraderos, impermeables y con menor calor de hidratación, que un cemento Portland ordinario compuesto sólo por clinker y yeso. Una vez más el análisis del producto saliendo del molino es prioritario, por lo que el mismo también se lleva a cabo por medio de un analizador de rayos X, que permite el ajuste en las proporciones de los materiales y así obtener las características del cemento específico que se está produciendo. El control del tamaño de las partículas de cemento molido es otra variable de gran importancia, pues afecta grandemente sus propiedades; por lo que su medición frecuente es considerada.

1.1.6 Empaque y Despacho Finalmente, el cemento producido y almacenado en silos puede ser despachado en pipas a granel para los grandes consumidores, o envasado en sacos. El peso neto utilizado tradicionalmente en Centro América para el cemento en sacos es de 42.5 kilogramos.

1.1.7 Materias primas del proceso del cemento La composición química del CLINKER de cemento portland es de 62-67 % CaO, 18-24% SiO₂, 4-8 % Al₂O₃ y 1.5-4.5 % Fe₂O₃), teniendo en cuenta solamente a sus cuatro óxidos principales, cae dentro del sistema cuaternario CaO-SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃, siendo el óxido mayoritario el CaO, disminuyendo después en el orden SiO₂-Al₂O₃- Fe₂O₃. Esto nos indica que los componentes de las materias primas deben ser predominantemente calcáreos con cantidades sucesivas más pequeñas de constituyentes silíceas, aluminosas y ferruginosas.

Figura 4. Materias primas de la fabricación del cemento.

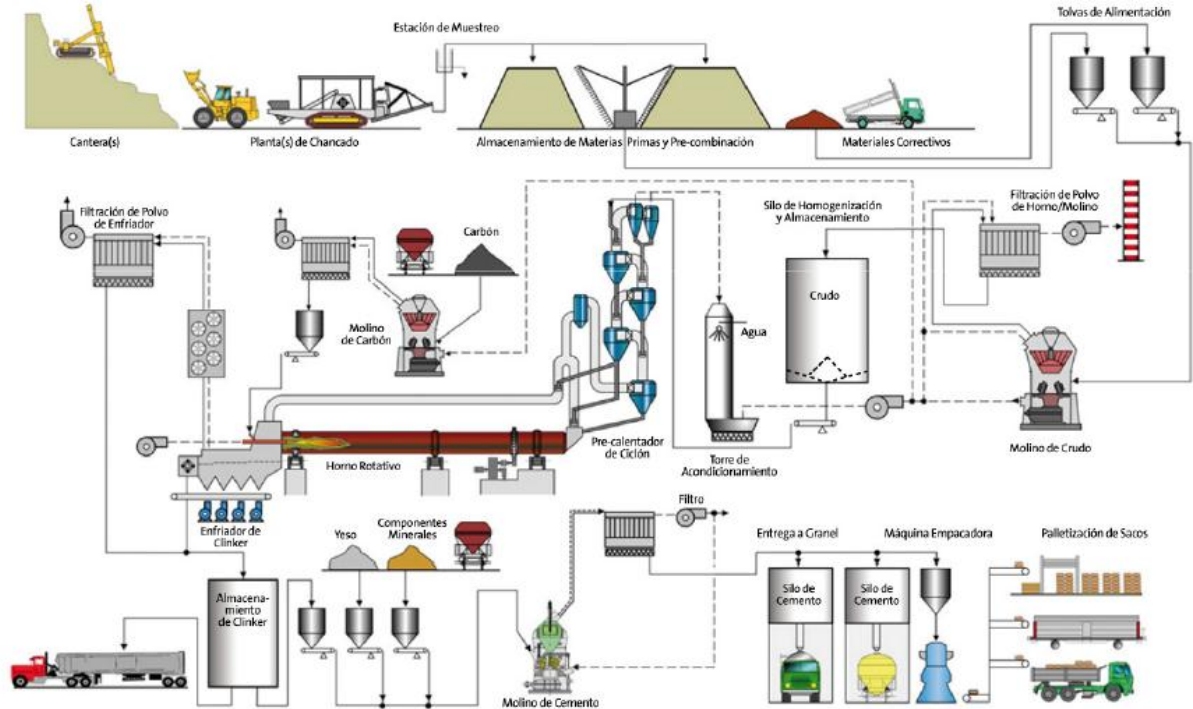


Fuente: Entender la producción del cemento. Modulo3, alianza público-privada GTZ-Holcim gestionada por FHNW.

Dentro de las materias primas utilizadas para el Clinker tenemos carbonatos como: Calizas, cretas, margas calcáreas, mármoles y calizas marmoleñas, arenas marinas calcáreas, conchas marinas, caliches, lodos de carbonato de calcio procedentes de las industrias de los fertilizantes del azúcar y del papel. Aluminosilicatos como: Arcillas, margas, esquistos, pizarras, materiales de recubrimiento (Suelos), filitas, cenizas volantes, cenizas del carbón. Silicatos de calcio como: Rocas wollastoníticas, escorias metalúrgicas, residuos nefelínicos de la industria del aluminio.

1.1.8 Diagrama del proceso del cemento

Figura 5. Diagrama del proceso de fabricación del cemento.



Fuente: Entender la producción del cemento. Modulo3, alianza público-privada GTZ-Holcim gestionada por FHNW.

1.2 PARADAS DE PLANTA EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

En todos los grandes procesos industriales como las petroquímicas, refinерías, plantas generadoras, plantas de papel, plantas de acero, plantas cementeras, plantas mineras entre otras, utilizan las paradas de planta programadas para incrementar la confiabilidad de los activos, tener una integridad continuada en la producción, y reducir los riesgos de paradas no programadas y fallas catastróficas. Una Parada de Planta constituye el gasto más grande en el ejercicio del mantenimiento. Una parada mayor de planta es de corta duración y alta intensidad en términos de carga laboral. Una parada de planta de 4 a 5 semanas puede

consumir el costo equivalente del presupuesto de un año de mantenimiento. Debido a que los proyectos de parada de planta son muy caros en términos de costos directos y pérdida de producción, necesitan ser planeados y ejecutados muy cuidadosamente. El potencial que posee el gerenciamiento de las paradas para el ahorro de costos es dramático y directamente contribuye a la línea base de rentabilidad de la empresa. Sin embargo, controlar los costos de la parada y su duración representa un reto desafiante. La planeación y programación del mantenimiento es uno de los elementos más importantes en la dirección y manejo del mantenimiento y puede jugar un rol clave en el manejo de eventos de parada de planta complejos.

En la industria del cemento, el mantenimiento de las máquinas y equipos representa cerca del 21 por ciento de los costes de fabricación y en un mercado globalizado y cada vez más exigente, el paradigma actual respecto a la gerencia del mantenimiento ha cambiado al de considerar la gestión del mantenimiento como un aliado estratégico para la competitividad y a su vez dentro del sistema gerencial de mantenimiento resalta un evento sobre los demás y este es la parada de planta.

En una planta cementera hay que trabajar con sistemas complejos de equipos interconectados e interdependientes como: los hornos, los molinos, las prensas de rodillos, enfriadores, quemadores y los ventiladores que a menudo operan en un entorno con altas temperaturas y polvo. Cada hora de parada no programada puede suponer un coste muy elevado debido a la pérdida de producción y el director de mantenimiento es el responsable de garantizar el buen estado de la planta. En la parada de planta, se realizan inspecciones, reconversiones, actualizaciones, overhauls, trabajos mayores, limpieza, reparaciones, proyectos de inversión entre otros. Cuando una aplicación no está correctamente alineada, sus rodamientos pueden sufrir cargas, fricciones y vibraciones adicionales, acortando

su vida útil, lo que requiere de trabajos grandes de mantenimiento correctivo que permitan restablecer y aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la planta.

El 82 por ciento de las plantas activas de producción de cemento y áridos del mundo llevan a cabo planes de rehabilitación, muchos de ellos enfocados a la biodiversidad con diversas iniciativas para reducir el impacto negativo de sus plantas en el medio ambiente, como por ejemplo aumentar el uso de combustibles alternativos, lo cual sería implementado en un paro de planta programado.

1.2.1 Problemas de paradas no programadas El peligro de las paradas no programadas consiste en el alto costo de ese paro y la no preparación para acometer el evento exitosamente. Mediante una gestión eficiente de las paradas de planta, se busca minimizar y eliminar la ocurrencia de este tipo de paros, ya que es mucho más económico realizar una parada programada mayor bien planificada y ejecutada que un paro no programado y sin preparación ni capacidad de respuesta ante el mismo. Una de las maneras para combatir este problema consiste en realizar un plan de contingencias donde se pueda identificar el potencial de descubrimientos de tareas o trabajos emergentes y anticipar la probabilidad de riesgo e impacto de la ejecución de las reparaciones; Además de establecer el nivel de preparación de la planeación como por ejemplo: no hacer nada, solo a componentes críticos, estrategia de reparación desarrollada, planeación del 100% de reparaciones.

1.3 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Diseñar un modelo de gestión para la planeación, ejecución y cierre de las paradas de planta en empresas del sector minero y cementero, con el fin de optimizar los recursos, tiempos, costos y evitar accidentes humanos e impactos negativos al medio ambiente, enfocado hacia las medianas y grandes empresas.

1.3.1 Objetivos específicos

- ❖ Proponer un modelo organizativo de la conformación del grupo humano de paradas de planta y una gestión de presupuesto
- ❖ Plantear un modelo de optimización del recurso humano para determinar los trabajos que deben ser contratados o se deben realizar con personal propio y formular pautas para la selección de los contratistas.
- ❖ Estructurar un proceso de planificación y seguimiento de repuestos y materiales necesarios para los equipos intervenidos en la parada
- ❖ Proponer pautas para la consecución y optimización de equipos y herramientas a utilizar durante la parada.
- ❖ Plantear estrategia de selección adecuada y optimización del camino crítico y determinar el alcance y límites de la parada.
- ❖ Proponer estrategias para mejorar las condiciones de HSE durante la parada
- ❖ Proponer un modelo de optimización del plan detallado de trabajo para mejorar los tiempos de parada.

2. PARADAS DE PLANTA

Los propietarios de instalaciones manufactureras y plantas industriales reconocen que el mantenimiento de sus activos, es una realidad y una necesidad. La mayoría de inspecciones, reparaciones, reemplazos, modificaciones y trabajos menores de mantenimiento pueden ser realizados mientras la planta se encuentra en operación o en línea. Sin embargo, llegará un momento cuando la planta tendrá que someterse a un proceso de parada programada para los trabajos mayores de mantenimiento. A este paro se le denomina como una parada de planta mayor.

La parada de planta mayor es un proceso continuo o un ciclo que abarca desde la planeación, programación, ejecución y cierre de la misma hasta la nueva planeación y demás actividades de la siguiente parada. La Parada de planta comienza mucho antes de que las instalaciones sean sacadas de línea y continúa por un periodo de tiempo después de que los trabajos mayores programados han sido completados. El paro de la planta para la realización de los trabajos mayores de mantenimiento, es el evento más costoso y que más consume tiempo dentro del ejercicio del mantenimiento, debido al paro de producción y al gran desembolso necesario para llevar a cabo la parada. A medida que la complejidad de la parada aumenta, se vuelve más costosa y difícil de manejar. El impacto positivo y la razón por la que se realiza una parada consiste en un incremento en la confiabilidad de los equipos, una continuada producción y la reducción del riesgo de ocurrencia de paros de planta no programados o de fallas catastróficas cuyos costos serian aún mucho más elevados.

En resumen las paradas de planta son un evento en el cual las instalaciones o algunos procesos, sistemas o líneas de la misma son sacadas de operación de manera *planificada*, para realizar inspecciones, reemplazos, overhauls,

reacondicionamientos, reparaciones a equipos e instalaciones, ejecutar extensas labores de mantenimiento o proyectos y que solo pueden realizarse cuando los activos se encuentran fuera de servicio, con el fin de eliminar condicionantes, recuperar y elevar los estándares de operación y confiabilidad; La frecuencia con que se realizan, depende del tipo de planta, de su diseño y objetivos estratégicos que se planteen y su duración comprende el tiempo que transcurre entre parar la planta y ponerla nuevamente en servicio.

Las paradas de planta son diferentes de los trabajos de mantenimiento rutinario, tienen sus propias características de las cuales cabe destacar:

- ❖ En un tiempo limitado se intenta realizar muchas intervenciones.
- ❖ Se cuenta con mucho personal no habitual en la planta.
- ❖ La probabilidad de accidentes se eleva grandemente.
- ❖ El costo de este gran número de tareas es muy elevado, y en cada caso hay que comprobar si ese fuerte desembolso realmente se justifica.
- ❖ Gran número de actividades desconectadas y gran número de actividades dependientes.
- ❖ Planta altamente congestionada.
- ❖ Gran número de recursos.

2.1 RAZONES PARA REALIZAR UNA PARADA

Las paradas programadas de planta en general pueden estar motivadas por:

- ❖ Realización de mantenimiento correctivo programado
- ❖ Realización de inspecciones o pruebas, no tanto de mantenimiento sistemático, sino de mantenimiento basado en la condición. Se realizan ciertas pruebas o

inspecciones para comprobar que los equipos más importantes de la instalación, se encuentran en un buen estado.

- ❖ Realización de grandes revisiones programadas, que se realizan por horas de funcionamiento, por periodos de tiempo prefijados.
- ❖ Implementación de mejoras y/o actualizaciones.

2.2 OBJETIVOS DE UNA PARADA PROGRAMADA MAYOR

Antes de describir los objetivos, cabe hacer la aclaración que de ahora en adelante a las paradas de planta se les denominara parada programada mayor o se usara el acrónimo PPM indistintamente. El objetivo general de la PPM consiste en maximizar la capacidad de los medios de producción y asegurar que los equipos son confiables y seguros de operar. Aunque diferentes paradas pueden tener diferentes objetivos específicos, la siguiente lista constituye los objetivos principales:

- ❖ mejorar la eficiencia y rendimiento de la planta mediante las modificaciones adecuadas
- ❖ incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos durante operación
- ❖ Hacer que la planta opere de forma segura hasta la siguiente parada
- ❖ Alcanzar la mejor calidad en los trabajos realizados
- ❖ Reducir los costos del mantenimiento de rutina
- ❖ Realizar actualización tecnológica introduciendo equipos y técnicas modernas
- ❖ Modificar equipos para cumplir con los requerimientos legales y/o obligaciones tales como la regulación ambiental.
- ❖ Ejecutar proyectos de inversión para aumentar la capacidad instalada
- ❖ Optimizar el consumo de materias primas

Y cuatro objetivos tácticos:

- ❖ Ejecutar el alcance programado dentro del tiempo designado
- ❖ Controlar los desembolsos progresivos para que se mantengan dentro del presupuesto
- ❖ Cero accidentes incapacitantes
- ❖ Realizar todas las actividades con un muy bajo impacto ambiental.



2.3 DIFERENCIAS ENTRE UNA PPM Y UN PROYECTO

Existe cierta tendencia a utilizar el enfoque de gestión de proyectos, como medio de soporte para el manejo de las PPM, pero hay que tener mucho cuidado de no tratarla como un proyecto más, por esta razón es necesario establecer las diferencias y las características muy particulares y únicas que generan la necesidad de poseer una metodología propia y adecuada para la efectiva gerencia de las PPM. Las PPM se caracterizan por:

- ❖ Duración corta y alta intensidad de trabajos, puede consumir el equivalente del presupuesto de mantenimiento para un año en cuatro o cinco semanas.
- ❖ programación comprimida
- ❖ Guiada/empujada por la programación versus guiada/empujada por los costos.
- ❖ Múltiples caminos críticos y sub-críticos
- ❖ Trabajo totalmente integrado y altamente complejo
- ❖ Alto potencial en el descubrimiento de nuevos trabajos descubiertos o emergentes
- ❖ Aumento en la exposición a incidentes de seguridad

Debido a esto, Procesos específicos de planeación y programación son necesarios para manejar estas características particulares.

Figura 6. Diferencias comparativas entre proyecto y PPM.

PROYECTO	PPM
	
<ul style="list-style-type: none"> o Usualmente alcance muy bien definido: especificaciones, planos, contratos, memos. o El alcance es estático, pocos cambios ocurren durante la ejecución. o Puede ser bien planeado y programado durante el avance del proyecto. o Los proyectos están organizados alrededor de los costos/ commodities. o Generalmente no requieren de permisos de seguridad para ejecutar el trabajo. o Los requerimientos de personal, generalmente no cambian. o La programación puede ser actualizada semanal o mensualmente. o El proyecto mide el tiempo en días, semanas y meses. o El alcance del proyecto por lo general es mandatorio. o La programación de los proyectos son descomprimidas, se puede acelerar la programación para corregir demoras en el camino crítico. 	<ul style="list-style-type: none"> o Usualmente definición del alcance muy holgado: de la experiencia de PPM pasadas, reportes de inspección, requerimientos de producción, estimaciones históricas. o El alcance es dinámico, muchos cambios ocurren, a medida que se realizan las inspecciones. o La planeación y programación no puede ser finalizada hasta que el alcance sea aprobado. o La paradas están basadas en órdenes de trabajo. o Las PPM requieren de permisos extensivos. o Los requerimientos de personal varían durante la ejecución, debido a fluctuaciones del alcance. o Las actualizaciones deben realizarse en cada turno, diariamente. o Las PPM miden el tiempo en horas o turnos. o El alcance de la PPM es flexible, generalmente un gran porcentaje de trabajo puede ser pospuesto si es necesario. o Programación comprimida.

Fuente: Applying PMBOK to Shutdowns, Turnarounds and Outages. Bernard Ertl. Vice President, InterPlan Systems Inc.

Figura 7. Contraste entre proyecto y PPM.



Fuente: Lenahan, Tom. Turnaround, shutdown and outage management, effective planning and step-by-step execution of planned maintenance operations. 2006, chapter 6, page 74.

2.4 TIPOS DE PARADAS

Por su impacto en el plan de producción, se pueden clasificar en:

- ❖ Paradas previstas: Grandes paradas o Turnarounds, revampings, paradas por proceso (cambio de un equipo importante del proceso)
- ❖ Paradas no previstas: paradas por averías, paradas de oportunidad por razones de mercado.

2.5 EJECUTAR PARADA DE PLANTA CON ÉXITO

En el momento en que se hace referencia a la ejecución de una parada de planta exitosa se refiere a:

- ❖ En la cual no existan accidentes incapacitantes, ni problemas de higiene, ni eventos que perjudiquen el ambiente.
- ❖ Ejecutar trabajos con la calidad requerida
- ❖ Realización en el tiempo programado(*mínimo*)
- ❖ Presupuesto previsto (mínimo)
- ❖ Operar la planta en forma continua según su capacidad de trabajo o diseño.

2.6 BARRERAS

- ❖ Plan de seguridad, Higiene y ambiente deficiente y/o no cumplimiento del plan diseñado
- ❖ Ausencia de un proceso de gerencia de paradas de planta.
- ❖ Pobre comunicación entre los actores de la parada.
- ❖ Responsabilidades no definidas
- ❖ Alcance de los trabajos incompleto
- ❖ Personal sin conocimientos y sin experiencias de su especialidad y/o en paradas de planta
- ❖ Planificación y programación deficiente.
- ❖ Reportes de progreso desactualizado, sin control de los gastos.
- ❖ Relación con sindicato, no adecuada.
- ❖ Ejecución de trabajos sin la calidad requerida
- ❖ Ejecución de trabajos en un tiempo mayor a lo previsto
- ❖ No cumplimiento de normas de contrataciones para adjudicación de trabajos.

- ❖ Ejecución de trabajos no previstos en el alcance original, sin su debida autorización.
- ❖ Manejo inefectivo del proceso de solicitud y entrega de materiales a los ejecutores
- ❖ Trabajos de contratistas sin la debida supervisión.
- ❖ Cierre de contratos en un tiempo mayor a lo previsto y/o en forma infectiva.

2.7 ESTADO DEL ARTE EN PPM

Joshi (2004) en un estudio de benchmarking para más de 200 paradas de planta Mostró que el estiramiento en la programación y los sobrecostos son causados por una planeación y coordinación inadecuada. Por lo que se hace necesario que las compañías posean un proceso eficiente para la planeación, definición completa del alcance y una buena estrategia para la ejecución que incluya el esfuerzo de equipos integrados. Lenahan (1999), Duffuaa *et al.* (1998) y Duffuaa y Ben Daya (2004) proveen enfoques estructurados para la planeación y gerenciamiento de las paradas de planta. Los enfoques en Lenahan (1999) y Duffuaa y Ben-Daya (2004) están alineados con el cuerpo de conocimientos de gerencia de proyectos provisto por el instituto de gerencia de proyectos. Gupta and Paisie (1997) presentan un método para desarrollar el alcance de la parada de planta utilizando principios de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. Presentan un enfoque basado en un equipo que utiliza la experticia y experiencia de personal clave para analizar los datos operacionales y de mantenimiento de la planta y justificar económicamente cada elemento del alcance. Un método basado en el riesgo para optimizar el alcance es presentado por Merrick *et al.* (1999). El enfoque es similar al proceso de ranking utilizado en el análisis de efectos y modos de falla. Krings (2001) hace énfasis en un enfoque proactivo para las paradas, permitiendo suficiente tiempo para la planeación de calidad. Oliver (2002) discute los procesos de planeación de las paradas y resalta la diferencia entre las paradas de planta y otros proyectos.

2.8 FASES DE LA PPM

Las paradas de planta constan de las siguientes fases:

2.8.1 Inicio Esta fase cubre todos los asuntos estratégicos y actividades necesarias para iniciar el proceso de planeación. Esto incluye la organización de la parada y compilar una lista de trabajos inicial.

2.8.2 Planeación Esta es la fase crítica de la parada, la ejecución exitosa de la parada depende de una excelente preparación. La actividad más importante en esta fase es la determinación del alcance del trabajo, el alcance es la base de todo el proceso de planeación. Esta fase incluye la preparación de los paquetes de trabajo, selección de contratistas, definir los programas de seguridad, calidad y comunicación, además de la preparación del presupuesto final para el proyecto.

2.8.3 Ejecución trata de la conducción del trabajo, monitorear su progreso y controlar las actividades de la parada para que se realice dentro de la programación y el presupuesto.

2.8.4 Terminación/cierre esta fase termina el proyecto y se evalúa el rendimiento para documentar las lecciones aprendidas, que pueden ser utilizadas para mejorar futuros eventos. También se puede observar la PPM como el conjunto de las siguientes actividades, las cuales se encuentran en alguna de las cuatro fases descritas anteriormente: Definición del alcance, planificación, procura de materiales, alquiler de equipos, contratación de mano de obra, programación de actividades, parada operacional de las instalaciones, ejecución del alcance, control de la ejecución, pruebas de arranque, arranque operacional, cierre administrativo, sistemas de gerenciamiento, organización, estrategias de ejecución y contratación, planeación, programación integrada, planeación de contingencias, presupuestos, costos, funciones de apoyo como: logística, comedores, vestuarios,

comunicación, HSE, seguridad, higiene, relaciones con terceros: sindicatos, contratistas o entes gubernamentales según sea el caso.

2.9. PLANEACIÓN DE PARADAS MAYORES PROGRAMADAS

El objetivo básico de la planeación consiste en asegurar que el trabajo especificado es el adecuado, tiene los recursos necesarios para su desarrollo y que se realice en el tiempo correcto por el personal correcto; Este objetivo es alcanzado utilizando las especificaciones de trabajo, programación de trabajos y de recursos. La planeación de una PPM requiere de una participación activa de un gran número de personas incluyendo entre otros, los siguientes:

- ❖ Equipo de preparación: bajo el liderazgo del líder de la parada, se crea el plan el cual será presentado al grupo directivo.
- ❖ Equipo de planta: provee los datos básicos, requerimientos de trabajo, información técnica y el inicio de la red de PPM y luego validar la documentación de planeación final.
- ❖ Inspectores: especifican los trabajos de inspección, técnicas y requerimientos.
- ❖ Departamento de ingeniería: provee información técnica y da soporte a un rango de temas.
- ❖ Gerentes e ingenieros de proyectos: proveen la planeación y documentación para el trabajo de proyectos.
- ❖ Representantes de Contratistas: asesoran en la viabilidad de su parte en el plan.
- ❖ Grupo directivo: aprueba y provee los fondos de financiación.

La primera etapa en la planeación consiste en la creación de especificaciones de tareas bajo tres grandes categorías: tareas mayores, tareas menores y el paquete de tareas durante reuniones de revisión de listas de trabajo.

2.9.1 Tareas o trabajos mayores Una tarea mayor es aquella que cumple con uno o más de los siguientes criterios: Anormalmente peligrosa, técnicamente compleja o no familiar, contiene un alto contenido de trabajo, involucra un gran número de personal con diferentes habilidades, involucra trabajos en multiniveles, toma un gran tiempo para completar. Dentro de los documentos creados para la planeación, debe especificar el procedimiento paso a paso, la lista de materiales, requerimientos hora/hombre, servicios públicos, formatos de documentos requeridos, plan de seguridad, programación de herramientas y equipos requeridos. Entre algunos ejemplos de tareas mayores se encuentran: overhauling de una gran máquina, reemplazo de todos los elementos de un gran cinta transportadora, aplicar una cubierta protectora a un gran contenedor con pequeños accesos de entrada, demolición de una torre de enfriamiento redundante, instalación de un nuevo sistema de control computarizado. Tales tareas requieren la participación de un ingeniero. En el caso de las PPM es el Coordinador del equipo de preparación quien elabora los paquetes de trabajo para las tareas mayores. Su trabajo consiste en transformar los datos básicos en una serie de instrucciones escritas y documentación de soporte. Esto provee de suficiente información para permitir realizar la tarea con la mínima pérdida de tiempos por falta de información. Lo que significa que el desarrollo de la tarea mayor se cubre de manera detallada. Después el equipo de revisión crea un listado de requerimientos de información que incluyen la red de trabajos, registro de aislamiento, Procedimiento de soldadura si se requiere, Peticiones de pruebas no destructivas, formatos de reportes, procedimiento de las pruebas de presión, formato de reportes, plan de seguridad y cualquier otro documento necesario.

Posteriormente se entrega la lista de trabajos al coordinador de planeación para su inclusión en la programación de la parada y se presenta el paquete de tareas mayores al grupo directivo y personal interesado en la reunión final de revisión para tareas mayores.

2.9.2 Tareas menores requieren de especificaciones individuales dadas por un planeador experimentado. Un ejemplo de tareas menores pueden ser: limpiar, inspeccionar y si es necesario reparar un intercambiador de calor de tamaño medio o grande, inspeccionar y si es necesario reparar pequeños recipientes. Reemplazar trampas de vapor, remover, overhaul y reemplazar un bomba grande. El planeador genera documentos como: pequeña red de tareas, metodologías, registro de aislamiento, procedimientos de soldadura, requerimientos de pruebas no destructivas si aplican, formato de reportes y procedimientos de pruebas de presión. Posteriormente se le entrega al equipo de planeación para su inclusión en la programación de la parada.

2.9.3 Paquete de tareas consiste en un gran conjunto de tareas idénticas, similares o tareas simples, que no necesitan ser especificadas en hojas de trabajo individuales pero pueden ser agrupadas en una lista. El planeador produce la lista de trabajo, típicamente cubre el overhaul o reemplazo de elementos tales como: válvulas (de control, alivio, etc), pequeñas bombas y otras unidades sencillas. El programador utilizará las tareas de corta duración individualmente para llenar vacíos en el perfil de requerimientos de recursos causados por los periodos en trabajos mayores y asegura que los planes y programas encajen con la secuencia real.

2.9.4 Programación El objetivo de la programación consiste en producir una programación integrada de trabajo, cubriendo un periodo que puede durar desde una a ocho semanas, que provee: Un plan para la ejecución de todas las tareas en una secuencia lógica, un perfil de costos que no exceda el presupuesto, además requiere compensar las restricciones de tiempo, dinero, turnos de trabajo y recursos limitados. Son las restricciones las que definen el rol y la necesidad del planeador. Un factor importante por considerar consiste en que las restricciones están íntimamente conectadas entre sí, cada uno tiene un impacto individual sobre el alcance y a su vez son influenciados por el alcance, pero cada uno también se

afecta mutuamente. Si se modifica una restricción, las otras cambian automáticamente o tendrán que cambiar para compensar las necesidades. Por ejemplo, una manera de disminuir la duración de una PPM que ha sido planeada con un turno, es doblar el turno, pero eso significa aumentar el número de personal y el presupuesto estimado.

2.9.5 Planeación de contingencias El reto de Las PPM consiste en que las plantas pueden estar viejas, deterioradas, dañadas o en mal funcionamiento. Por esta razón, la planeación de contingencias es probablemente el elemento más incómodo de la planeación. Muchas veces la planeación de contingencias es ignorada, ya que en el contexto de la PPM es una actividad que genera tiempos dinero y recursos extras para cubrir el trabajo emergente y existe la posibilidad de que no suceda. Esta incertidumbre genera debates acerca de la necesidad de construir un plan de contingencias, por un lado, si el gerente de la parada realiza un plan con demasiadas contingencias, puede ser acusado de inflar el plan, para su propia comodidad, además conseguirá muy poco apoyo del equipo directivo, especialmente si en el evento, el trabajo emergente resulta menor que el predicho. Por otro lado, si el gerente de la parada no construye contingencias o muy pocas y un gran número de trabajos emergentes ocurre, causando un sobre costo y alargando los plazos de entrega, él será la responsable por las consecuencias de los sobrecostos del evento.

2.9.6 Trabajo emergente Existen dos tipos de trabajos emergentes: trabajo extra y trabajo adicional. *Trabajo extra*: es generado por una tarea existente, como por ejemplo la realización de una inspección, de la cual se encuentra una falla que debe ser rectificadas, también puede surgir por el daño realizado sobre un elemento por el equipo de trabajo mientras se realiza la tarea o por alguien más. *Trabajo adicional*: son tareas añadidas a la lista de trabajo durante el evento. Esto puede suceder porque el equipo de la planta, simplemente olvidó incluirla en la lista de trabajo aprobado o por algún suceso especial durante el evento.

2.9.7 Finalización del plan Varias iteraciones durante el proceso de optimización del plan son necesarias, antes de que finalmente sea aprobado por el grupo directivo. Después debe ser ampliamente divulgado, para que todo el personal concerniente, lea minuciosamente el plan y si es necesario encontrar alguna incongruencia en alguno de sus elementos. Una vez el personal clave está de acuerdo con el plan, todas las actividades subsecuentes deben seguir la planeación. Utilizando el plan aprobado, el equipo genera un número de documentos que permitan monitorear y controlar el flujo de trabajo durante el evento.

2.10 EJECUCIÓN DE PPM

Cuando toda la planeación, programación y preparación está completa, los materiales y equipos en su lugar, los recursos organizados, el paro de la planta y la ejecución da inicio. En esta fase miles de actividades variadas se realizarán durante el evento, pero se pueden clasificar en trabajos planeados y emergentes. Se debe hacer énfasis en ejercitar el control sobre el trabajo por medio de la planeación y el sistema de control de la parada, para que se mantenga dentro de la programación y el presupuesto. Una PPM es un evento complejo durante el cual pueden surgir problemas, que han sido predichos o inesperados, sin importar cuán buena sea la planeación y preparación. El objetivo es estar preparados para reaccionar rápida y efectivamente, minimizando cualquier impacto negativo, si el incidente no es apropiadamente controlado las actividades de la rutina, pueden rápidamente convertirse en inesperado y lo inesperado en catastrófico.

2.10.1 Objetivos durante la ejecución

- Ejecución sin accidentes incapacitantes, problemas de higiene y eventos ambientales
- Ejecutar los trabajos con la calidad requerida

- Ejecución de trabajos según programa de ejecución
- Desembolsos dentro del presupuesto previsto (mínimo)
- Realizar trabajos de preparada, programados y postparada
- Cumplimiento de normas de seguridad, higiene y ambiente
- Dar soporte a operaciones en actividades de prearranque y arranque
- Ejecución de trabajos de manera segura y efectiva
- Cumplimiento de normas y especificaciones técnicas
- Máximo rendimiento en los trabajos

2.10.2 Paro de la Planta Es controlado por el gerente de la planta y su personal. Debe llevarse a cabo en conformidad con el plan de parada, el cual, como parte de la programación total de la parada, habrá sido formulado o actualizado por el equipo de la planta durante la fase de preparación. En muchas situaciones, especialmente aquellas en que la planta es parada por primera vez o por un equipo inexperimentado, la lógica, la coordinación del tiempo y duración de los eventos, se basará solo en la sensatez y cualquier experiencia disponible. La realidad puede forzar al equipo de la planta a desviarse del plan, si esto sucede, puede tener dos efectos: alterar la lógica de la parada y afecta los tiempos y duraciones de las actividades o afectar el inicio de la duración mecánica. El gerente de la planta debe informar al líder de la parada, para que el efecto de la desviación en la programación existente pueda ser rápidamente calculada y modificada, si se falla en esto puede que la programación existente se convierta en una herramienta de control inútil. Antes de la fase de inicio de la parada, todas las herramientas, equipos, materiales son identificados y desplegados en la planta, para que estén disponibles cuando se requiera. El gerente de la PPM da apoyo al gerente de la planta y puede suplir recursos para realizar las actividades de preparada.

Una parada puede durar típicamente de una a cinco semanas. Para mantener el control, el gerente debe armar una rutina diaria, la cual le permita tratar con los

equipos críticos y manejar los asuntos que se presentan durante la ejecución. Debe mantener contacto personal con personas claves en la organización y el equipo de parada de manera regular. También es importante hablar con los trabajadores, a menudo ganando conocimiento de la situación que de otra manera no se tendría. El líder de la parada debe ser capaz de verificar que la información suministrada está en concordancia con el progreso global y el rendimiento del trabajo. Dentro de las acciones a realizar se encuentran: Revisar el progreso de las 24 horas previas con el coordinador de planeación, revisar el control de costos y pronósticos con el coordinador de costos, visitar las cabinas de seguridad y revisar cualquier asunto de seguridad requerido, visitar las bodegas y revisar la entrega de materiales y problemas que puedan surgir, visitar los talleres y revisar el progreso de los trabajos, revisar todo el lugar en cuanto a limpieza y seguridad, hablar con el personal, tomar parte regularmente en las inspecciones de seguridad, visitar la oficina de permisos para trabajar y revisar cualquier problema, visitar al equipo de calidad y discutir cualquier asunto requerido, revisar las requisiciones de tiempo extra, aprobar, rechazar o modificar

2.10.3 Reunión con todos los líderes de la PPM esta reunión se realiza para:

- ❖ Resolver cualquier problema técnico que exista
- ❖ Discutir y aprobar/rechazar peticiones de trabajo emergente.
- ❖ Formular estrategias para mantener el evento en el programa.
- ❖ Discutir y resolver cualquier problema industrial
- ❖ Discutir y resolver cualquier problema interconectado
- ❖ Definir las consecuencias de cualquier cambio de objetivos

2.10.4 Reunión diaria del progreso de la PPM realizada con el fin de hacer:

- ❖ Reportes del jefe de seguridad sobre iniciativas y asuntos emergentes.
- ❖ Reporte de los ingenieros del área sobre el progreso el trabajo y problemas

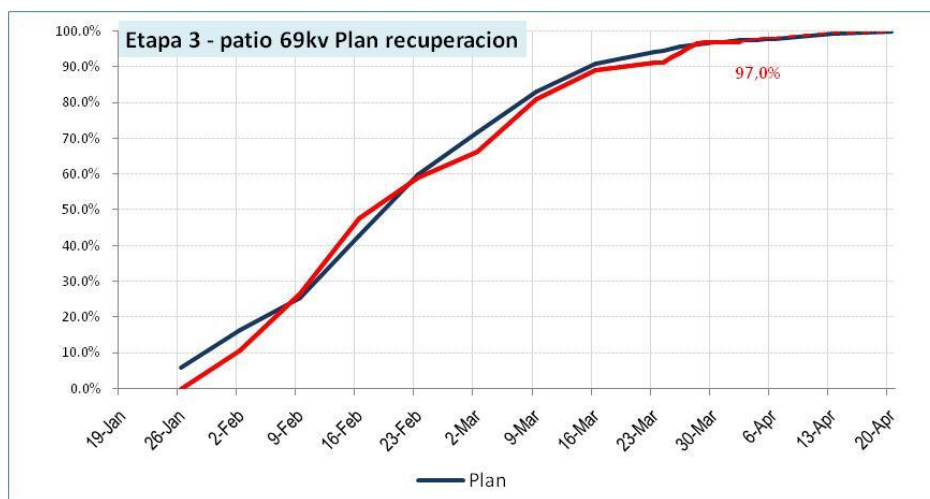
- ❖ Reporte de los gerentes de proyectos sobre el progreso de los proyectos y problemas que han surgido.
- ❖ Reporte del gerente de la planta sobre cualquier asunto relacionado con la planta
- ❖ Reporte del gerente de mantenimiento sobre cualquier asunto de ingeniería.
- ❖ Reporte del jefe de calidad sobre asuntos de calidad.
- ❖ Reporte de costos del coordinador sobre gastos y asuntos de costos.

2.10.5 Turno de la noche El gerente de la parada debe revisar en primer lugar en la mañana, el progreso y rendimiento del turno previo de la noche. En la programación de la parada, con el propósito de controlar los recursos y duraciones, el trabajo realizado en el turno nocturno se trata de la misma manera que el diurno, pero se debe recordar que en la noche generalmente solo un pequeño personal realiza el control de las tareas y la mayoría del personal clave está fuera de su labor. Normalmente, el turno de la noche es utilizado para progresar en la programación y realizar cualquier trabajo que esté atrasado dentro de la misma, es un trabajo crucial dentro de la parada y muchas veces descuidado. Solo requiere de una equivocación para que todo empiece a fallar, una orientación incorrecta, uso de materiales incorrectos, una falla de un equipo a mitad del trabajo, retomar el trabajo puede ser difícil ya que los servicios normales y el personal no se encuentra disponible. Horas programadas del camino crítico que se pierdan en los turnos nocturnos, no pueden ser recuperadas. Los turnos de la noche necesitan ser controlados por un líder fuerte y recursivo. La planeación, preparación, recursos y orientación deben ser de un alto estándar.

2.10.6 Control del trabajo El equipo de control del trabajo genera un número de documentos para controlar los trabajos y el gerente debe mantenerse al día del progreso actual, visitando la oficina de planeación diariamente, él debe examinar y analizar documentos como: La programación de la parada que consta del paro unido a la duración mecánica y el arranque, que se actualiza diariamente, muestra

el progreso general en cada área e indica si una actividad se ha convertido en crítica (demora en la planeación programada). También debe mirar la programación que está por realizarse, mirar el rendimiento actual contra el rendimiento planeado, con ayuda de la gráfica S. donde la variable de la misma puede ser desembolso, horas programadas completas u horas-hombre gastadas según se requiera.

Figura 8. Modelo de curva S, para seguimiento y control.



Fuente: Tomada de archivos, parada de planta en cerrejón.

Todo esto son avisos visuales que permiten al gerente, observar de manera rápida el progreso general y en cada área individual. La validez de los documentos de programación y control dependen de su actualización correcta. Si se ignora esto, se puede tener una imagen errada. El gerente de la parada debe conocer la verdadera situación del evento, si va a ejercer control, y este conocimiento solo viene de un monitoreo y cuestionamiento constante de la actualización de la información.

2.10.7 Desembolsos El coordinador de costos debe generar un reporte diario detallado, de los gastos actuales, los comprometidos y el costo final anticipado para cada una de las áreas designadas de la parada, al igual que para el total de

actividades. Esta información permite al gerente de la parada analizar los patrones de gastos y señalar actividades en que se está gastando demasiado. Esto puede ocurrir inesperadamente en actividades como el andamiaje, en lugar de en las actividades altamente técnicas que a menudo están más planeadas y controladas. El gerente debe ser capaz de exponer las raíces causales y proponer acciones correctivas, si un gran número de trabajo emergentes están elevando los gastos, Copias del reporte deben ser enviados a los miembros del grupo directivo, para mantenerlos al tanto de la situación, porque si el costo final anticipado se eleva más allá del presupuestado, se deben buscar alternativas como: buscar más dinero para cubrir el trabajo extra o recortar la lista de trabajos.

2.10.8 Seguridad El gerente de la parada debe visitar la cabina de seguridad y revisar cualquier incidente o problema que se esté presentando. Todos los días, siempre hay noticias de seguridad a las que se les debe hacer seguimiento. La seguridad es un tema clave ya que cuando se cuenta con una cantidad cercana a los mil trabajadores que trabajan bajo presión, pueden actuar irracionalmente y por ende poner en riesgo su salud, para lograr la ejecución del trabajo. El gerente de la parada tiene la responsabilidad final, por el rendimiento de la seguridad del evento, debe ejercer vigilancia constante y monitorear la situación de seguridad de manera regular, para asegurar que el sistema de seguridad está operando correcta y completamente.

2.10.9 Logística El equipo de logística debe presentar informes de la situación actual y las dificultades presentadas. La disposición de las herramientas, equipos, materiales, consumibles, servicios, hospedaje e instalaciones deben ser realizadas y cualquier problema que requiera la ayuda del gerente debe ser resuelta. Elementos de consideración especial como: la no entrega de materiales, disposición de aguas residuales o sustancias tóxicas, violación de las reglas de ubicación, uso de grúas y vehículos de trabajo pesado, deben monitorearse cuidadosamente.

2.10.10 Permisos de trabajo Los permisos son en muchos trabajos una fuente constante de frustración y tiempos perdidos. Dado que el sistema de permisos ha sido armado para proveer las condiciones únicas del evento, los permisos deben estar disponibles cuando sean requeridos, de lo contrario se debe exponer las razones causales de la demora y manejarlas, cualquier problema con los permisos, debe ser revisado.

2.10.11 Calidad El equipo de calidad normalmente tiene un rol de monitoreo en áreas específicas, a lo largo de gran parte del evento y normalmente son aquellos representantes de la planta que firman el trabajo entregado por los contratistas. Si existen problemas de calidad, las causas raíces deben ser expuestas y eliminadas.

2.10.12 Control Una reunión de control diario debe realizarse, con la siguiente agenda: Reportes del oficial de seguridad, reportes del área de ingeniería, reportes de los gerentes de proyectos, reportes de los gerentes de la planta, reportes de los gerentes de ingeniería y mantenimiento, reportes del equipo de calidad, resumen del gerente de la parada y acciones a realizar.

2.10.13 Trabajos inesperados EL propósito de la planeación y preparación es el de reducir los trabajos desconocidos al mínimo posible y generar rutinas para todo lo demás. Existen ciertas incertidumbres que yacen en el corazón de la PPM, porque envuelve una planta que está deteriorada o dañada y en cierta medida se desconoce la magnitud de este daño. Además, existe los factores inherentes de todas las actividades humanas, donde hay desacuerdos, se cometen errores, hay agotamiento y se cambia de parecer sin previo aviso. El gerente de la PPM en acuerdo con los gerentes de ingeniería y mantenimiento, deben aprobar todo el trabajo emergente. En el caso de trabajo extra, permisos para tal contingencia pueden haber sido considerados dentro del plan y presupuesto. No sucede lo mismo con el trabajo adicional, a menos que basado en la experiencia con

paradas previas, se ha destinado cierta cantidad para cubrir sobrecostos. Trabajo emergente, especialmente extra, puede extender la duración de la parada. Este efecto es más crítico cuando sucede cerca del final de la parada, porque entonces hay poco tiempo para recuperar. El trabajo emergente puede cambiar la ruta crítica de una tarea o área a otra y es por ello de alta importancia monitorear su efecto de cerca.

2.11 ARRANQUE POST PARADA

En cada área se llega a un punto de la parada en el cual, la mayoría de las áreas han sido completadas y el gerente de la parada junto con el equipo de la planta concuerdan y dan luz verde para iniciar el arranque. Esta es una fase de transición crítica y si no es apropiadamente controlada, se puede desperdiciar tiempo, dinero y esfuerzo. El arranque viene al final del evento, cuando la mayoría de la gente ha estado trabajando largas horas, durante un periodo extendido de tiempo. Las personas cansadas cometen más errores., por otro lado a diferencia de la parada cuando la planta está siendo enfriada y despresurizada y los fluidos son extraídos, durante el arranque la planta está siendo calentada y presurizada y los fluidos son ingresados incrementando los riesgos.

Generalmente hay muchas pruebas, como pruebas de presión, del sistema, revisiones y pruebas de alarmas, que deben llevarse a cabo durante el periodo de arranque, lo que lo hace más complejo que el paro. Además si alguno de los test fallan y es necesario un re-trabajo y se extiende la duración del evento.

Dependiendo del tipo de planta, el proceso de arranque puede durar de unas pocas horas a muchos días. Sin importar la duración, la entrega debe hacerse de manera efectiva. El gerente de la planta y su equipo controlan el arranque de la misma manera que controlan la parada e igualmente el gerente de la parada

provee recursos para dar soporte al equipo de la planta. El gerente de la parada conviene en lugar de realizar reuniones diarias de control, realizar reuniones diarias de arranque, en el cual el énfasis se encuentra en regresar la planta a la línea de producción de la manera más segura y rápida posible. El siguiente personal, se encuentra involucrado en las reuniones: el gerente de la planta, el gerente de la parada, el ingeniero de la parada, el coordinador de la parada, el planeador de la PPM, el coordinador de logística, el ingeniero de control instrumentista, el líder de seguridad y otro personal requerido como, presidente, asesor técnico, organizador del trabajo, planeador de trabajos entre otros. El equipo se reúne de manera regular, durante el día para revisar el progreso y la actualización de los requerimientos de los trabajos. La agenda consta de: Lista de trabajos pendientes, trabajo adicional generado por el arranque, procura de elementos generados por el arranque, actividades de arranque, fechas claves, problemas y otros asuntos. El equipo de arranque necesita ser fuertemente coordinado, respondiendo rápidamente a la situación altamente variante que caracteriza el arranque. La reunión del equipo de arranque continua hasta que la planta es devuelta a la línea de producción y todos los trabajos técnicos han sido completados. En ese momento el equipo de arranque es desmovilizado y el personal de la planta regresa sus labores normales.

El precomisionamiento y Comisionamiento se llevan a cabo a través de una serie de actividades y procedimientos ordenados sistema por sistema. Estas acciones tienen por objeto traspasar formalmente la Planta al personal encargado de la Producción, garantizando su operatividad en los términos de Seguridad, Confiabilidad y rendimiento requeridos para lograr la recepción del Proyecto por parte del Cliente, asegurando asimismo, la disponibilidad de la información para su uso futuro y la trazabilidad de todo lo obrado

2.11.1 Arranque Al igual que el apagado de los equipos, la forma en que se arranque la planta será tan vital para la duración del nuevo ciclo como todos los

trabajos en conjunto realizados. También debe existir un procedimiento operativo oficial para el arranque. El tiempo total es clave pero deben cumplirse estrictamente los pasos y sus tiempos como: curado de refractario, elevación progresiva de la temperatura, agregación de la carga (materia prima). Los elementos a tener en cuenta son:

- ❖ Discusión y entendimiento del programa de arranque por parte de todos los operadores desde antes de la misma apagada de la planta.
- ❖ Gestión de **recibo de equipos, desbloqueo de equipos**.
- ❖ Seguimiento exhaustivo al programa de arranque
- ❖ Control de las variables de control de los equipos (ventanas operativas).
- ❖ Retiro de personal de mantenimiento de actividades de poca importancia y control de trabajos de alto riesgo al momento del arranque
- ❖ Cuadrilla de personal clave de mantenimiento (ej.: instrumentación)

2.11.2 Precomisionamiento Esta etapa involucra la verificación de la operabilidad funcional dentro del sistema, mediante el sometimiento de los equipo a un conjunto de condiciones operacionales simuladas, para alcanzar un estado de preparación para el comisionamiento, el precomisionamiento requiere de la energización de los equipos y la introducción de permisos para trabajar. Algunos ejemplos incluyen la corrida y prueba completa de los sistemas de generación de potencia, pruebas de paros de emergencia y sistemas de control. Antes de iniciar las actividades de precomisionamiento se debe revisar que:

- ❖ Todo el diseño e ingeniería ha sido completado
- ❖ Todo el trabajo de instalación para el sistema incluyendo todos los equipos ha sido completado de acuerdo con las especificaciones de diseño, códigos y regulaciones aplicables.
- ❖ Todos los instrumentos han sido instalados
- ❖ Realización de todas las conexiones de tie-in.

- ❖ Todas las pruebas y actividades de inspección han sido completadas.
- ❖ los contratistas han recibido la aprobación
- ❖ los estudios de seguridad han sido completados, los requerimientos cumplidos y toda la documentación en su lugar.
- ❖ Toda la documentación y certificación requerida por el contrato ha sido suministrada.
- ❖ Todos los procedimientos de operación y mantenimiento han sido reenviados a la empresa para revisión.
- ❖ Todas las actividades por las cuales el contratista es responsable, han sido realizadas, aprobadas y confirmadas

2.11.3 Actividades de precomisionamiento Son actividades que se realizan después del mechanical completion de una pieza de un equipo o sistema, para garantizar la seguridad y listo para entregar a la etapa de comisionamiento. Dentro de las actividades se encuentran: Pruebas de los equipos y sistemas de la planta, verificación de modificaciones, inspección interna de recipientes, Flushing limpieza de recipientes y tuberías, calibración de válvulas PSV, calibración de todos los instrumentos, verificación de lazos, revisión completa del sistema de seguridad, revisión del sistema eléctrico y sistema de control distribuido, entrega, almacenamiento y catalogación de todos los repuestos, los documentos de finalización y todos los documentos de diseño, la preparación del plan de comisionamiento y entrega a la empresa para revisión. Pruebas hidrostáticas y neumáticas de recipientes, entrenamiento e instrucciones del personal de la compañía y de los contratistas en el comisionamiento. Retirar todos los escombros y equipos del sitio. Durante el desarrollo de estas actividades se busca:

- ❖ **Seguridad:** Realizar ejecución y certificación de las pruebas previstas en los códigos y normas aplicables, garantizar el cumplimiento de los requisitos de seguridad.
- ❖ **Planeación:** Hacer seguimiento de los programas de certificación.

- ❖ **Confianza:** verificar ejecución de las pruebas requeridas y asegurar la tenencia de toda la información de la planta (ingeniería final, planos as-built, manuales de operación y certificados de prueba, en una forma ordenada, clara y accesible)
- ❖ **Eficiencia:** En la programación de las pruebas y asegurar la realización de las pruebas durante el tiempo previsto, optimizando los tiempos de construcción y pruebas.
- ❖ **Integridad:** cumplimiento de la ingeniería, normas, especificaciones y garantizar la integridad de la planta.

2.11.4 Comisionamiento Comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones simuladas, las pruebas de PRE-Arranque y las pruebas operacionales. Ejemplo: simulación de lazos de control, prueba de los sistemas de disparo, corrida de motores, bombas, compresores, pruebas de fugas, secado y energización de líneas y equipos, etc.

El personal encargado de las actividades de Comisionamiento, debe tener un amplio conocimiento en el manejo de normas, códigos, especificaciones, planos, materiales utilizados en la industria del petróleo y conocimiento en las actividades de inspección y aseguramiento de calidad (QA QC), análisis de integridad y de riesgos, diseño y operación

El fin del Comisionamiento es de garantizar que los sistemas que conforman el proyecto, **interactúen entre sí** de acuerdo a los diseños, normas, requerimientos del cliente y recomendaciones de los fabricantes, estando expeditos para iniciar las actividades de Puesta en Marcha de la Planta.

2.11.5 Actividades del comisionamiento

- ❖ Actividades de pruebas de funcionalidad: son las comprendidas en el alcance del equipo de Comisionamiento para el Proyecto. Se orientan a verificar la funcionalidad de los sistemas para asegurar que se preserve en la operación la integridad técnica de los mismos. Algunas requieren de energización y/o introducción de fluidos de operación en los sistemas. Para este último caso, se contará con la colaboración del Grupo de Operaciones, para operar las válvulas que permiten la entrada de los fluidos de operación al sistema.
- ❖ Función operativa: para las válvulas, instrumentación de control y shut-down, transformadores, equipos eléctricos, cableado, etc.,
- ❖ Verificaciones dinámicas: para chequear el correcto desempeño de los elementos o funciones eléctricas, de instrumentación y control de los equipos (sistemas y subsistemas) que hacen parte de una planta. La energización de la red de distribución eléctrica es la primera fase de esta actividad. La preparación mecánica y la corrida de equipos y pruebas en línea por un periodo de tiempo suficiente de los sistemas utilitarios de la facilidad. Las actividades relacionadas con la preparación de las líneas o equipos para la introducción de gas o hidrocarburos, tales como: secado, leak-test, energización, limpieza de químicos. Las actividades de arranque y puesta en marcha de los sistemas utilitarios están incluidas dentro de actividades de Comisionamiento.
- ❖ Seguimiento y cierre de pendientes: participación en la elaboración de los listados de pendientes, para llegar al completamiento mecánico de cada sistema y seguimiento al cierre de estos pendientes hasta llegar a una planta integra y segura.
- ❖ Creación del manual y plan de comisionamiento
- ❖ Definición integral de los planos p&id de la planta
- ❖ Listado integral y accesorios de los equipos de la planta

- ❖ Programa de entrega de la construcción - inspección y documentación de la obra.
- ❖ Elaboración de las planillas de precomisionado y procedimientos de comisionado
- ❖ Plan de comisionamiento de la planta
- ❖ Etapas de pruebas y puesta en marcha

2.11.6 Grupo de comisionamiento

El grupo de Comisionamiento debe estar conformado:

- ❖ Líder de Comisionamiento.
- ❖ Un especialista mecánico / tubería
- ❖ Un especialista eléctrico
- ❖ Un especialista de instrumentación y control (telecomunicaciones cuando aplique).
- ❖ Un especialista de control
- ❖ Un especialista civil
- ❖ El ingeniero de certificación
- ❖ Técnico 1A de documentación

El personal de Comisionamiento debe estar en el proyecto desde el momento que inicia la ejecución de las obras, de modo que se pueda adelantar la certificación en paralelo o simultáneamente a los equipos, partes, líneas e instalaciones que se estén terminando o consolidando; parte de los sistemas y subsistemas dispuestos en el plan de precomisionamiento y comisionamiento.

2.11.7 Puesta en marcha Consiste en verificar que *las instalaciones como un todo* operan de acuerdo con las condiciones de diseño, procediendo gradualmente a poner las instalaciones en operación paso por paso y de un modo controlado,

seguro y confiable hasta que estas alcancen las condiciones normales de operación y la producción se haya estabilizado (Arranque gradual, seguro y controlado) En esta etapa se efectúan las pruebas de performance para verificar el cumplimiento de los parámetros garantizados.

2.12 CIERRE DE PARADA

Es la responsabilidad del gerente de la parada de planta organizar todas las actividades que devolverán la planta a la condición aceptada, al menos con el mismo rendimiento del evento anterior. Se debe asegurar que la entrega es adecuadamente concluida y que todos los rastros del evento removidos, asegurando que el ambiente de la planta es al menos tan bueno como lo era antes de la parada. Se debe organizar después una inspección final del sitio y obtener una entrega certificada por el gerente de la planta, indicando que la parada ha terminado. Finalmente se debe informar del personal clave que trabajo en la parada y de la información recolectada, escribir un reporte final.

La fase de cierre integra todos los elementos asociados a la preparación de un reporte formal de cierre para luego utilizarlo en el desarrollo de un plan de acción de mejoramiento continuo del proceso gerencial de paradas. Durante esta fase, cada uno de los representantes de los departamentos en el equipo gerencial de la parada deberá incluir un informe individual de los resultados de la ejecución del plan establecido por su departamento. Los planificadores integraran los informes individuales como reporte formal de cierre asegurándose de obtener la retroalimentación de los contratistas antes de que abandonen el sitio. Todas las áreas del proceso gerencial de paradas de planta serán revisadas para determinar la brecha entre los resultados, las metas y los objetivos establecidos para la parada. Se destacaran los costos y duraciones reales de los paquetes de trabajo de los equipos críticos vs. estimados, lo cual presentara una excelente

oportunidad de mejora. De la reunión formal de cierre debe generarse un plan de recomendaciones donde se identifiquen las oportunidades de mejora, el responsable por cada una de ellas y las acciones a desarrollar para su implementación. Se debe establecer un sistema de seguimiento de las acciones correctivas. El equipo de paradas actualizara sistemáticamente toda la documentación relativa de las redes lógicas de los paquetes de trabajo y recursos estimados, registros de inventarios de materiales, historia de los equipos mantenidos y procedimientos de operaciones.

2.12.1 Desmovilización La mayoría del trabajo de desmovilización es organizado por el coordinador de logística, pero aun es responsabilidad del gerente de la parada asegurar que es realizado de manera competente y adecuada. La desmovilización hace referencia a remover del sitio todo el personal, bienes y servicios temporalmente requeridos durante la duración del evento. Esto incluye los recursos de personal tanto propio como contratado, la regla general es desmovilizar el personal en la oportunidad más temprana posible. Todo el material excedente o sobrante, objetos y consumibles no usados, serán devueltos al almacenamiento, vendidos, reciclados o vertidos. Si son nuevamente almacenados, todos los certificados respectivos también deben ser regresados. Todos los equipos, herramientas, grúas y vehículos alquilados, deben ser sacados en la fecha más temprana posible. Cabinas de control y mobiliario usado en la parada, computadores, teléfonos, cabinas, fotocopiadoras, muebles y demás. Todos los hospedajes temporarios, cafetería, baños y demás. *Todas las estructuras temporales*, andamios, plataformas. El equipo de la planta puede solicitar que algunas estructuras temporales se dejen en posición para permitirles realizar trabajos futuros, en este caso los costos deben ser transferidos al presupuesto de la planta. Cualquier estación de trabajo temporal. Elementos no deseados como, restos, escombros, desechos, derrames y efluente deben ser removidos de manera segura. La desmovilización incluye una limpieza del área de la planta de cualquier elemento o substancia temporalmente instalada o utilizada.

Además cualquier superficie pintada debería ser parchada o pintada y todo el aislamiento re instalado.

2.12.2 Inspección final y entrega Cuando el gerente de la parada ha comprobado que el sitio ha sido completamente desmovilizado y limpiado, organiza una inspección formal del sitio con el gerente de la planta, acompañado por el coordinador de logística y cualquier persona nominado para el gerente de la planta, se visita cada área de la planta y se inspecciona para asegurar que : Todo el trabajo acordado ha sido completado, todos los desechos y escombros producidos en la parada han sido removidos, la planta está limpia y organizada, cualquier daño causado durante la parada ha sido reparado. El gerente de la planta debe identificar cualquier elemento que presente inconformidad. El coordinador de logística hace un registro, además el gerente de planta puede requerir ciertas omisiones que deben ser registradas, porque el costo de completar el trabajo se transfiere al presupuesto del gerente de la planta. EL coordinador de logística organiza cualquier trabajo pendiente. Cuando el gerente de planta esté satisfecho con el estado de la planta, el firma un certificado de entrega, que indica de manera formal que la PPM ha sido completada. Registrando el rendimiento de la PPM, cuando todo el trabajo ha sido completado y la planta esta devuelta en línea, es tiempo de realizar un análisis y registro del rendimiento actual contra el rendimiento planeado. Datos medibles son recolectados de muchas fuentes y registrados en una hoja de medidas, cubriendo seguridad, costo, duración, horas, eficiencia y calidad y otras mediciones, comparados con los objetivos de la parada. También se registran los factores críticos que contribuyeron al rendimiento actual. Una vez que todos estos datos están disponibles, se puede empezar a medir, en términos globales cuan exitosa fue la parada. Un valor adicional de registrar el rendimiento consiste en que, provee de información crucial para la siguiente PPM.

2.12.3 Reporte Final El gerente de la parada tiene ahora toda la información disponible concerniente al evento. Su tarea final es organizarla en un reporte de PPM. Generalmente se debe cubrir los siguientes temas: La política de la parada, el alcance, la fase de preparación, la planeación, la organización, el control del trabajo, el rendimiento de los contratistas, la seguridad, la calidad, la logística, las comunicaciones, recomendaciones, Realizar taller con las personas involucradas para evaluar el desempeño del equipo de trabajo y los resultados de la PPM de tal forma que se identifiquen los puntos positivos y por mejorar para futuras paradas.

Desplegar las lecciones aprendidas al resto de los equipos de trabajo.

2.12.4 Elementos del cierre

- ❖ Plan de Cierre.
- ❖ Fecha y agenda para la reunión de cierre.
- ❖ Lista de asistentes y representantes de las contratistas.
- ❖ Revisión de los resultados de los indicadores de desempeño.
- ❖ Procedimientos de cierre de contratos y órdenes de compra.
- ❖ Manuales y plan de entrenamiento para equipos nuevos o modificados.
- ❖ Lista de trabajos incompletos o diferidos para la próxima parada.
- ❖ Plantillas y lista de repuestos para equipos nuevos.
- ❖ Cierre de la parada.
- ❖ Lecciones aprendidas.
- ❖ Generación del Plan de Mejora Continua.

3. INFORMACIÓN

3.1 EQUIPOS CRÍTICOS DE PPM EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Las plantas cementeras operan con grandes equipos utilizados en secuencia para la producción del cemento. Identificar los equipos críticos se convierte en algo problemático, porque el equipo trabaja de manera enlazada con otros equipos, especialmente en casos donde el sistema de operación es un circuito cerrado. Sin embargo, el enfocarse en la selección de equipos críticos para grandes plantas es de crucial importancia dentro de la estrategia de mantenimiento y se inicia con la identificación de equipo crítico. Los equipos críticos son máquinas que son vitales para la planta o el proceso y son una parte clave del proceso de producción. De manera especial, una máquina crítica es aquella que todo su tiempo de procesamiento hace parte del make-span. Para seleccionar el equipo crítico, hay unos pasos y principios específicos para aplicar en la jerarquización de equipos según su criticidad, esta jerarquización es catalogada como de alta prioridad, prioridad media o baja prioridad.

Definición de la naturaleza crítica: cuando con carga bajo un periodo particular de tiempo, comienza a caer su capacidad gradualmente. La caída se hace evidente por el paro de líneas, la máquina debe ser mantenida durante este periodo de tiempo para evitar fallos por la aplicación de carga adicional o el continuo uso. Considerando el KILN horno clinkerizador de la planta de cemento, según las políticas de la compañía se realiza un paro una o dos veces al año, para realizar actividades de mantenimiento que no pueden realizarse durante la producción. Esto sin embargo puede convertirse en una “tradicional” en la planta. Los motivos pueden ser el cambio de refractario donde hay puntos calientes, protección del casco del KILN, llenado del nivel de aceite de piñón con catalina, verificación de los casquetes de los rodillos de apoyo y de la inclinación o pendiente del horno

con la horizontal que varía entre 3 y 5%, reparación de molinos, reconstrucción de rodillos de molinos de carbón y de crudo.

3.1.1 Hornos rotativos La fabricación del clinker de cemento portland, en los primeros tiempos, se realizaba en hornos verticales cargados y controlados manualmente. Este procedimiento exigía grandes esfuerzos físicos y presentaba el inconveniente de un funcionamiento irregular produciendo un clinker de composición química y mineralógica variable y, a menudo, de mala calidad. Además la capacidad de producción de dichos hornos era muy baja. Este sistema, tan poco satisfactorio, fue reemplazado por hornos verticales automáticos, en los cuales con un buen crudo y con un combustible conveniente, era posible obtener un funcionamiento regular del horno y, por tanto, un clinker más homogéneo. El inconveniente que seguía presentándose era el de una producción limitada, nunca superior a las 300 toneladas por día. A finales del siglo XIX apareció en Gran Bretaña el horno rotatorio, y hoy en día el piropcesamiento del crudo con el fin de obtener el clinker tiene lugar, casi exclusivamente, con este tipo de horno.

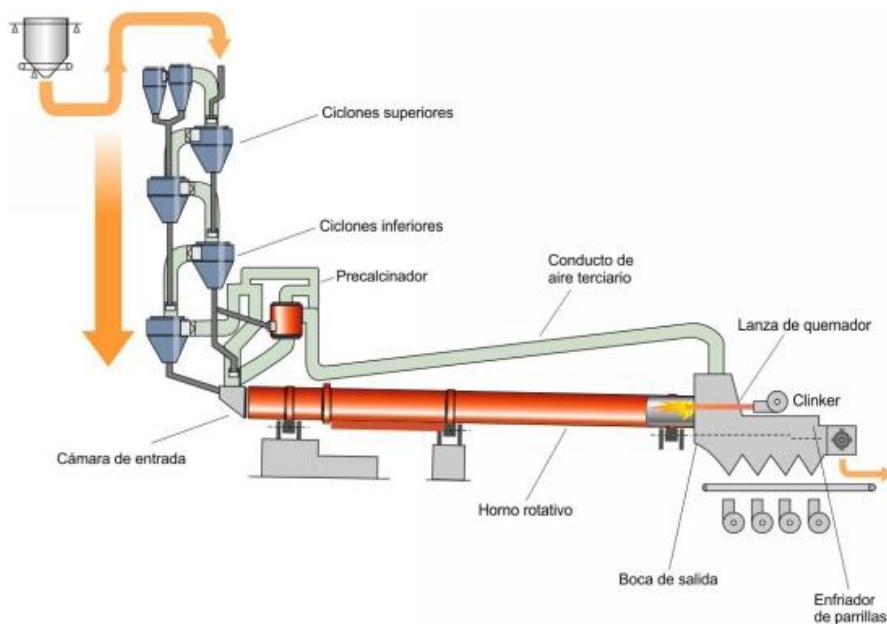
3.1.1.1 Hornos rotativos largos: Alimentación: pasta con un contenido de agua de 30 a 45 % (vía húmeda). Para vía húmeda o seca: entre 32 y 35 veces el diámetro del cilindro. Inclinación del horno: de 3.0 a 4.5 %. Velocidad de rotación: 1.5 a 2.5 r.p.m., lo que corresponde a una velocidad tangencial de 0.3 a 0.9 m/seg. Para el caso de los hornos húmedos que poseen un Sistema de cadenas interiores en la zona de ingreso de la pasta: el arreglo puede ser en espiral o en guirnalda y su peso es cerca de 0.1 a 0.13 t/m³ de volumen efectivo del horno. Carga de calor en la zona de cocción sobre el revestimiento refractario: 20 a 25 GJ/m² – h Tiempo de permanencia del material en el horno: 3 a 5 horas.

3.1.1.2 Hornos rotativos cortos: Alimentación: polvo crudo semiseco o seco (vía semiseca o seca). Diámetro del cilindro: de 15 a 17 veces su diámetro. Inclinación del horno: de 3.0 a 4.5 %. Velocidad de rotación: hasta 6 r.p.m. Carga de calor en

la zona de cocción sobre el revestimiento refractario: 20 a 25 GJ/m² .Tiempo de permanencia del material en el horno seco es de: 40 a 60 minutos.

Mientras que en los hornos largos de vía húmeda , es en el propio horno donde se realiza el piroprocesamiento completo, empezando por la alimentación del crudo a temperatura ambiente hasta su Clinkerización; en el horno vía seca con precalcinación se realiza el calentamiento del material hasta la temperatura de calcinación en la primera etapa que normalmente es en ciclones verticales en una alta torre hasta llegar a temperatura de calcinación y el proceso final de Clinkerización en el horno rotatorio. (FIGURA 8)

Figura 9. Diagrama horno rotatorio seco y sus componentes



Fuente: Obtenido de http://www.sensotec.com.ar/industria_cemento.php.

Figura 10. Imagen de horno rotativo.



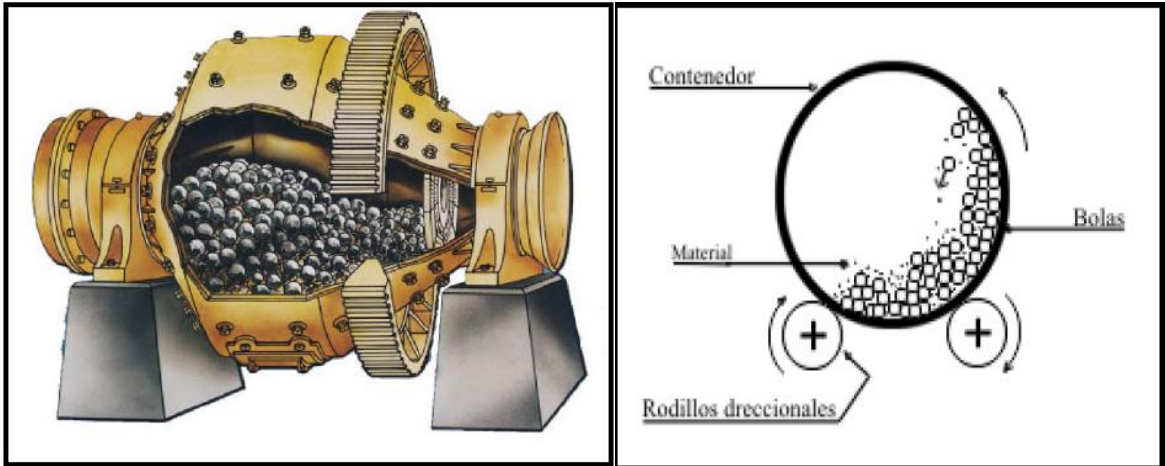
Fuente: Tomado de <http://www.mareche.es/rotary-kilns-dryers/>.

3.1.2 Molinos. La molienda es una operación de reducción de tamaño de rocas y minerales de manera similar a la trituración. Los productos obtenidos por molienda son más pequeños y de forma más regular que los surgidos de trituración. Generalmente se habla de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" (1" = 2.54 cm) siendo el grado de desintegración mayor al de trituración.

Se utiliza fundamentalmente en la fabricación de cemento Portland, en la preparación de combustibles sólidos pulverizados, molienda de escorias, fabricación de harinas, alimentos balanceados, etc. Además se utiliza en la concentración de minerales ferrosos y no ferrosos, en cada uno de estos casos, se procesan en el mundo, alrededor de 2.000 millones de toneladas por año. Existe una serie de elementos importantes que influyen en la molienda de los materiales.

Estos son: Velocidad Crítica, relaciones entre los elementos variables de los molinos, tamaño máximo de los elementos moledores, volumen de carga, potencia, tipos de Molienda: húmeda y seca.

Figura 11. Molino de Bolas.



Fuente: Industrias I – 2012 / 72.02 Molienda.

A principio de los 90's, la molienda en las plantas de cemento fue operada principalmente por molinos verticales para la materia prima seguida de molinos de bolas convencionales para el cemento. El cemento es producido en molinos de bolas convencionales los cuales son operados en circuito cerrado con clasificadores dinámicos de aire de alta eficiencia. Los molinos de bolas convencionales tienen dos compartimentos los cuales son separados por un diafragma de rejilla por la cual las partículas sometidas a una primera molienda pasan al siguiente compartimento para una molienda más fina mientras que el producto que sale de la molienda es definido por una rejilla de descarga. Los molinos de bolas convencionales están siendo reemplazados en la actualidad por nuevas tecnologías tales como los molinos de rodillos de alta presión, molinos verticales y Horomill debido a un eficiente uso de energía en la reducción de tamaños del cemento. La reducción de tamaño de las distintas materias hasta convertirlas en un polvo fino (generalmente denominado HARINA) es necesaria al objeto de conseguir una mezcla homogénea de las materias primas, que por cocción en el horno, se convierta rápidamente en CLINKER sin presencia de cal libre. Usualmente, la reducción de tamaño se realiza, por lo menos, en dos etapas principales: Reducción preliminar: TRITURACIÓN. Reducción fina: MOLIENDA. La

trituration es la primera etapa de la operación de reducción de tamaño de las materias primas (Admitiendo el mayor tamaño posible) y tiene por objetivo obtener un producto fácilmente transportable, que se preste bien a la operación de prehomogeneización en silos y cuyo tamaño sea lo más fino posible y, en cualquier caso, cuyo tamaño superior sea aceptable como alimentación de los molinos de crudo, que, generalmente, es del orden de 25-30 mm o incluso 50 mm. De este modo se mejora la eficacia de la operación de molienda.

Por qué se realiza la molienda lo contestan los dos factores siguientes:

- ❖ Para poder mezclar íntimamente diferentes materias primas y llegar a un producto con una composición uniforme (Que tenga el mínimo número de micro homogeneidades).
- ❖ Para poder combinar químicamente las materias primas con un mínimo de energía térmica. Entonces lo que se quiere es: Llegar a un tamaño de partícula especificado por las condiciones de homogeneización y clinkerización, con el mínimo consumo de energía.

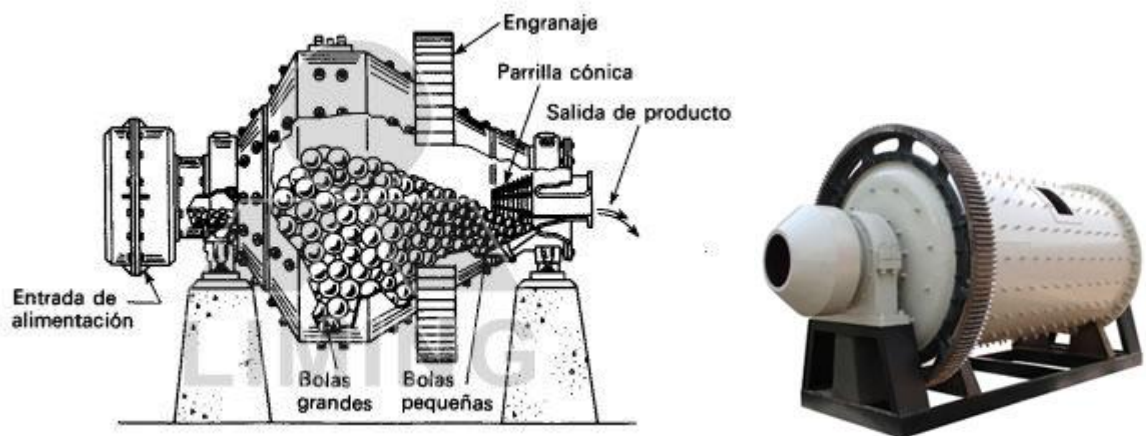
Los molinos de bolas a gran escala constan de: una cámara de molienda, con cuerpos moledores (elemento activo de la molienda) discos, barras, anillos que provocan el movimiento del contenido del molino. El tipo de agitador está directamente relacionado con el transporte óptimo de la energía

3.1.2.1 Partes Principales de un Molino: Las piezas fundamentales de un molino son: Casco, Chaquetas o revestimiento, Rejillas, Cuerpos trituradores, Dispositivos de carga y descarga y el accionamiento o mando del molino, Trunión de alimentación (o muñón de entrada), es el conducto para la entrada de carga impulsada por la cuchara de alimentación, Chumaceras Se comporta como soporte del molino y la vez la base sobre la que gira el molino Piñón y catalina Son los engranajes que sirven como mecanismo de transmisión de movimiento. El

motor del molino acciona un contra-eje al que esta adosado el piñón, este es encargado de accionar la catalina la que proporciona movimiento al molino, dicha catalina es de acero fundido con dientes fresados. Cuerpo o casco del molino o Shell :El casco del molino está diseñado para soportar impactos y carga pesada, es la parte más grande de un molino y está construido de placas de acero roladas y soldadas que conforman el Shell o casco del Molino. Tiene perforaciones para coloca los pernos que sostienen el revestimiento o forros. Para conectar las cabezas de los muñones tiene grandes flanges de acero generalmente soldados a los extremos de las placas del casco. En el casco se colocan aperturas con tapas llamadas manholes para poder realizar la carga y descarga de los cuerpos moledores o bolas, realizar inspección y reemplazo de las chaquetas y de las rejillas de los molinos. El casco de los molinos está están unidos al trunnión instalado sobre dos chumaceras o dos cojinetes macizos esféricos. Tapas Soportan los cascos y Forros o Chaquetas Sirven de protección del casco del molino, resiste al impacto de las bolas así como de la misma carga, los pernos que los sostiene son de acero de alta resistencia a la tracción forjados para formarle una cabeza cuadrada o hexagonal, rectangular u oval y encajan convenientemente en las cavidades de las placas de forro. Trunnión de descarga Es el conducto de descarga del mineral en polvo, por esta parte se pueden alimentas las bolas, sobre la marcha. Cucharón de alimentación O scoop freeders que normalmente forma parte del muñón de salida del molino Trommel Desempeña un trabajo de retención de bolas especialmente de aquellos que por excesivo trabajo han sufrido demasiado desgaste. De igual modo sucede con el mineral o rocas muy duras que no pueden ser molidos completamente, por tener una granulometría considerable quedan retenidas en el trommel. De esta forma se impiden que tanto bolas como partículas minerales muy gruesas ingresan al clasificador o bombas. Ventana de inspección Esta instalada en el cuerpo del molino, tiene una dimensión suficiente como para permitir el ingreso de una persona, por ella ingresa el personal a efectuar cualquier reparación en el interior del molino. Sirve para cargar bolas nuevas (carga completa) así como para

descargarlas para inspeccionar las condiciones en las que se encuentra las bolas y blindajes. las chumaceras del contra eje, el contra eje, las poleas, reductor de velocidad, el acoplamiento, el motor eléctrico, Rejillas de los molinos En los molinos se instalan unas rejillas destinadas a retener los cuerpos moledores y los trozos de mineral grueso, durante el traslado del mineral molido a los dispositivos de descarga. Para dejar el mineral molido, el muñón el trunnión de descarga, está separado del espacio de trabajo por parillas dispuestas radialmente con aberturas que se ensanchan hacia la salida. El mineral molido pasa por las parillas, es recogido por una espiral soldada en una camisa que está colocada en el Trunnión de salida, dispuestas radialmente y se vierte fuera del molino por el muñón trunnión de descarga. Las parillas y el revestimiento interno la espiral soldada se reemplaza fácilmente cuando se desgastan.

Figura 12. Esquema de un Molino de Bolas



Fuente: Industrias I – 2012 / 72.02 Molienda.

Tabla 2. Ventajas y desventajas que presentan la molienda húmeda y seca.

Molienda húmeda	Molienda seca
Requiere menos potencia por tonelada	Requiere más potencia por tonelada
No requiere equipos adicionales	Requiere de equipos adicionales, separador dinámico y colectores de polvo
La eficiencia del proceso es limitado	Eficiencia del proceso optimo
Consume más revestimiento (Desgaste y Corrosión)	Consume menos revestimiento

Fuente: Industrias I – 2012 / 72.02 Molienda.

3.2 CONFIABILIDAD E INTEGRIDAD DE PPM

3.2.1 Confiabilidad Para que la empresa sea rentable, se requieren medios consistentes de producción entregados por una planta en operación confiable. Existen varias definiciones de confiabilidad, una definición sencilla es: una planta que se encuentra disponible cuando se requiere, es capaz de operar bajo las condiciones de diseño especificadas de una manera económica y segura para la vida de la planta. Debido a que la PPM es un evento de Mantenimiento e ingeniería muy significativo, se observa una conexión directa entre el cumplimiento exitoso de la misma y la rentabilidad de la empresa. Recientemente se ha reconocido que uno de los enfoques más importantes para incrementar el valor en una instalación, es mejorando la disponibilidad o la utilización de la misma. El enfoque tradicional comúnmente utilizado para incrementar valor ha sido aumentar el volumen de las ventas, subir la capacidad de manufactura del activo, reducir costes, la apertura a nuevos mercados o la combinación de estos factores. Un incremento en la disponibilidad se puede lograr mejorando los *Procedimientos de Operacionales, Técnicas de Mantenimiento, Confiabilidad Operacional y con la Confiabilidad Intrínseca de la Instalación*. El Análisis de confiabilidad es una guía para los problemas más comunes experimentados en los sistemas, equipos y componentes. Estas técnicas aplicadas durante el ciclo de vida del activo nos ayudan a identificar los fallos antes del desarrollo del proyecto de parada de

planta. Los *problemas de diseño del equipo*: pueden ser identificados con preguntas de modos de fallo por tipo de equipo. Este proceso puede identificar por lo general componentes que han fallado de entre la población registrada de equipos similares.

3.2.1.1 Problemas en el material del equipo: en algunos casos, el análisis de confiabilidad puede señalar una deficiencia en los materiales o en la selección del material. Esos problemas a menudo se comportan como un modo de fallo *tipo “desgaste temprano”*, el cual es fácilmente identificado con un análisis *“Weibull”*. Los problemas de los mantenimientos mayores a menudo se muestran durante la puesta en marcha, después de un periodo de reparación, de una parada o cuando tiene cierta edad. Esos problemas son frecuentemente el resultado de unas inadecuadas o impropias técnicas de construcción o fallos de material. Los procedimientos insatisfactorios e inadecuados de mantenimiento, como problemas de construcción, pueden ser identificados y separados mediante la comparación con componentes similares entre sistemas mantenidos por diferentes equipos. El nivel de formación, adhesión al procedimiento estándar y atención a todo detalle, juega un papel importante en la calidad de las reparaciones realizadas por el equipo de operación y mantenimiento.

3.2.1.2 Identificación de procedimientos impropios de operación: cambios bruscos de temperatura e inadecuado control de nivel pueden llevar a una mala calidad del producto y reducir la vida del equipo. Fallos ocasionados por procedimientos de operación inadecuados se manifiestan ellos mismos como prematuro modo de desgaste y son fácilmente identificados mediante análisis *“Weibull”*. Los activos de una planta, deben ser dirigidos y gestionados para conseguir las metas perseguidas, en la dirección que se muestre más eficaz para la optimización de la confiabilidad operacional y minimización de costes. Para lograr esto, se desarrolla una estrategia para el mantenimiento de activos centrada en la función del activo. La función del activo define qué es necesario para

conseguir el cumplimiento de los objetivos de operación/confiabilidad. Así, un mantenimiento eficaz es, básicamente, preservar la función del activo para alcanzar el cumplimiento de operación requerido, no refiriéndose solamente a la preservación del activo propiamente dicho. El desarrollo de una estrategia en esta dirección proporciona el método para definir y gestionar un presupuesto de mantenimiento realista y acertado. Esto es básicamente una cuestión técnica que ha sido hecha efectiva mediante la aplicación de procesos como la optimización de la confiabilidad basado en técnicas (RCM – OCR -RCA – Weibull – RBI – Modelado de Sistemas – Six Sigma - Análisis Monitoreo de Condición). Los procesos tienen que ser establecidos de manera adecuada para gestionar eficientemente la actividad de la confiabilidad operacional, evaluar el rendimiento frente a los objetivos, e iniciar algunas acciones necesarias de mejoramiento y perfeccionamiento. El proceso debe reflejar el razonamiento “planear, hacer, comprobar y actuar”, como ciclo de mejora continua. La aplicación de estrategia de confiabilidad operacional en la gestión de paradas de planta, tiene por objeto optimizar el alcance de mantenimiento, lo cual representa ahorros sustanciales.

El beneficio que se obtiene al eliminar la subjetividad e incertidumbre que acompaña a la mayoría de las decisiones que se deben tomar; y que normalmente se traduce en cantidades de obra sobrestimada, se maximiza al aplicar técnicas de confiabilidad que permiten identificar las causas raíz de los problemas, la probabilidad de ocurrencia de los mismos y las consecuencias tanto operacionales como de seguridad. En otras palabras, se tiene un conocimiento del riesgo asociado a cada decisión y se acepta el mismo o se busca mejorar con la acción de mantenimiento propuesta en la etapa de confiabilidad de planta.

3.2.1.3 Riesgo a la confiabilidad de la planta: La PPM es un riesgo potencial hacia la confiabilidad de la planta. Paradójicamente, aunque forma parte de la estrategia de mantenimiento, cuyo propósito consiste en proteger la confiabilidad de la planta, puede en realidad disminuirla o destruirla si no es adecuadamente

planeada, preparada y ejecutada, debido a la toma de malas decisiones por los gerentes e ingenieros, pobre rendimiento de los trabajos realizados, el uso de materiales incorrectos, o por un daño causado a la planta mientras se ejecutaba la parada.

3.2.2 Integridad: Se crean programas de inspección basada en riesgos para generar unos planes de inspección que disminuyan los costos de las inspecciones. La sociedad Americana de Ingenieros mecánicos (ASME), El instituto de petróleo Americano (API) y otros, han reconocido al enfoque de RBI como medio para la determinación de los alcances de la inspección y el desarrollo de una inspección costo efectiva y un plan de mantenimiento. La API 581, provee una guía para la aplicación del RBI. Mediante la jerarquización de equipos basados en el riesgo. Un programa de RBI optimiza los recursos de mantenimiento (tiempo y dinero). La optimización de recursos limitados está basada en los resultados de riesgos en operaciones más seguras y confiables en la planta. La aplicación apropiada de la experiencia ingenieril para identificar potenciales mecanismos de daño, también mejora la seguridad de una planta.

Un programa típico de RBI consta de una fase estratégica y otra táctica. La fase estratégica incluye la ventana de riesgos, clasificación de riesgos y desarrollo del plan para los equipos, cuya implementación ocurre durante la fase táctica.

3.2.2.1 Fase estratégica: La ventana de riesgo inicial identifica a todo el equipo requerido cubierto por las regulaciones y normativa. Algunas plantas incluyen equipos que trabajan con vapor, soda caustica o condensado, además algunas plantas incluyen equipos sobre la base de la disponibilidad y confiabilidad de la planta. Después de la recolección de los datos del equipo, un equipo técnico y de operación realiza un análisis de riesgos. El equipo considera escenarios de lo que puede salir mal, la probabilidad de falla y las consecuencias de la falla. El producto

de la probabilidad de falla multiplicado por las consecuencias de la falla proveen de una medida del riesgo.

El programa API tabula los resultados de cada equipo en una matriz de 5x5 para crear la clasificación del riesgo, se utilizan categorías de riesgos como: alto, medio alto, medio y bajo.

3.2.2.2 Fase táctica: después de realizar la clasificación de riesgos, el equipo desarrolla los planes, que consisten del alcance, programación de inspecciones y técnicas. El análisis de riesgos identifica equipos para los cuales el riesgo relativo se considera alto. Esto es, en relación a otros equipos de la planta, las consecuencias relativas del fallo de los componentes y la probabilidad de fallo permite entonces tomar medidas inmediatas, que pueda incluir la recolección de evidencia adicional con respecto a la integridad del equipo o información adicional sobre las condiciones metalúrgicas o del proceso.

Figura 13. Sistema de Gestión basado RBI



Fuente: Risk based inspection, API 580-581.

Cuando existe el suficiente conocimiento sobre la existencia de equipo con alto riesgo para demostrar la pertinencia del servicio, la planta puede cambiar de un programa de inspección tradicional a uno basado en análisis de riesgos. Un programa basado en análisis de riesgo es manejado vía el sistema de gerenciamiento de mantenimiento e inspección. Los datos en el sistema de gerenciamiento son continuamente mejorados. La reevaluación de la clasificación de riesgos toma lugar como resultado de evidencia adicional a través de la inspección o el programa de control de corrosión o del nuevo conocimiento asociado con la integridad mecánica del equipo.

La planta realiza una ventana inicial de riesgo para determinar equipos que cubran las normativas y regulaciones. Los diagramas de proceso e instrumentos (P&ID) identifican equipos rotativos y estáticos como cubiertos o excluidos, los equipos cubiertos incluyen aquellos que contienen químicos altamente riesgosos, son los últimos o siguiente línea de defensa o son percibidos como de peligro para los empleados. Los equipos excluidos incluyen aquellos que no contiene químicos altamente riesgosos. Fallas en el equipo excluido no resulta en falla de componentes del cubierto, tal falla impactaría solo tales elementos como calidad del producto, capacidad o tiempo de operación.

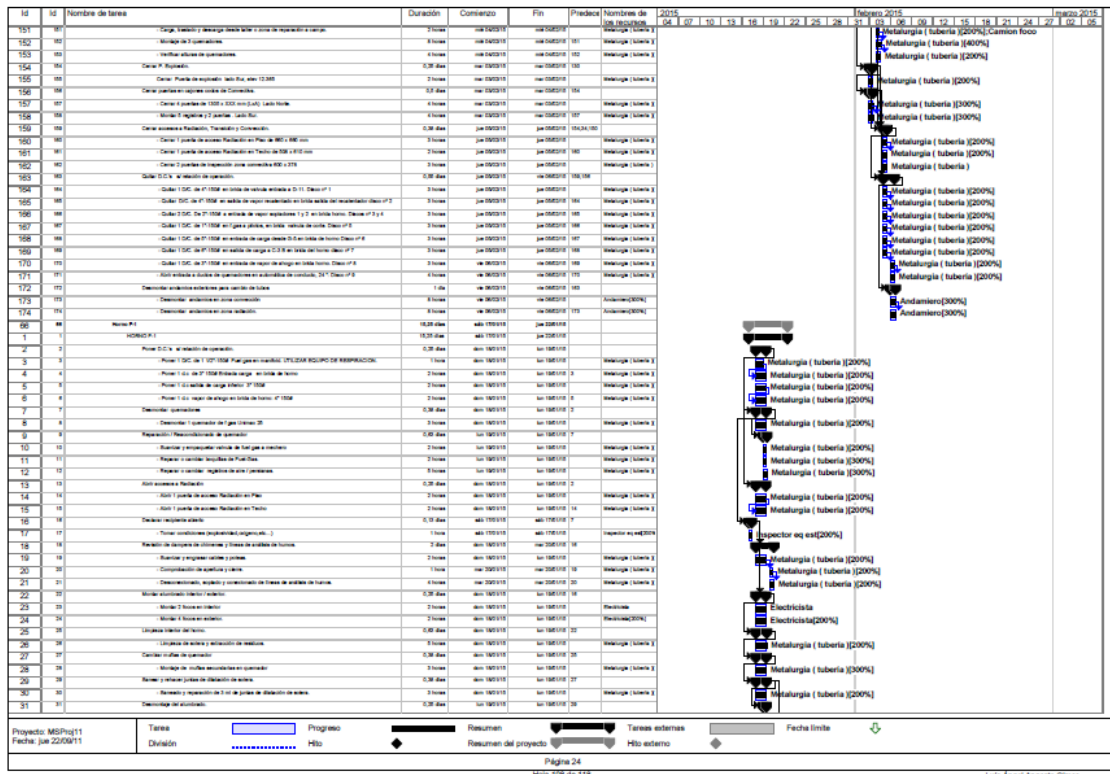
3.3 PLANEACIÓN DE PPM

La planeación no es simplemente un medio para organizar y controlar el alcance de trabajo en una parada, abarca todas las acciones necesarias para lograr el éxito completo de una parada. La planificación comienza a nivel corporativo, y penetra completamente en todos los aspectos del proyecto hasta la planificación de la actividad de cada individuo. Existen herramientas utilizadas para la planeación y programación que van a ser tratadas a continuación:

3.3.1 Diagrama de Gantt EL grafico de Gantt fue inventa a inicios de 1900 por Henry L Gantt, un ingeniero americano y científico social. El eje horizontal representa el tiempo lineal; a cada tarea se le da su propia banda horizontal donde la duración de la tarea es indicada por una caja, línea u otro objeto con una dimensión horizontal variable. Las tareas son agrupadas en categorías y cada categoría puede ser tratada como la suma de tareas cuya duración abarca todas las tareas dentro de esa categoría.

3.3.1.1 Actividades para crear un Gantt Hacer un listado de todos los hitos, tiempos muertos, entregables, todas las restricciones externas y crear la lista de tareas.

Figura 14. Ejemplo de un Diagrama de Gantt.



Fuente: Graphical Project planning techniques: An Overview of Gantt, Pert and Cpm charts.2002. D. Grover.

Las tareas son generalmente listadas de arriba hacia abajo en el orden en que ocurrirán; si existen grupos de tareas, las tareas se colocan de manera cronológica dentro del grupo y los grupos organizados desde la fecha de inicio. El eje horizontal tiene una resolución o escala apropiada para el tipo de tareas, la resolución de un día es útil para la mayoría de proyectos. Hay que notar que si trabajo significativo no se espera que se realice los fines de semana, entonces debería omitirse del grafico de otra manera las tareas tendrán sus duraciones distorsionadas. Una línea vertical es usualmente ubicada en el grafico para mostrar la fecha actual. Otro elemento importante puede ser marcado con líneas punteadas verticales en las fechas apropiadas. Las ventajas que presenta el grafico Gantt son: El tiempo es explícito y lineal, todas las tareas y sus relaciones con otras son fáciles de visualizar, los tiempos muertos se pueden observar, se puede mostrar el estado del proyecto en tiempos intermedios. El Gantt posee las siguientes desventajas: Las tareas no pueden asociarse con las personas, las Horas hombre no se muestran, solo las fechas de calendario, las dependencias entre tareas no son explicitas, no muestra la carga de tareas para cada persona, no muestra los recursos financieros necesarios, los caminos críticos no son explícitos, no muestra las diferencias entre el plan original y el actual.

El equipo de programación establece el diagrama de Gantt para la realización de la PPM. Este Diagrama debe incluir todas las actividades previas a la realización de la PPM hasta la entrega del equipo a producción y la realización de los informes finales. El Diagrama debe mostrar claramente la interrelación entre todas las actividades, de tal forma que permita identificar la ruta crítica e identificar claramente la fecha de iniciación y terminación de la parada.

Nombrar un planificador responsable de la PPM, conocer la fecha de llegada de todos los repuestos y materiales. Todos los trabajos deben estar planificados con materiales en almacén antes del inicio de la ejecución y los contratistas tener órdenes asignadas. Establecer fecha límite para generación de OT's que se

incluirán en la PPM. Tener en cuenta los servicios auxiliares necesarios para la ejecución (aire, agua, energía, otros). Asegurar la inclusión de los procedimientos en las OT's (seguridad y de ejecución). Establecer listado de actividades preliminares a incluir en la PPM. Cuantificar cuales actividades se incluirán en la PPM eliminando las que se pueden realizar rutinariamente. Involucrar a los contratistas en la formulación del cronograma y plan inicial.

Identificar la ruta crítica y con el grupo de especialistas identificar las oportunidades de optimización de tiempo y recursos.

Se debe conocer esta información por lo menos seis meses antes de la fecha de iniciación de la PPM y estar definida antes de dos meses.

Generar un solo plan que contenga todas las tareas a ejecutar de todas las especialidades (Mantenimiento, Producción, Proyectos) bajo un solo responsable (líder de la PPM). Todas las actividades que se incluyan en la PPM deben estar orientadas hacia el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Ejecutar todas las actividades previas posibles antes de la parada del equipo. Definir los planes, equipos o sistemas se afectarán con la PPM y tomar las medidas pertinentes. Ejemplo: planes de producción, inventarios de producto en proceso y terminado, otros equipos que se hará mantenimiento durante el mismo periodo de tiempo. Definir con el Equipo de Gerencia con antelación, como se manejará cada una de las situaciones identificadas. Cuando un proyecto está en curso, los gráficos del Gantt ayudan a monitorear si el proyecto se encuentra dentro de la programación o no, permite precisar las acciones necesarias para ponerlo nuevamente en la programación. Actividades secuenciales o paralelas : un concepto esencial detrás de la planeación del proyecto consiste en que algunas actividades son dependientes de otras que deben realizarse primero. Estas actividades dependientes necesitan ser completadas en una secuencia, con cada

etapa siendo más o menos completa antes de que pueda iniciar la siguiente actividad. Otras actividades no dependen del cumplimiento de cualquier otra tarea. Esta puede realizarse en cualquier tiempo antes o después de una etapa particular. Para dibujar un diagrama de Gantt existen los siguientes pasos: Hacer una lista de todas las actividades del plan: para cada etapa, colocar la fecha de inicio más temprana, duración estimada y si es una tarea paralela o secuencial, si es paralela, mostrar de cuales etapas depende. Al final se tiene una lista de tareas.

3.3.1.2 Actividades de programación: se realiza la gráfica del diagrama de Gantt y se utiliza para programar las acciones, programarlas de tal manera que las acciones secuenciales se lleven a cabo en la secuencia requerida. Asegurar que las actividades dependientes no inician hasta que las actividades de las que depende hayan sido completadas. Donde sea posible programar tareas paralelas para que no interfieran con las acciones secuenciales del camino crítico. Mientras se programa, asegura que se hace el mejor uso de los recursos disponibles y no sobrecargar los recursos. También permitir algún tiempo de holgura en la programación para fallas en la entrega, rechazos de calidad y demás.

3.3.1.3 Elementos clave: Las gráficas de Gantt son una herramienta útil para la planeación y programación de proyectos. Permiten evaluar cuanto debería durar un proyecto, determinar los recursos necesarios y mostrar el orden en que las tareas necesitan realizarse. Son útiles para manejar la dependencia entre tareas. Cuando un proyecto está en curso, los gráficos de Gantt permiten monitorear el progreso, se puede observar que debe lograrse en determinado tiempo y puede tomar acciones correctivas para traer de regreso el curso del proyecto, lo que es esencial para la implementación exitosa y rentable de un proyecto. Proyectos que envuelven más de una persona y más de un paso, poseen los siguientes cuestionamientos:

Que tareas se deben realizar para completar el proyecto? ¿Cuándo y en qué orden se harán estas tareas? ¿Quién hará cada tarea? ¿Cuáles son los tiempos muertos (reportes) y que se hará en ellos? Para contestar estas preguntas, surgen asuntos adicionales, tales como: ¿Cuánto tomará cada tarea? ¿Qué dependencias existen entre tareas? ¿Quién tiene el conocimiento, habilidad, y tiempo para realizar cada tarea? ¿Qué restricciones externas existen? Los gráficos de Gantt, Pert y cpm describen las respuestas a estas preguntas en diagramas. En todos los casos, la tarea, es la unidad básica de interés. En este contexto, una tarea es una actividad significativa que el grupo necesitara realizar para alcanzar las metas.

3.3.2 Camino Crítico: El CPM es la sigla inglesa para (Critical Path Management) método del camino crítico, es similar a la gráfica Pert pero incluye una indicación explícita del camino crítico, que es la secuencia de tareas que indican la duración del proyecto, una o más secuencias de estas tareas siempre existen, por otro lado CPM comparte las mismas fortalezas y debilidades que el Pert, y los dos son a menudo agrupados como una sola técnica. Para proyectos complejos, los gráficos CPM-PERT pueden ser útiles en proveer indicaciones claras de las secuencias críticas de tareas necesarias para mantener el proyecto dentro de la programación. Sin embargo el grafico de Gantt, especialmente cuando es mejorado con notaciones que muestren las dependencias, es más fácil de producir y actualizar y es una buena herramienta de planeación en proyectos.

El método del camino crítico es de gran interés para los gerentes de proyectos. Las actividades en el camino crítico son aquellas que definitivamente deben realizarse a tiempo para poder terminar el proyecto a tiempo. Si cualquiera de las actividades del camino critico se demora, entonces el proyecto completo terminara después, por esta razón, las actividades del camino critico reciben la mayor atención de la gerencia. Las actividades no críticas poseen cierta libertad para atrasarse sin afectar el tiempo global de ejecución presupuestado.

Paso 1. Calcular el tiempo óptimo T_o para cada evento/nodo. $T_o = [T_o \text{ del nodo en la cola del arco} + \text{duración del arco}]$ sobre todos los arcos existentes. Por definición T_o del nodo inicial es cero.

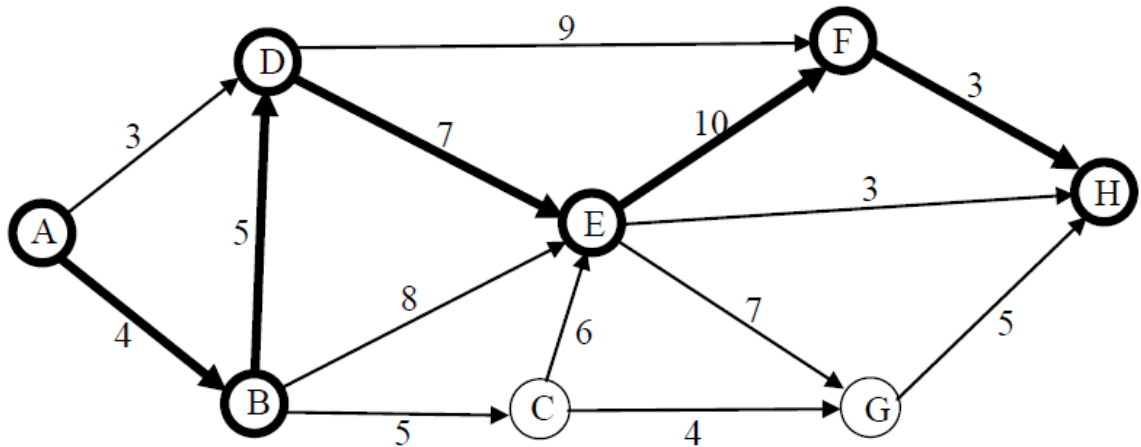
Paso 2 hacer un barrido hacia atrás a través del diagrama, calculando el tiempo pésimo T_p para cada evento/nodo, $T_p = [T_p \text{ del nodo en la cabeza del arco} - \text{duración del arco}]$ sobre todos los arcos existentes. Por definición el T_p del nodo final es igual a su T_o .

Paso 3 calcular el tiempo de holgura (slack time) para cada nodo del evento. Hace referencia al tiempo que podría ser ajustado después que su T_o sin causar problemas más adelante. $T_h = T_p - T_o$ para cada nodo.

Paso 4 calcular el tiempo de holgura total para cada arco, es decir la cantidad de tiempo en la que una actividad puede ser ajustada después del T_o del nodo en su cola sin causar problemas. $T_{ht} = T_p \text{ del nodo en la cabeza del arco} - T_o \text{ del nodo en la cabeza del arco} - \text{duración del arco}$.

Paso 5 el camino crítico conecta los nodos en los cuales $T_h = 0$ vía los arcos donde $T_{ht} = 0$. No debería sorprender que el camino crítico conecte los nodos y arcos que no tienen holguras. Si hay una holgura, entonces la actividad no necesita realizarse a tiempo, lo cual es la definición opuesta de camino crítico.

Figura 15. Camino Crítico.



Fuente: John W. Chinneck, 2009. Practical optimization: a gentle introduction.

Finalmente en el paso 5, encontramos el camino crítico, uniendo los nodos que no tienen holguras. En la Figure 14 se muestra un ejemplo de un diagrama PERT que muestra el camino crítico.

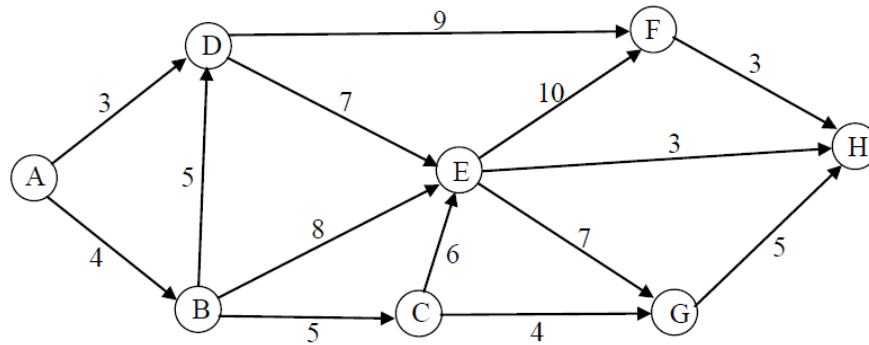
A veces surge la situación en la cual una actividad debe preceder dos diferentes eventos. ¿Cómo puede suceder esto cuando un arco puede terminar solo en un nodo evento? La solución consiste en utilizar un arco ficticio que tiene una duración cero. Los arcos ficticios se representan con líneas punteadas.

La determinación del camino crítico y por lo tanto la duración del proyecto, obviamente depende en gran manera de una precisa evaluación de la duración de cada actividad individual. Existen dos enfoques principales, estimaciones directas o el de las tres estimaciones. En la estimación directa, un único número es ingresado, mientras que en las tres estimaciones con propiedades específicas son utilizados en un promedio. M es el valor más probable, obtenido de manera similar a la estimación directa, a es una estimación optimista, el tiempo necesario si todo sale bien, el clima, los materiales y personal a tiempo, por ultimo b es la

estimación pesimista, es el tiempo necesario si todo sale mal. Dadas estas tres estimaciones la duración final está dada por: $(a+4m+b)/6$.

3.3.3 Pert. Un poco de las debilidades del Gantt son resueltas por el grafico PERT (Program Evaluation and Review Technique”). El grafico Pert utiliza una serie de nodos conectados para hacer explícita la dependencia entre las tareas. Además se muestra el orden de las tareas por las conexiones dadas de izquierda a derecha, pero el eje horizontal no es necesariamente tiempo lineal. El grafico Pert puede ser más compacto que el Gantt, pero lo hace con el costo de la escala de tiempo lineal. Los tiempos de recursos requeridos por una tarea determinada aparece de manera numérica en lugar de grafica como en el Gantt, esto puede hacer un poco más difícil observar que áreas están utilizando la mayoría de recursos de tiempo.

Figura 16. Diagrama PERT



Fuente: John W. Chinneck, 2009. Practical optimization: a gentle introduction.

3.3.3.1 Pert probabilístico. La estimación es un arte inexacto, por lo que se espera que la estimación de duración inicial tenga cierto error. Lo que realmente se quiere saber es cuanto es este error y como va a afectar la estimación total del proyecto. Afortunadamente, con pocas asunciones y un poco de trabajo extra se pueden hacer juicios de la variación que causaría en el proyecto. Para hacer esto

se inicia con el enfoque de tres estimaciones para las duraciones de las actividades. Después se toman las siguientes asunciones:

La duración de las actividades encajan en una distribución beta. El rango de a a b en el enfoque de tres estimaciones cubre seis desviaciones estándar. La duración de las actividades son estadísticamente independientes. El camino crítico ahora significa que tiene el mayor valor esperado del tiempo total del proyecto. La duración total del proyecto tiene una distribución normal. Dadas estas asunciones, el valor esperado de duración para cada actividad está dado exactamente en la misma manera que el enfoque de tres estimaciones: $(a+4m+b)/6$, la varianza de duración de cada actividad en este modelo es $[(b-a)/6]^2$. Ahora el valor esperado para la duración del proyecto total es la suma de las actividades esperadas a lo largo del camino crítico, que se encuentran de la manera usual. Finalmente la recompensa es que la varianza de la duración total del proyecto es la suma de las varianzas de la duración de las actividades en el camino crítico, esta es una ayuda muy útil para los gerentes, ya que pueden tener una idea de que tanto puede variar el tiempo total del proyecto.

3.3.3.2 Nivelación de recursos: El método mostrado para determinar la cantidad mínima de tiempo para completar un proyecto asume que se tienen todos los recursos necesarios. Por ejemplo asume que se tiene varios equipos para realizar actividades de manera simultánea donde las actividades están en paralelo en el diagrama Pert, pero suponga que dos actividades deben realizarse al tiempo, pero ambas requieren el uso de un bulldozer y solo se tiene uno. Si esto sucede el proyecto puede tardar más en completarse porque las dos actividades deben realizarse en secuencia, en lugar de en paralelo. Puede que suceda o no, porque si existe un tiempo de holgura en los dos arcos que les permita realizar el turno en el tiempo por lo que no compiten más por el bulldozer, sin aumentar la duración del proyecto.

3.3.3.3 Compensación de tiempo y costo: En aplicaciones reales es a veces posible reducir la cantidad de tiempo que la actividad de un individuo toma, pagando más, ejemplo horas extra, para computadores más rápidos. Si el proyecto toma más tiempo para completarse de lo que se tiene disponible, entonces se tendrá que gastar algo de dinero para aumentar la velocidad. Pero cuales actividades acelerar? Obviamente aquellas del camino crítico, pero si se acelera una actividad del camino crítico, el mismo camino crítico puede cambiar a otro conjunto de actividades, y ¿cuál actividad del camino crítico se debería escoger? Y que tanto acelerarla?, este es un problema complejo, no se puede resolver mirando una actividad a la vez, se necesita considerar todas simultáneamente. Existen formas de optimización mediante la formulación de programación lineal, pero la extensión obvia es la programación no lineal.

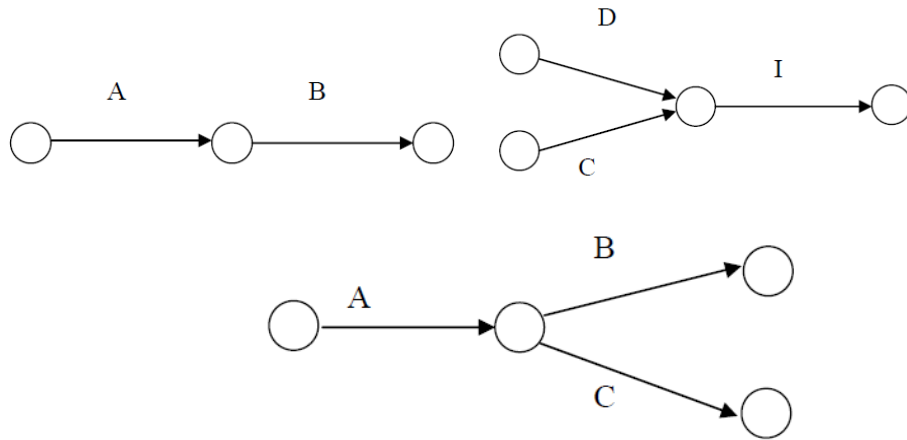
3.3.4 Pert-Cpm. En forma general, se puede decir que este método consta de dos grandes etapas, la primera de las cuales consiste en efectuar el Planeamiento de los trabajos que es la definición de cómo se irá avanzando en el desarrollo y progreso de las tareas y cuál es la relación de precedencia que hay entre ellas; y en segundo término una Etapa de Programación que consiste en asignar tiempos en función de la cantidad de trabajo a realizar y a los recursos que se dispongan. Las actividades que se consideran para preparar la Red General no son sólo las estrictamente técnicas sino también todas aquellas que están relacionadas con los aspectos económicos-financieros, y condicionadas por cuestiones comerciales y de producción. El método de la ruta crítica o del camino crítico es un algoritmo utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos. Este sistema de cálculo conocido por sus siglas en inglés CPM (Critical Path Method), fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costos mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto. A diferencia de la técnica de revisión y evaluación de programas (PERT), el método de la ruta crítica

usa tiempos ciertos (reales o determinísticos). Sin embargo, la elaboración de un proyecto basándose en redes CPM y PERT son similares y consisten en:

- ❖ Identificar todas las actividades que involucra el proyecto, lo que significa, determinar relaciones de precedencia, tiempos técnicos para cada una de las actividades.
- ❖ Construir una red con base en nodos y actividades (o arcos, según el método más usado), que implican el proyecto.
- ❖ Analizar los cálculos específicos, identificando la ruta crítica y las holguras de las actividades que componen el proyecto.

Para proyectos complejos, los gráficos CPM-PERT pueden ser útiles en proveer indicaciones claras de las secuencias críticas de tareas necesarias para mantener el proyecto dentro de la programación. Sin embargo el grafico de Gantt, especialmente cuando es mejorado con notaciones que muestren las dependencias, es más fácil de producir y actualizar y es una buena herramienta de planeación en proyectos. Para crear un Gantt se Hace un listado de todos los hitos, tiempos muertos, entregables, todas las restricciones externas y crear la lista de tareas. Los nodos y arcos son necesarios para poder aplicar PERT y CPM, necesitamos una lista de las actividades que componen el proyecto y se considera terminado el proyecto cuando se han terminado todas las actividades. Para cada actividad, existe un conjunto de actividades llamadas antecesora de la actividad, que deben estar terminadas antes de empezar la actividad. Para representar la relación de precedencia entre las actividades se usa una red de proyectos, la cual está formada por modos y arcos, las actividades se representan mediante arcos dirigidos y los nodos se utilizan para representar el inicio y la terminación de las actividades.

Figura 17. Relaciones de precedencia entre actividades.

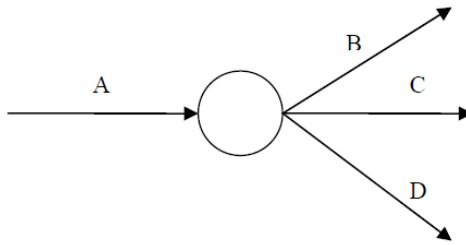


Fuente: Fundamentos de investigación de operaciones, investigación de operaciones 1, Cpm y Pert. 2004.

El nodo 1 representa el inicio del proyecto. Un arco debe salir del nodo 1 para representar cada actividad que no tiene antecesores. Se debe incluir en la red un nodo (llamado nodo final) que representa la terminación del proyecto. Numere los nodos en la red de tal manera que el nodo que representa la terminación de un actividad tenga siempre un mayor número que el nodo que representa su inicio.(pueden existir varios esquemas de numeración que satisfagan esta regla) No se debe representar la misma actividad mediante varios arcos en la red. Como máximo un arco puede conectar dos nodos.

Para evitar la valoración de las reglas 4 y 5 es necesario utilizar una actividad ficticia, con duración igual a cero.

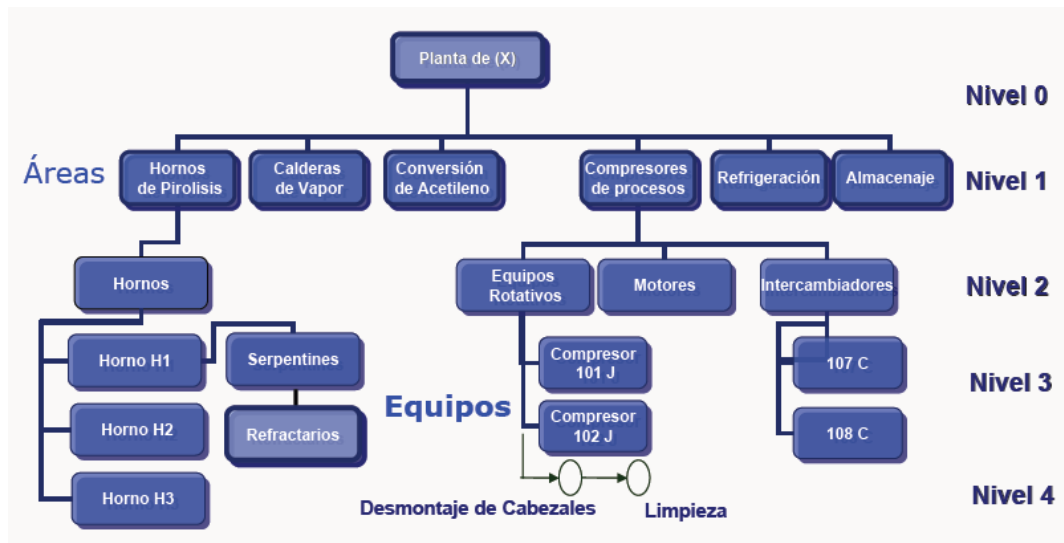
Figura 18. Precedencias de convergencia.



Fuente: Fundamentos de investigación de operaciones, investigación de operaciones 1, Cpm y Pert. 2004.

3.3.5 Desglose de estructura de trabajo. Es una herramienta de trabajo, que divide la planta en secciones manejables, para poder controlar los trabajos en seguridad, tiempo y calidad, que permita entender el alcance de la parada y diseñar una organización apropiada para la ejecución de los trabajos.

Figura 19. Diagrama desglose de estructura de trabajo.



Fuente: Como obtener éxito en paradas de planta.

La Estructura de descomposición del proyecto “Work Breakdown Structure” (WBS), es una división natural del proyecto para llegar al producto o productos finales con la finalidad de:

- ❖ Identificar y definir el trabajo a desarrollar.
- ❖ Identificar los centros responsables de estos trabajos.
- ❖ Concretar la estructura que contempla desde los objetivos estratégicos hasta la base de división de los mismos, mediante la integración de la organización, planificación y control de los trabajos que se desarrollan.

No existen reglas específicas para la creación de la WBS, no obstante, es un proceso que se ha empleado con éxito. Los pasos para su creación son:

- ❖ Dividir el proyecto en sus objetivos principales de manera tal que el proyecto quede claramente definido por ellos.
- ❖ Fragmentar cada objetivo en las actividades que sean necesarias llevar a cabo para alcanzarlo.
- ❖ En el caso de las actividades que carezcan de una o más características, dividir las en las subactividades que las componen.
- ❖ Repetir el paso anterior hasta que todas las actividades posean las características deseadas.
- ❖ Las subactividades de más bajo nivel en la jerarquía constituirán la base de los paquetes de trabajo que deberán realizarse para completar el proyecto.

La EDT organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en la declaración del alcance del proyecto. Su finalidad es identificar y definir todos los esfuerzos requeridos, asignar las responsabilidades a los elementos de la organización, y que a partir de la EDT se establezca un cronograma y presupuesto adecuado para la realización de los trabajos. El trabajo planificado está contenido en el nivel más bajo de los componentes de la EDT, denominados paquetes de trabajo, que en Presto se corresponden a las unidades de obra, y se caracterizan porque pueden ser programados, presupuestados, monitoreados y controlados. La EDT es un elemento clave en los demás procesos del proyecto, porque es la base para el control de costes, la asignación de

recursos, el cronograma y el análisis de riesgos del proyecto. Una EDT orientada a entregables define el trabajo del proyecto en términos de los componentes (físico o funcional) que componen el entregable. Este tipo de EDT es el recomendado por el Project Management Institute (PMI). En función del objetivo se pueden usar otras EDT orientadas a: Fases, sobre todo en proyectos largos. Acciones, necesarias para obtener el entregable. Localizaciones o zonas geográficas. Disciplinas o tipos de organización. Centros de coste. Naturalezas de coste. Centros de beneficio. Una vez conocido el objetivo y el tipo de EDT a utilizar, el siguiente paso es crear la estructura, dotándola de los elementos necesarios para su completo desarrollo. No existen unas reglas específicas para su diseño, pero en general, los elementos EDT deben cumplir los siguientes criterios: Debe ser creada con la ayuda del equipo. Definen y organizan la estructura de trabajo total del proyecto. Completan un nivel antes de seguir descomponiendo alguno de sus elementos. Subdividen el trabajo del proyecto en porciones más pequeñas, entendibles y fáciles de manejar. Cada nivel descendente representa una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto, hasta llegar al nivel más bajo o "paquete de trabajo". El trabajo comprendido en los paquetes de trabajo puede ser programado, presupuestado, controlado, y se le puede asignar un único responsable.

Paso 1

- ❖ Identificar el producto final del proyecto, que debe entregarse para alcanzar el objetivo perseguido.
- ❖ Revisar el alcance y objetivo del proyecto, para asegurar la consistencia entre los elementos que componen la EDT y los requerimientos del proyecto.
- ❖ Teniendo en cuenta estos criterios iniciales creamos con Presto una estructura EDT, por ejemplo una obra nueva basada en la plantilla "Grupos de coste DIN 276". "Archivo: Nuevo" Plantilla "Grupos de coste DIN 276". Puede obtener más información sobre el uso de plantillas en la nota técnica denominada

- ❖ "Iniciar un presupuesto a partir de plantillas". La obra obtenida contiene los capítulos a partir de los cuales se inicia el desarrollo de la EDT.

Paso 2 Definir los principales capítulos del proyecto. Por sí mismos no constituyen un producto terminado, pero facilitan la comprensión del proyecto al dividirlo en bloques claramente diferenciados.

Paso 3 Seguir descomponiendo los capítulos hasta llegar al nivel adecuado de detalle, por ejemplo, una unidad funcional, un acabado, una instalación o un equipamiento. Una buena práctica consiste en borrar los capítulos no necesarios en lugar de añadirlos partiendo desde cero. La ventaja, además de ahorrar tiempo, es que sirve como lista de comprobación para no olvidar algún capítulo importante.

Paso 4 Descomponer los capítulos hasta el nivel de detalle final, es decir, hasta el nivel del paquete de trabajo o unidad de obra, que es el punto en el cual el coste y el cronograma son fiables y permite un seguimiento eficiente del proyecto.

3.3.5.1 Criterios de desglose: Debido a la complejidad del trabajo conviene subdividir las tareas hasta un nivel de detalle que identifique la secuencia, paralelismo y demás relaciones de precedencia entre las actividades que componen un flujo lógico de ejecución.

3.3.5.2 Agentes o partes interesadas asociados al proyecto: El caso en que sea necesario obtener una salida o producto asignada a un subcontratista o una parte del equipo, conviene agrupar sus actividades en un paquete de trabajo o unidad de obra.

3.3.5.3 La criticidad de una tarea: En la medida en que una tarea sea crítica para el proyecto, porque es la entrada a otras tareas o porque de su salida depende la continuación de la ejecución del proyecto, debería ser una tarea definida en

términos de unidad de obra. En el ejemplo se completa el desglose de la fachada hasta el último nivel, copiando las unidades de obra necesarias del cuadro de precios CENTRO.

Paso 5 Revisar y refinar la EDT hasta que las personas y organizaciones involucradas en el proyecto estén de acuerdo en que la planificación pueda completarse, y la ejecución y el control producirán los resultados deseados. El resultado final de la EDT es la representación de una estructura jerárquica del proyecto, en forma gráfica y descriptiva, que subdivide las actividades en varios niveles hasta llegar al grado de detalle necesario para un control y planificación adecuados.

3.3.6 Logística. En el contexto de la PPM trata de la recepción, almacenamiento y protección, colocación y desmovilización de cada material, equipo, herramienta servicios, hospedaje, alimentación, alquileres y demás elementos requeridos para el desarrollo de la PPM. El equipo de logística se asegura que cada elemento se encuentre en el lugar correcto en el tiempo correcto y que corresponda con la función que se va a realizar. La logística abarca todos los elementos o actividades requeridas para realizar el listado de trabajos. Trata con la disposición de miles de elementos grandes y pequeños que son requeridos por los equipos técnicos para realizar sus actividades de manera oportuna. Por lo que la logística afecta a todos los empleados para la PPM. Debido a esto la logística debe ser planeada y preparada con un rigor igual al impuesto en la planeación técnica, esto es crucial para el éxito de la PPM. Una pobre logística puede arruinar la planeación más técnica y rigurosa posible y por ello poner en riesgo el logro de los objetivos de la PPM. El coordinador de logística reporta directamente cualquier asunto al gerente de la PPM. El equipo de logística normalmente compuesto del jefe de materiales, el jefe de almacén y conductores, asisten al coordinador de logística en la ejecución del plan y de realizar reportes.

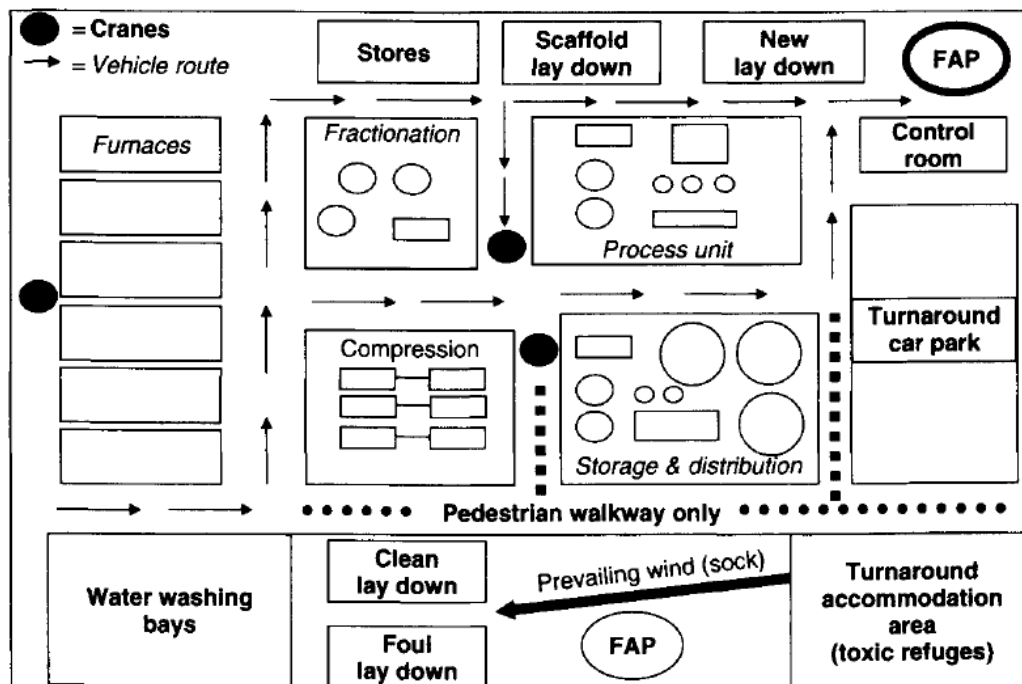
Se puede hablar de dos elementos, uno es el objeto o sustancia con la que se va a trabajar y el otro es la ubicación actual. En cuanto a los elementos se refiere a todo lo requerido no solo para realizar las tareas técnicas sino también de las necesidades del día a día del personal empleado. Entre otras cosas abarca:

Materiales (acero, madera, plástico) , elementos de los propietarios (válvulas, bombas, motores eléctricos), consumibles (filtros, cartuchos, barras de soldadura), equipos (torquimetro, tensionador de pernos), herramientas (eléctricas y neumáticas), transporte (personal, cargas, materiales), grúas, electricidad, gas, agua, servicios (andamiaje, aislamientos, lavado agua a presión), alojamiento (oficinas, almacenes), instalaciones (baños, habitaciones). Es vital que todos estos elementos sean adquiridos y su disposición actual controlada. Durante una PPM surgen preguntas como: ¿se ha realizado la recepción en sitio? ¿Dónde está? ¿En qué condiciones? ¿Puedo tenerlo aquí ahora? ¿se desmovilizaron los elementos alquilados? ¿Dónde está la documentación- prueba? El objetivo del coordinador de logística y su equipo es el de prevenir la necesidad de que ocurran estas preguntas y cuando no sea posible, ser capaz de responderlas con la mínima demora. Existen tres etapas en la producción del plan: dibujar el mapa/plano básico del sitio, dibujar el cubrimiento de la PPM, emitir el plan.

3.3.6.1 Dibujar el mapa básico del sitio: ya sea que el mapa sea provisto por la planta o creado por el coordinador de logística, debe mostrar el perímetro de la planta y las fronteras, ya que se debe tener una clara indicación de que terreno esta disponibles para entregar los bienes y servicios requeridos. Se debe colocar todos los elementos mayores de los equipos y de las conexiones de tubería en la correcta configuración para asegurar que se identifique las áreas riesgosas, las de funciones especiales o que tengan acceso restringido. Tener en cuenta todas las rutas públicas y particulares para garantizar la seguridad y el terreno alrededor para garantizar seguridad. Todos los sitios de acceso para el personal, bienes o de emergencia indicados y si es necesario sitios extra dispuestos, ya que durante

el evento el volumen de personas, bienes y servicios entrando y saliendo es muy grande. Ubicar puntos de seguridad, contraincendios, fugas toxicas, alarmas, teléfonos y demás. Una vez el mapa básico ha sido completado el coordinador de logística tiene la tarea de aplicar todos los datos que indicaran la disposición en sitio, durante la parada, es decir elaborar el cubrimiento de la PPM. En este cubrimiento de la parada se demarcan las posiciones y se codifican las funciones mediante colores, numeración u otros medios, de cada elemento añadido al mapa básico para los propósitos de la parada, aprobar las rutas de vehículos, áreas designadas para almacenamiento, para sustancias peligrosas y áreas limpias y listas para overhaul.

Figura 20. Ejemplo de mapa básico del sitio.



Fuente: Tom Lenahan. Turn Around, Shutdown and Outage. Chapter 8. Page 123.

3.3.7 Plan de comunicación. Durante la preparación de la PPM, miles de elementos de información son procesados y transformados en planes y programación que son creados para que el trabajo se ejecute de una manera

particular. Sin una efectiva comunicación el evento puede des encarrilarse, una consecuencia de esto es el potencial de accidentes, conflictos, errores y confusión, por lo que es vital que todos los involucrados en la parada o que puedan influenciarla, estén completamente informados de todos los aspectos y requerimientos. El gerente de la PPM junto con su equipo de preparación, debe producir un documento formal que se utilice para instruir a todo el personal y que asegure que todos obtengan el mismo mensaje. La comunicación antes de la PPM, se lleva a cabo para proveer información general precisa, publicar las reglas que gobiernan el evento, para crear un entendimiento común de los requerimientos y para obtener compromiso por parte de todo el personal envuelto. Se debe incluir entre otros, el propósito de la parada, la organización, las fechas clave y eventos, los turnos de trabajo, el alcance, los contratistas, el perfil de costos, el plan de calidad, los asuntos de seguridad, las instalaciones y los objetivos.

Este programa de instrucción generalmente da inicio un mes antes del inicio del evento, se les debe informar al grupo directivo de la PPM, al gerente de mercadeo y del negocio, al equipo de control de PPM, gerentes de la planta, ingenieros, supervisores, trabajadores, a todos los contratistas, equipos de proyectos, todos los grupos de apoyo, autoridades locales y grupos externos que sean impactados por la PPM. Todos no pueden ser informados al mismo tiempo por lo que es necesario un programa de difusión.

3.3.8 Plan de seguridad. Una parada es un evento riesgoso, ingresa un gran número de personas en un espacio limitado, para trabajar bajo presión de tiempo con equipo riesgoso. Debido al alto riesgo las metas para la seguridad en la PPM deben ser inflexibles, cero accidentes, incidentes. Para lograr estos objetivos el sistema de trabajo debe ser igualmente inflexible en su enfoque hacia la seguridad. Es responsabilidad del jefe de seguridad, liderar un equipo compuesto

de personal clave para producir un plan de seguridad que asegure que todos los asuntos importantes sean dirigidos y controlados.

3.3.8.1 Riesgo. Es cualquier condición, acto o evento que expone a las personas, propiedad o al ambiente a algún tipo de daño o pérdida de la salud, un miembro, de la vida, de la propiedad y del ambiente. Factores que contribuyen a la exposición a riesgos y las consecuentes pérdidas incluyen: la falta de una adecuada planeación y preparación, falta de atención e ignorancia de los riesgos, falta de interés, falta de atención y motivación incorrecta. Par poder minimizar los riesgos de pérdidas, el gerente de la PPM tiene un número de estrategias de seguridad que tiene a la mano.

3.3.8.2 La cadena de seguridad. Busca asegurar que aquellos que forman parte de la PPM, entiendan cuáles son sus responsabilidades y las acciones que deben realizar. Las uniones en las cadenas son el gerente, el ingeniero, el supervisor y el trabajador. El gerente debe proveer una rutina de trabajo segura y asegurarse que todos estén adecuadamente informados e instruidos de la misma. Los ingenieros que son responsables de dirigir las áreas del evento, deben analizar aquellas áreas y las tareas que se van a ejecutar, para eliminar o guardar a los trabajadores de los riesgos asociados. También deben asegurar que se les informe diariamente del área de seguridad. El supervisor debe garantizar que el lugar de trabajo es seguro y que las herramientas y equipos son los adecuados para el propósito y que quienes llevan a cabo las tareas son competentes para la misma. Debe controlar los permisos en su área y llevar a cabo las instrucciones diarias de seguridad. Los trabajadores deben seguir todas las instrucciones de seguridad y no realizar ninguna actividad que ponga en riesgo su vida y la de los demás. Deben reportar todos los sucesos y condiciones inseguras a su supervisor o equipo de seguridad para ser eliminada. Red de comunicaciones de seguridad: debido a la complejidad del evento, es esencial que líneas claras de comunicación sean establecidas, para asegurar la seguridad del personal de la PPM. Se

establece una jerarquía de seguridad responsable de ejercer las políticas de seguridad y que todos se adhieran a las mismas.

3.3.8.3 Sistema seguro de trabajo. Cuando se envía a los trabajadores a realizar los trabajos en la planta, el gerente de la PPM, debe asegurar con antelación que los riesgos asociados con la actividad han sido tomados en cuenta. Existen categorías de riesgos como riesgos preexistentes inherentes a la planta, riesgos inducidos y los permisos de trabajo que tiene en cuenta, el ambiente de trabajo, el trabajador, especificaciones de la tarea, materiales, sustancias, herramientas y equipos.

3.3.8.4 El equipo de seguridad. Tiene la responsabilidad de divulgar los planes de seguridad en toda la PPM, monitoreando el rendimiento de la seguridad y dando avisos e indicaciones en todos los temas relacionados con la seguridad.

Generalmente compuesto por el líder de seguridad quien traduce los objetivos del equipo directivo en políticas de seguridad y escribe el plan de seguridad, un asistente de seguridad que tenga la habilidad de administrar el equipo, representantes de seguridad seleccionados entre los trabajadores que tienen interés específico por la seguridad, oficiales de seguridad provistos por los contratistas, alguien encargado de los procedimientos de emergencia dentro de la planta, un controlador de las áreas de emergencia, también hay que tener en cuenta la cabina de seguridad, un libro de reportes, un esquema de incentivos de seguridad si es aplicable. Inspecciones de seguridad: usualmente se realiza una inspección diaria a nivel general y también inspecciones de trabajos específicos.

3.3.8.5 Investigación de accidentes. Un accidente es un evento que causa lesiones o la muerte, daños a la propiedad o contaminación, los accidentes pueden ser menores, serios, mayores o catastróficos. Las investigaciones se llevan a cabo porque es una actividad responsable y necesaria para evitar que se

repita, porque es requerido por la ley, para reducir la ansiedad de los trabajadores emocionalmente afectados, para proveer de información al sistema de seguridad, para proveer información a las autoridades. Si ocurre un accidente se deben establecer los hechos con respecto a la pérdida, el incidente. Las causas inmediatas, las causas básicas y la pérdida de control en el manejo de procedimientos y estándares.

3.3.9 Plan de calidad La calidad es vital para el éxito de cualquier parada. Existen varios puntos de vista con respecto a la calidad, por ejemplo la calidad como la conformidad con los requerimientos, lo que implica la necesidad que quienes proveen las entradas al sistema o proceso conozcan que es lo requerido mediante roles, responsabilidades, estándares y procedimientos.

3.3.9.1 Elementos de la calidad Se debe tener un medio para garantizar que las entradas y salidas del sistema sean las adecuadas, por un lado tenemos al aseguramiento de la calidad, que son las acciones tomadas antes del evento para eliminar fallas y por otro el control de la calidad que son acciones realizadas después del evento para exponer y rectificar fallos. Existe una conexión entre el aseguramiento de la calidad (QA) y el control de la calidad (QC) de la siguiente manera: las mediciones y técnicas utilizadas por QC están determinadas por los requerimientos de QA, y el aprendizaje del actual QC alimenta los requerimientos del QA para mejorarlos continuamente. Tanto QA como QC son requeridos en las PPM debido a la naturaleza riesgosa de los procesos productivos. El aseguramiento de la calidad (QA) es de gran importancia ya que el esfuerzo realizado antes del evento para eliminar fallos se verá altamente recompensado durante la parada y producirá un QC más simple y sencillo de ejecutar. En el QA se necesita llenar los requerimientos para el evento y revisarlos para que cumplan con el propósito establecido. Trazabilidad del material, algunos materiales debido a su naturaleza crítica, requieren de evidencias de su fuente en forma de garantía o certificación que deben ser obtenidas antes de que el material sea instalado en

la planta. Por otro lado si las herramientas o instrumentos requieren ser calibrados es necesario asegurar que el equipo utilizado para la calibración también ha sido calibrado, asegurar que son calibrados correctamente y asegurar que tal calibración es trazable al estándar nacional.

3.4 PROYECTOS

3.4.1 Reunión de revisión de proyectos. Aunque el trabajo de los proyectos se realizan en la misma planta y al mismo tiempo de la PPM, puede ser controlada por varios departamentos. Por lo tanto es de vital importancia que este adecuadamente integrado dentro de la programación general, identificando interacciones con el trabajo de la PPM y evitando conflictos. La reunión debe asegurar que el trabajo de los proyectos planeados por el departamento de proyectos este adecuadamente integrado a la programación de la PPM para que todos los conflictos sean resueltos y los requerimientos completados. En la reunión deben participar el gerente de la PPM, el coordinador de planeación, el gerente de producción, el gerente de proyectos y reunirse de manera regular hasta que todos los asuntos del proyecto estén resueltos, se clarifiquen las fechas, se especifiquen los proyectos mayores y menores, se revisen los documentos, se revise el material y la procura de equipos, se definan las interacciones con el trabajo de parada, se registren las acciones, decisiones, progreso y problemas.

En el contexto de la ingeniería, el manejo de la PPM también es diferente, por un lado funciones como proyectos de construcción, producción, programas, plantas o productos tratan de crear algo nuevo, mientras que en la PPM principalmente busca realizar reemplazos, reparaciones o restauraciones de la planta deteriorada. La naturaleza de la planeación de la PPM está compuesta de incertidumbre ya que fallas ocultas emergen solo cuando la planta ha sido parada, abierta e inspeccionada. Esto hace que sea más difícil predecir el alcance exacto del

trabajo. Durante el planteamiento y validación del alcance es común que se aproveche para realizar proyectos o actividades tales como empalme de tuberías, enclavamientos o aumento de la capacidad instalada, estos proyectos de inversión deben estar integrados dentro del programa general de la PPM.

3.5 RUTA CRÍTICA

Después de que todas las órdenes de trabajo han sido preparadas, revisadas y preparadas, se pasa a preparar la programación. Con el tiempo OTs adicionales son ingresadas al programa que surgen de inspecciones y reparaciones. Es de suma importancia mantener actualizada e integrada la programación, a medida que ocurren cambios al alcance ya que de otra manera la programación corre el riesgo de quedar obsoleta, lo que afecta la toma de decisiones críticas, como el aumento o disminución del personal, reasignación de equipos o el contacto con contratistas especializados. La planificación del camino crítico es el acto de aplicar secuencias lógicas mediante la definición de las restricciones a actividades definidas de trabajos. El primer paso consiste en definir las restricciones, no es necesario introducir restricciones redundantes. En las actividades secuenciales existen actividades predecesoras, que son aquellas que deben ser completadas antes de iniciar la siguiente y actividades sucesoras que son aquellas que se realizan después de una tarea específica. Las actividades pueden iniciarse lo más temprano posible o tener demoras que cuando exceden el tiempo de holgura se convierten en críticas. Cualquier demora de las actividades dentro del camino crítico causara una demora igual del proyecto. Se debe asegurar que todas las inspecciones de los equipos se programan de manera temprana, porque algunos hallazgos pueden requerir trabajos mayores que impacten la programación y el alcance. Algunos equipos pueden clasificarse como de baja prioridad, si en experiencias pasadas indica de haber requerido poco trabajo, por lo que es

necesario consultar los reportes de inspección para identificar la extensión de las reparaciones durante paradas anteriores.

3.5.1 Secuenciando el trabajo después que la programación básica ha sido creada y el trabajo priorizado se secuencia el trabajo para aumentar el aprovechamiento de la fuerza laboral, herramientas y equipos, para esto hay que considerar el tipo de trabajo, los recursos, las habilidades involucradas y la disposición física del área o de la planta. Actividades que son críticas o subcríticas no deben tener atrasos y la fuerza laboral requerida debe ser suministrada según la programación.

3.5.2 Programación diaria Las condiciones cambian rápidamente durante la PPM, algunas veces las programaciones se vuelven obsoletos tan pronto como son tratadas, debido a inspecciones, seguridad, disponibilidad de personal. Por eso la programación debe ser un proceso continuo en cada turno y reeditado cada día. Se debe examinar actualizaciones de cambios significativos con respecto del programa original y estar pendiente de realizar preguntas como ¿la fecha del arranque se ha modificado? ¿Puede ser manejado? ¿El camino crítico ha cambiado? ¿Es el tiempo de holgura de todas las actividades realista? ¿Deben aparecer otras actividades en la programación del turno? Cualquier desviación mayor de la programación debe ser cuidadosamente analizada y la lógica cambiada cuando sea necesario, para asegurar que los objetivos se cumplan en el tiempo.

3.6 ALCANCE DE PPM

Una PPM es un evento orientado o dirigido por los trabajos y la lista de trabajos, el alcance es la base en que reposan todos los demás aspectos del evento, especialmente la seguridad, la calidad, la duración, el costo, los recursos, el

material y equipos requeridos. Inicialmente no hay alcance, solo listas de peticiones de trabajos generados por el área de producción, mantenimiento, proyectos y seguridad. En esta etapa el trabajo puede estar bien o mal definido y puede o no ser necesario. El trabajo de los equipos de parada y planta es el de tomar estas listas, realizar una validación de las áreas, obtener las solicitudes de trabajo bien definidas y sacar el trabajo innecesario. La efectividad de las reuniones para las listas de trabajo tiene un impacto positivo en el desarrollo y precisión de la PPM. Durante la reunión se validan las solicitudes de trabajos creando una lista de trabajos aprobados. Dentro de la reunión deben asistir el gerente de la PPM, el coordinador de la preparación, el coordinador de la planeación, el gerente de producción, el gerente de mantenimiento, los supervisores de la planta e ingenieros. En el desarrollo del alcance deben tenerse en cuenta los requerimientos de inspección de la compañía o reglamentarios, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o defectos conocidos, rutinas de limpieza de la planta, iniciativas de seguridad y calidad. Si la lista de trabajo es muy grande o compleja se deberá dividir en partes y realizar varias reuniones, para reunir todas las requisiciones de trabajos, eliminar trabajos innecesarios, justificar tareas que permanecen en la lista, clarificar los requerimientos de cada tarea, categorizar todas las actividades, generar las acciones a realizar, asignar las acciones al personal apropiado, registrar formalmente todas las acciones, decisiones progreso y problemas. Es importante validar el alcance haciendo cuestionamientos con:

- ❖ Cuando su realización asegura la integridad global del equipo o sistema
- ❖ Cuando su realización restaura la operación confiable al nivel deseado.
- ❖ Cuando su realización restaura la operación eficiente a los parámetros requeridos.
- ❖ Cuando su realización es para determinar el estado de los equipos para la definición de los trabajos en paradas futuras y/o extender los intervalos de inspección

- ❖ Cuando su realización permite la ejecución de proyectos y/o mejoras (cambios de planta) aprobados que de lo contrario no se podrían implementar con la planta en operación normal.

3.7 PRESUPUESTO

Crear el presupuesto para un proyecto es relativamente directo si se conoce el alcance exacto del trabajo y no va a cambiar durante la vida del proyecto, además de conocer la unidad de costos de los recursos, bienes y servicios. Desafortunadamente esto rara vez ocurre con las PPM. Los presupuestos están cubiertos de incertidumbres, de las cuales el alcance y el permiso de contingencias son los principales. La estimación de costos debería por lo tanto ser realizada por un experimentado coordinador de costos.

El propósito de reunir todas las estimaciones de costos consiste en asegurar que los costos estimados del evento se conocen en el mayor nivel posible, lo que permite a los responsables, el grupo directivo, tener el suficiente tiempo para optimizar las restricciones del presupuesto. Además los costos se organizan para permitir que los gastos sean monitoreados y controlados. Esto exige una estimación de costos lo más precisa posible, obtener la definición de trabajos con la mayor calidad posible y registrar aquellos basados en las experiencias pasadas, cerrar la lista de trabajos en la fecha establecida, realizar el costeo de todos los trabajos después del cierre de la lista de trabajos, asignar un código único de costos para la PPM, aprobación del gerente de la PPM de cada gasto.

3.7.1 Inclusiones. Es necesario definir qué elementos serán añadidos a la estimación de costos con respecto a la planeación y manejo de la PPM, las labores locales, contratistas, bodegas y materiales, compra y alquiler de equipos, alojamientos, servicios públicos, contingencias. Por otro lado existen otros costos

que normalmente son excluidos del presupuesto, esto depende las circunstancias y cultura particular de la empresa. Por ejemplo trabajos de proyectos, trabajos requeridos después del cierre de la lista de trabajos, trabajos emergentes.

3.7.2 Creación de estimación de costos. Primero se crea una estimación inicial utilizando la lista de trabajos inicial. Esto se realiza usualmente de siete a nueve meses antes del evento y tiene una precisión no mayor al más o menos 20%. Es una advertencia temprana que se utiliza para dar una indicación de la magnitud que puede tener el costo final, también puede indicar que los gastos previstos están bien asignados dentro del presupuesto. De todas maneras el grupo directivo debe saber lo más pronto posible cual va a ser el costo final, y si es insatisfactorio tiene tiempo para tomar acción. Durante la creación de los costos iniciales se analiza la información histórica, concerniente al presupuesto y costos de la PPM anteriores almacenados en reportes y se compara si existen similitudes con el alcance y el evento, para buscar elementos que puedan ser reutilizados.

Luego se analiza la lista de trabajos mayores y se determina de los registros de la planta si tareas similares se han realizado antes y si es así cuánto costó. Para los trabajos pequeños pero numerosos se hace una estimación inicial. También se debe utilizar los precios que ya han sido costeados y normas establecidas por la empresa basada en la experiencia con determinado tipo de trabajos. Es necesario tener un equipo de control de costos semanal. En situaciones donde no hay históricos es necesario tener la lista inicial de trabajo, las horas/hombre calculadas, estimación de duración de actividades actuales y los costos del personal. La estimación de costos necesita ser precisa, para proveer información relevante en la toma de decisiones, para permitir la planeación del flujo de caja y para estar en control de los gastos.

3.7.3 Costo estimado propuesto. A medida que la fase de preparación avanza y más información relevante se obtiene, la estimación es refinada al punto en que

puede ser presentada ante el grupo directivo. Se debe asegurar que cada elemento relevante conocido sea incluido en los costos, los precios por unidad estén actualizados y exactos, estimaciones para contingencias son incluidas si no es así, las exclusiones deben especificarse claramente, todo el tiempo no productivo es estimado, todas las premisas son expuestas. Cuando la estimación de costos propuesta basada en el alcance aprobado es finalizado, se presenta ante el grupo directivo para su análisis, discusión, decisión y acciones a realizar.

Si el costo estimado es menor que el presupuestado, el excedente se guarda y registra formalmente, si el costos es mayor se deben analizar las posibilidades para que se encuentre dentro del presupuesto, por ejemplo eliminar trabajos o reducir la complejidad de ciertas tareas, mover ciertas tareas para otra parada, reconfigurar los elementos de la parada, entre otros. Cuando la estimación es finalizada y aprobada por el grupo directiva, se adopta como el presupuesto de la PPM. Durante el evento, miembros claves del equipo de parada se les dan responsabilidades específicas para controlar los costos.

3.7.4 Presupuesto. Establecer el presupuesto para la ejecución de todas las actividades planteadas en el alcance de la PPM. Tener en cuenta los costos por repuestos, servicios, asesorías, activos fijos, estudios de ingeniería y su clasificación entre costos directos e indirectos. Se debe garantizar su inclusión en el presupuesto de la planta según la fecha de ejecución. Se debe realizar un estricto control y seguimiento a la ejecución presupuestal por parte de cada uno de los líderes de ejecución de la PPM.

Las PPM cuestan sumas significativas de gastos operacionales (OPEX) y gastos a capital (CAPEX) para poder ejecutarla. Producen perdida del costo por oportunidad de producción mientras se encuentra parada. Históricamente, había la tendencia entre las empresas a ver las PPM como un mal necesario e inevitable que cuestan lo que cuestan y se demoran. Sin embargo en años recientes se ha

iniciado un reconocimiento de que esta actitud desperdicia dinero en la forma de costo de oportunidad de producción perdida mientras la planta esta parada más de lo necesario. Para poder mejorar la eficiencia de las PPM es necesario examinar la estimación de costos, tiempo, programación y la eficiencia en la planeación y ejecución.

El plan del negocio debe identificar: Duración PP, costos y Horas de trabajo/ fuerza laboral, es necesario revisar que encaje el presupuesto con el alcance propuesto.

3.7.4.1 Estimación de costos. Desglose de estructura de costos, actualizaciones de costos de manera regular, revisión imparcial a los 6 meses antes de la PPM, Costos indirectos generados por fuerza laboral y no por el alcance, planearlos y gerenciarlos con el mismo rigor que los costos directos.

4. PROPUESTA

Considerando los antecedentes previos, el paso a seguir en el proceso de mejoramiento continuo hacia la excelencia y clase mundial de gestión del mantenimiento en la industria Cementera, consiste en formular una propuesta de mejora, un sistema de gestión de paradas de planta que ayude a la optimización de los activos y a reducir las fallas imprevistas de los equipos críticos dentro del proceso de producción.

Este sistema de gestión debe integrar técnicas como el monitoreo por condición, aplicación de técnicas de medición y análisis predictivo de vibraciones, termografías, ultrasonido, aceites usados, etc., que ayudan en la planeación de las actividades proactivas necesarias para prevenir la ocurrencia de fallas no planeadas de un componente y que conlleva a la ineficiencia por pérdidas en el proceso.

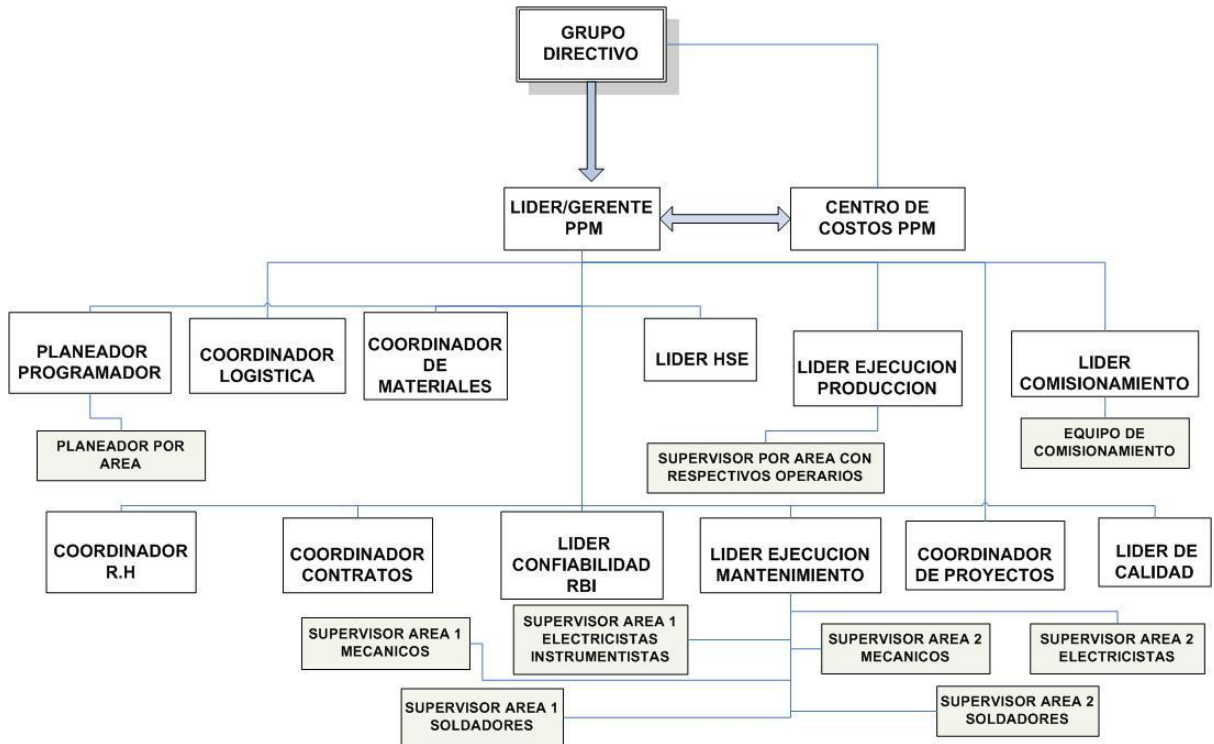
4.1 ESQUEMA GENERAL

4.1.1 Fase gerencial y Organizacional. Esta es una de las etapas más importantes, donde la organización debe enfocar sus esfuerzos para implementar un sistema gerencial de paradas de planta involucrando aspectos importantes como el presupuesto, plan de paradas, organigrama, equipo exclusivo para la dirección de paradas de planta, todo esto debe estar de acuerdo a los lineamientos de su Visión y Misión, en esta etapa se definen los siguientes aspectos sugeridos que se deben tener en cuenta:

Definición del equipo de parada Este equipo debe tener un líder que sea el gestor de toda la PPM (Justificación y creación del equipo de parada)

- ❖ Definición de roles y responsabilidades
- ❖ Asignación de presupuesto y creación de centro de costo para actividades administrativas del equipo parada.
- ❖ Definición de Organigrama.
- ❖ Manual y procedimientos políticas de parada de planta.
- ❖ Plan quinquenal o anual de paradas

Figura 21. Organigrama propuesto



proyectos, etc.). Se listan las tareas y se asigna fecha de entrega de solicitudes.

- ❖ Definir tiempo y fecha para asignación de recursos a los trabajos solicitados (que trabajos se hacen contratistas y que trabajos con personal propio)
- ❖ Definir tiempos y fechas para alcance y licitaciones y términos de contratación para los contratistas)
- ❖ Definir tiempos y fechas para contratación de personal especialista, extranjeros externo,
- ❖ Definir tiempos y fechas de reuniones para seguimiento de las trabajos asignados (Materiales y compras, producción, personal involucrado de mantenimiento, líderes de ingeniería de proyectos, recurso humano, logística de la empresa, HSE)
- ❖ Definir revisiones periódicas con Materiales, compras y contratos, para revisar fabricaciones y problemas en las compras.
- ❖ Reuniones y coordinaciones para ver contratación de equipos (grúas montacargas equipos especiales man lift etc) de acuerdo a los trabajos.
- ❖ Establecer fecha de solicitud de requerimientos a operación. Fechas y tiempos de paro, limpieza de equipos, solicitud de operadores, turnos de operación.
- ❖ Reuniones con QA/QC, Confiabilidad, Equipo Predictivo, Planeación largo plazo, HSE,
- ❖ Establecer KPIs
- ❖ Unificar cronogramas de trabajo para la ejecución.
- ❖ Definir tiempos y fechas para los trabajos de preparativos y preparada. (logística equipos materiales en sitio, entrega de áreas etc)
- ❖ Revisión de actividades planeadas para verificación del inicio de ejecución. Para dar luz verde.
- ❖ Programación de órdenes de trabajo de acuerdo al sistema ERP
- ❖ Planeación detallada de tareas.
- ❖ Hacer presentación de la parada mediante plan de comunicación a todas las áreas

- ❖ Talleres de trabajo específico de parada.
- ❖ Establecer roles y responsabilidades durante la ejecución.
- ❖ Definir plan de comunicaciones durante la ejecución
- ❖ Planes de seguridad durante la ejecución.

4.1.4 Ejecución

- ❖ Arranque de trabajos (Reuniones iniciales,)
- ❖ HSE reportes de incidentes, accidentes, manejo de esto.
- ❖ Establecer un centro de control de la parada donde se hace seguimiento al cronograma y a las desviaciones (avances)
- ❖ Trabajos emergentes
- ❖ Documentadores de parada.
- ❖ Realizar las tareas planeadas Seguir plan.
- ❖ Seguimiento QA/QC
- ❖ Entregas a equipos de comisionamiento
- ❖ Comisionamiento y puesta en Marcha.
- ❖ Verificación de QA/QC
- ❖ Pruebas equipos individuales,
- ❖ Pruebas de sistemas en vacío.
- ❖ Puesta en marcha
- ❖ Pruebas de Sistema con carga gradual.
- ❖ Estabilización de planta. (conformar un equipo de soporte día/noche por especialidades) Entrega a Operaciones.

4.1.5 Cierre de parada.

- ❖ Cierre de órdenes de trabajo del ERP
- ❖ Cierre técnico y financiero.
- ❖ Cierre de contratos y facturas
- ❖ Disposición de residuos
- ❖ Retiro de elementos post parado
- ❖ Devolución de equipos.
- ❖ Devolución de materiales.
- ❖ Revisión de KPIs
- ❖ Evaluación del desempeño de la parada
- ❖ Taller workshop para lecciones aprendidas
- ❖ Informe Final y entrega de Libro de parado (dossier)

Figura 24. Flujograma de cierre.

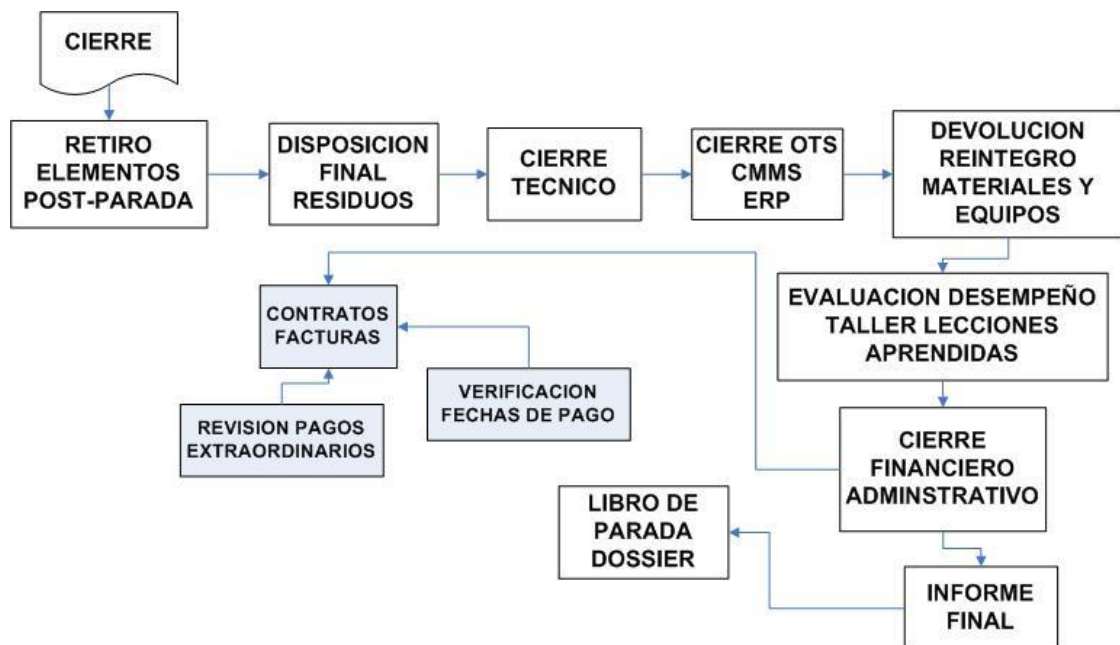


Figura 25. Esquema de Reuniones durante cada fase de la PPM.



REUNIONES / REVISIONES

FASE DE EJECUCION [1 A 6 SEMANAS]

REUNIONES PARA

- RECEPCION DE EQUIPOS
- COORDINAR ACTIVIDADES
- CONTROLAR TRABAJO PLANEADO
- CONTROLAR TRABAJOS EMERGENTES
- RESOLVER PROBLEMAS
- GERENCIAR LA RUTA CRITICA
- MONITOREAR SEGURIDAD Y CALIDAD
- SEGUIMIENTO AL PROGRAMA Y DESVIACIONES
- SEGUIMIENTO A QA / QC
- ENTREGA DE EQUIPOS A COMISIONAMIENTO
- ALISTAMIENTO
- BAJAR CARGAS, BAJAR CURVAS DE ENFRIAMIENTO (HORNO CALCINADORES DE 6 A 8 HORAS)
- REPORTES DE ENTREGA A OPERACION
- ASEO GENERAL

CON

- LIDER PPM
- LIDER EJECUCION MANTENIMIENTO
- LIDER EJECUCION PRODUCCION
- COORDINADOR DE PROYECTOS
- LIDER HSE
- LIDER LOGISTICA

REUNIONES / REVISIONES

FASE DE CIERRE [2 MESES]

REUNIONES PARA

- REVISION DE TRABAJOS
- ANALIZAR RENDIMIENTO
- RECOMENDAR CAMBIO
- CERRAR OT'S
- CIERRE TECNICO
- CIERRE FINANCIERO
- CIERRE CONTRATOS
- REVISION KPI'S
- REINTEGRO DEVOLUCION DE EQUIPOS
- ESTABILIZACION DE LA PLANTA
- TALLER DE LECCIONES APRENDIDAS
- INFORMES
- DEVOLUCION DE MATERIALES
- PAGOS

CON

- LIDER PPM
- EQUIPO DE PPM
- EQUIPO DIRECTIVO

Figura 26. Diagrama de etapas especiales en la ejecución del modelo.

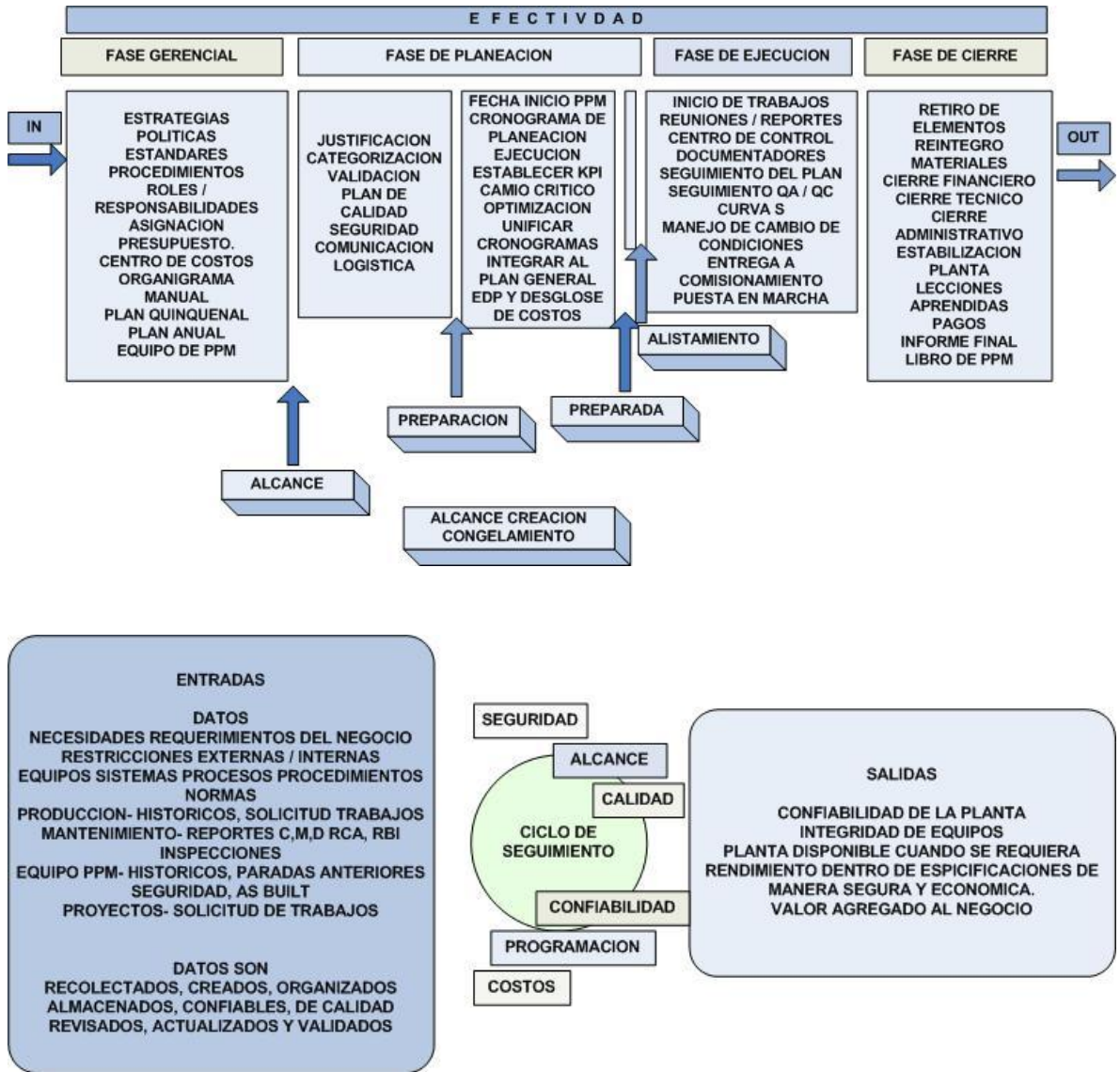


Figura 27. Ciclo de Mejora del Modelo.

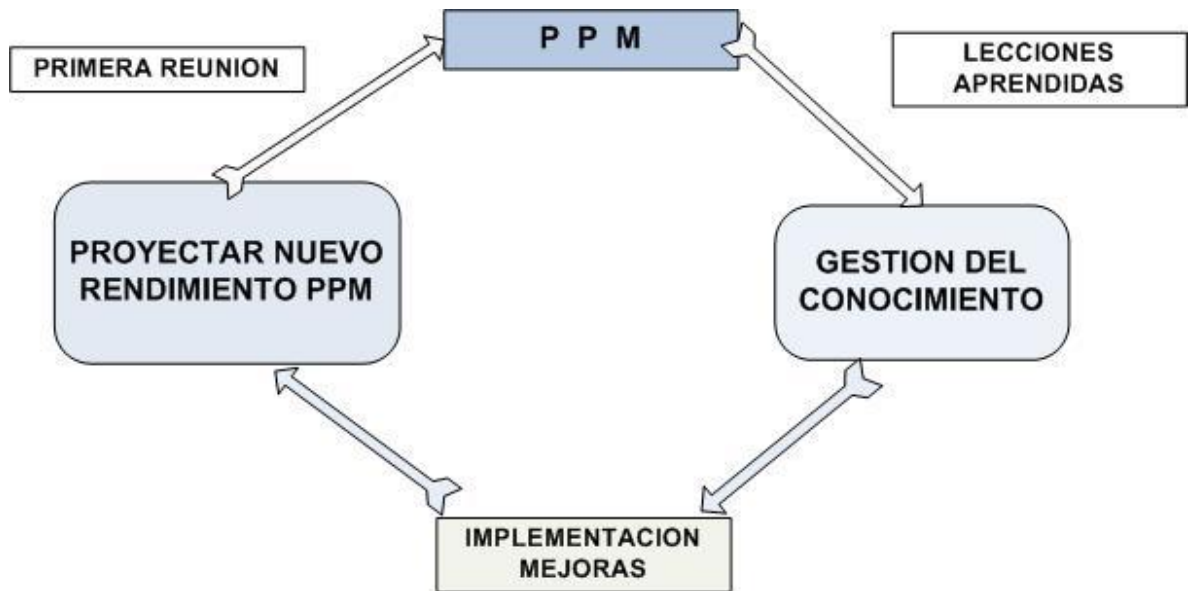
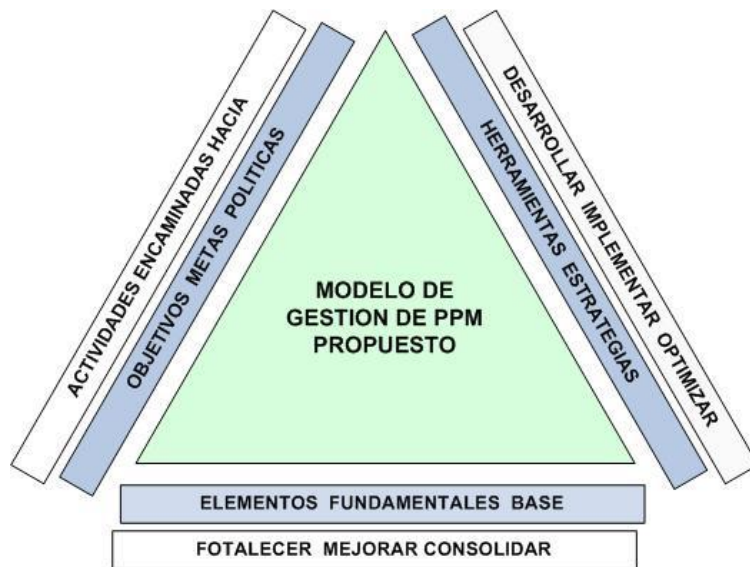


Figura 28. Consideraciones especiales del modelo.

Actividades encaminadas hacia

- ALINEACION DE LA GESTION DE PPM CON MEGA EMPRESARIAL, VISION, MISION
- REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION / VENTAS, OBJETIVOS METAS Y POLITICAS DE MANTENIMIENTO.
- MODELO ORGANIZATIVO
- PLANEACION & PROGRAMACION
- RECURSO HUMANO
- CRONOGRAM DE PLANEACION Y EJECUCION
- ALACANCE CREACION JUSTIFICACION VALIDACION
- CONGELAMIENTO
- PLANIFICACION SEGUIMIENTO DE REPUESTOS Y MATERIALES
- CAMINO CRITICO
- CONDICIONES HSE
- TIEMPOS MUERTOS / DEFICIENTE PLANEACION
- PRESUPUESTO
- CONSECUCION DE EQUIPOS/ HERRAMIENTAS DURANTE EJECUCION
- COMUNICACIÓN, LOGISTICA, CONTRATACION



Fortalecer - mejorar - consolidar

**ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL - EXCELENCIA
 GESTION DE ACTIVOS - INTEGRAL
 SISTEMA DE GESTION DEL MANTENIMIENTO - PLAN CONFIABILIDAD DE
 ACTIVOS
 PROCESO DE MANTENIMIENTO - CMMS, NORMALIZADO,
 PROCEDIMIENTOS, ROLES DEFINIDOS, PROTOCOLO ENTREGA-RECIBO DE
 EQUIPOS, CALIDAD EN EL SERVICIO**

Desarrollar - Implementar - Optimizar

**GARANTIZAR CONFIABILIDAD DE INSTALACIONES
 DISPONIBILIDAD
 INTEGRIDAD DE EQUIPOS
 EJECUCION DENTRO DEL PRESUPUESTO, DURACION,
 SEGURIDAD, COSTOS Y PARAMETROS DE CALIDAD
 VENTAJA COMPETITIVA - INNOVACION
 CRECIMIENTO RENTABLE - SOSTENIBLE
 MINIMIZAR IMPACTO FINANCIERO Y PERDIDAS DE
 TIEMPOS Y PROCESOS.
 VENTAJAS Y VALOR AGREGADO PARA LA EMPRESA,
 LOS EMPLEADOS, LOS ACCIONISTAS, CLIENTES,
 PROVEEDORES / CONTRATISTAS Y MEDIO AMBIENTE.**

Figura 29. Puntos importantes durante la PPM.



Figura 30. Niveles dentro de la PPM.

NIVEL GERENCIAL / EMPRESARIAL
PRONOSTICO, TENDENCIAS, PROSPECTIVA, PLANEACION ESTRATEGICA
NIVEL ESTRATEGICO
BALANCE COMPENSACION DE RESTRICCIONES, PROVEER FONDOS, FORMULAR POLITICAS, NORMAS Y PROCEDIMIENTOS, ASIGNAR RECURSOS, RECIBIR INDICADORES
NIVEL GERENCIAL
FORMAULAR PLAN, PONER EN ACCION LAS POLITICAS, GERENCIAR EL EVENTO DE PPM, DELEGAR ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES, MONITOREAR, GENERAR REPORTES, EVALUAR CONTROLAR, PRESENTAR KPI'S RECIBIR REPORTES, TOMAR DECISIONES
NIVEL ADMINISTRATIVO
MANEJAR ACTIVIDADES, PROVEER EXPERIENCIA, DELEGAR, RESOLVER PROBLEMAS, HACER REPORTES
NIVEL COORDINACION
CONTROLAR ACTIVIDADES, COORDINAR TAREAS, MONITOREAR, REPORTAR
NIVEL SUPERVISOR
REDACTAR REPORTES, ASIGNAR TRABAJOS, SUPERVISAR EQUIPOS DE TRABAJO, REPORTAR, VERIFICAR TRABAJOS, NORMAS Y PROCEDIMIENTOS
NIVEL OPERATIVO
REALIZAR TRABAJOS, REPORTAR PROBLEMAS, CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DEFINIDOS, CONSULTAR, REPORTAR. CONOCIMIENTO ESPECIFICO TECNICO – TRABAJOS ESPECIALIZADOS

4.2 RESPONSABILIDADES

4.2.1 Grupo Directivo

- ❖ Tomar decisiones y dar aprobación en caso de cambios de alcance durante la ejecución de la parada (presupuesto, actividades, materiales, etc.)
- ❖ Efectuar control y seguimiento a los avances reportados de la parada y de cada una de sus actividades.
- ❖ Soportar al Líder de la Parada para el éxito del proyecto.
- ❖ Definir la fecha de inicio de la Parada.
- ❖ Garantizar que los entes externos a Mantenimiento se supediten al Líder de la Parada.
- ❖ Garantizar que las áreas soportes que intervengan en la parada tengan roles, responsabilidades y alcances bien definidos.
- ❖ Garantizar que Logística de Materiales suministre los materiales, repuestos y equipos, y servicios contratados cumpla con los requerimientos por los menos 15 días antes de la fecha de inicio de la parada.
- ❖ Garantizar que las aprobaciones a los niveles requeridos estén acordes con las fechas y lapsos programados
- ❖ Asignación general de presupuesto para PPM
- ❖ Estimar plan quinquenal tentativo de paradas de acuerdo a las condiciones del negocio
- ❖ Aprobar programa de PPM⁴

4.2.2 Líder de parada

- ❖ Garantizar el cumplimiento del Plan de Parada.
- ❖ Ser el Vocero oficial del avance y cumplimiento de la Parada ante el Grupo Directivo

⁴Referencias utilizadas presentaciones jaime ppt JAIME VERGARA CARDENAS

- ❖ Asegurar la correcta coordinación entre los diferentes líderes.
- ❖ Validar para su aprobación los cambios de alcance de actividades.
- ❖ Responsable por la integridad de todo el personal involucrado en la parada.
- ❖ Canalizar los apoyos externos que se requieran para el cumplimiento de actividades programadas y no programadas.
- ❖ Garantizar de cumplimiento de las fechas establecidas en el programa
- ❖ Garantizar la emisión del reporte final de la parada.
- ❖ Controlar el desembolso de gastos durante la parada.
- ❖ Garantizar el cumplimiento de todas las actividades requeridas previas a la parada. (logística, materiales, contratos de servicio, equipos, etc.)
- ❖ Es responsable en conjunto con el Líder de Seguridad de la elaboración y difusión del plan de seguridad.
- ❖ Procurar las aprobaciones necesarias ante el grupo directivo.
- ❖ Verificar y coordinar con el líder de proyectos que las actividades se realicen
- ❖ Verificar entrega de equipos para grupo de parada, coordinar con operaciones fechas de entrega y requerimientos para entregar equipos a parada y a producción

4.2.3 Planeador y Programador

- ❖ Revisar, crear OTs en el sistema CMMS ERP y a cada orden realizar asignación de recursos y verificación de reservas materiales.
- ❖ Solicitud/ pedidos de materiales de consumo directo
- ❖ Crear órdenes para contratistas y trabajos bajo contrato
- ❖ Realizar ordenes con materiales, gente y tiempos
- ❖ Realizar gantt de parada.
- ❖ Cronograma de todas las actividades
- ❖ Asignar recursos
- ❖ Realizar y revisar las secuencias de trabajos
- ❖ Generar planes de mantenimiento de parada y designar actividades

- ❖ Los planeadores hacen el programa general de toda la PPM, toman los planes de cada área y los integran.
- ❖ Coordinar, reuniones de coordinación con el coordinador de logística, para el manejo de recursos, equipos....etc. Constante comunicación con el coordinador de logística, recursos humanos, contratos y demás que resulten relevantes para el momento de la planeación.
- ❖ Apoyar al coordinador de logística para hacer cronograma específico de equipos
- ❖ Reunión con el coordinador de materiales, para repuestos críticos.
- ❖ Definir y revisar con el líder de PPM cuales tareas son por contrato.
- ❖ Establecer programación, tiempos y fechas.
- ❖ Hacer un cronograma con actividades de planificación de la parada
- ❖ Hacer un cronograma de ejecución del plan de la parada.
- ❖ Coordinar con el líder de HSE para los planes de seguridad
- ❖ Determinar junto con el líder de confiabilidad las tareas y trabajos requeridos.
- ❖ Coordinar y hacer reuniones con supervisores y líderes de ejecución, para optimizar el plan y las órdenes.

4.2.4 Coordinador de recursos humanos

- ❖ Verificar en personal tanto propio como contratista, sus competencias y habilidades según cargo
- ❖ Revisión de parafiscales de todas las personas asignadas, seguridad social en regla y orden
- ❖ Coordinar a todo personal nuevo las inducciones de seguridad respectivas.
- ❖ Coordinar instrucción de personal nuevo
- ❖ Verificar, hacer contratación, participar en selección de personal suministrado para la PPM.
- ❖ Verificar estado de vacaciones y de incapacidades de personal de planta que va a ser asignado al plan de PPM

- ❖ Verificar asistencia a talleres antes de la parada.
- ❖ Verificar que toda contratación de personal esté en regla.
- ❖ Verificar que todas las personas estén ingresadas en el sistema, verificar que todas las personas estén carnetizados según políticas de la empresa.
- ❖ Solicitar a los contratistas las nóminas del personal

4.2.5 Coordinador de logística

- ❖ Verificar certificación de herramientas de contratistas y de la planta
- ❖ Definir horarios de comidas y refrigerios
- ❖ Garantizar rutas de transportes para los diferentes turnos
- ❖ Garantizar respaldo de la posta médica y de bomberos
- ❖ Recibir información de cambios de alcance e incorporar al plan de logística lo requerido para cubrir dichos cambios.
- ❖ Diligenciar la ubicación física de los contratistas dentro del área de la planta
- ❖ Garantizar la disponibilidad de los medios de comunicación
- ❖ Elaborar informe final con lecciones aprendidas
- ❖ Coordinar inducción de seguridad y plan de manejo ambiental para la entrada de contratistas.
- ❖ Organizar contratación de equipos adicionales, inventarios de equipos grúa, montacargas.
- ❖ Hacer contratación de grúas o equipos adicionales que se requieran
- ❖ Coordinar ingreso y verificar cumplimiento de equipos ingresados por el contratista según estándares de organización.
- ❖ Participar durante la ejecución, asigna prioridades de los equipos durante la parada.
- ❖ Participar en el cronograma específico de grúas y equipos montacargas, manlift de operación y contratados.
- ❖ Equipos para disposición de residuos, transporte temporal, transporte de carga, isaje de carga, red de residuos y materiales nuevos

- ❖ Realizar los planes de tráfico, de acuerdo a los equipos críticos
- ❖ Coordinar con transporte de personal, en la planta, en poblaciones y dentro de las instalaciones.
- ❖ Camionetas asignadas
- ❖ Paquetes de contratación para equipos adicionales

4.2.6 Coordinador de contratos

- ❖ Armar los paquetes de licitación de las actividades designadas por contrato
- ❖ Coordinar con contratistas visita a obra e indicar los alcances a los contratistas para respectiva licitación.
- ❖ Realizar seguimiento al estado de los contratos de servicio con materiales y compra, verificar asignación
- ❖ Verificar que cada contratista entregue cronograma, listado de personal, material, obras para enviar a respectivos líderes.
- ❖ Verificar cumplimiento de contratos, la parte jurídica de los contratos.
- ❖ Encargado de aprobar cambios de alcance a los contratistas.
- ❖ Verificar que los términos de contratación estén de acuerdo a políticas ambientales de seguridad de la empresa.
- ❖ En conjunto con el planeador verifica que la actividad del contrato tenga su orden de trabajo de mantenimiento o de servicio respectiva.

4.2.7 Coordinador de materiales

- ❖ Hacer seguimiento respectivo con código en stock como cargo directo
- ❖ Resolver problemas en el momento de realizar compras
- ❖ Ser medio de comunicación entre materiales y coordinación de mantenimiento por problemas de materiales.
- ❖ Establecer reuniones de materiales para verificar las compras.

- ❖ Establecer con el planeador seguimiento a fabricaciones requeridas para la PPM
- ❖ Realizar visitas en compañía de calidad, a los talleres donde se estén haciendo fabricaciones, seguimiento.
- ❖ Identificar posibles amenazas por materiales, por la no llegada del material en la fecha programada, dar soluciones.
- ❖ Coordinar visitas a talleres

4.2.8 Líder de confiabilidad e integridad

- ❖ Define, asigna, informa junto con el planeador, en el momento de planificar toda la información de equipos que se deben intervenir, paretos de falla, y toma decisión sobre la intervención de equipos en alto deterioro de acuerdo a su punto de falla.
- ❖ Revisar los TMEF, medir la mantenibilidad de los equipos críticos
- ❖ Recoger y suministrar los datos
- ❖ Durante la ejecución hacer monitoreo por condición post arranque de parada y dar visto bueno para continuar.

Se recomienda que sea parte del equipo de calidad de la empresa.

4.2.9 Líder de HSE

- ❖ Realizar el plan de seguridad de la parada, asignar supervisores de seguridad a las áreas respectivas
- ❖ Realizar un control de las estadísticas de seguridad, accidentes y kpi.
- ❖ Divulgar durante talleres Kpi de paradas anteriores
- ❖ Verificar análisis de riesgo diario fomentando el trabajo seguro
- ❖ Verificar que las actividades críticas tengan análisis de riesgo respectivos
- ❖ Realizar actividades de isaje y planes de isaje

- ❖ Solicitar y verificar los permisos de trabajo en altura y espacios confinados.
- ❖ Elaborar y divulgar el Plan de Riesgo de la Parada
- ❖ Difundir a nivel de Líderes y Supervisores de ejecución los riesgos inherentes a las tareas a su cargo.
- ❖ Garantizar el uso de los implementos de protección personal tanto del personal propio como contratado.
- ❖ Garantizar que estén dadas las condiciones necesarias para la aprobación del permiso de trabajo.
- ❖ Identificar tareas comunes a un área que generen riesgos entre sí.
- ❖ Apoyar a los Supervisores en el desarrollo de las charlas de seguridad
- ❖ Detectar condiciones de riesgo durante la ejecución de los trabajos y tomar las acciones necesarias para su mitigación.
- ❖ Definir y difundir las vías de escape y puntos de concentración para cada caso y área.
- ❖ Canalizar y difundir los eventos no deseados.
- ❖ Documentar experiencias y lecciones aprendidas.
- ❖ Velar por que todos los contratistas cuenten con personal responsable de la seguridad y capacitado para tal fin, así como los planes de seguridad y riesgos inherentes a la actividad a desarrollar.
- ❖ Informar diariamente al Supervisor de Gestión de los eventos relevantes diarios.
- ❖ Verificar reportes de actividades seguras
- ❖ Personal médico, enfermería durante PPM
- ❖ Revisar planes de emergencia, durante actividades de PPM
- ❖ Disponer brigadas de emergencia, bomberos alertas a cualquier eventualidad
- ❖ Disposición de residuos peligrosos de acuerdo a clasificación de residuos de la parada, químicos.
- ❖ Generar reportes diarios
- ❖ Asistir a reuniones diarias de seguimiento de eventos no deseados durante ejecución

- ❖ Se recomienda que sea integrante del equipo de HSE de la planta.

4.2.10 Líder de ejecución de mantenimiento

- ❖ Realizar actividades de acuerdo al plan
- ❖ Velar por la seguridad de los integrantes de su equipo
- ❖ Verificar cumplimiento de todas las actividades en todas las áreas
- ❖ Asistir a las reuniones de planeación de la PPM, dar soporte a la planeación de las actividades de parada

Se recomienda que sea de las mismas personas del mantenimiento.

4.2.11 Líder de ejecución de producción, operaciones

- ❖ Manejo de imprevistos (ausencia personal propio o contratista, falta de herramientas y equipos, condiciones climáticas adversas, inconsistencia de tolerancias de ajuste durante la ejecución).
- ❖ Activar el plan de mitigación de consecuencias en caso de ocurrir un evento no deseado a nivel de seguridad o ambiente.
- ❖ Diligenciar protocolos de entrega y recepción de equipos.
- ❖ Registrar asistencia del personal y autorizar tiempo extra.
- ❖ Verificar cumplimiento de fechas de inicio y finalización de tareas de acuerdo a lo establecido en el Project, detectar desviaciones, justificar las desviaciones y proponer acciones para corregirlas.
- ❖ Recibir los resultados de las inspecciones, elabora plan de acción y someter a aprobación.
- ❖ Seguimiento a reparaciones en talleres externos.
- ❖ Efectuar evaluación de los contratistas a su cargo.
- ❖ Consolidación del reporte final y lecciones aprendidas.

- ❖ Asigna los trabajos (Ot's, Procedimientos, Riesgos implícitos, Proyectos, mecanismos de captura de información, formatos, tablas)
- ❖ Orientar y aclarar alcances del trabajo
- ❖ Elaborar y tramitar firma de los permisos de trabajo
- ❖ Interviene en las charlas de seguridad
- ❖ Coordina los cambios de turno y garantiza la fluidez del proceso
- ❖ Consolida la información de los reportes de avance e informa al Líder de la Parada y a programación
- ❖ Revisa, analiza y somete a aprobación las variaciones y cambio de alcance
- ❖ Soporta labores de los responsables ejecutores (materiales, permisos, logística)

4.2.12 Coordinador de proyectos

- ❖ Coordinar con el líder PPM actividades desarrolladas por ingeniería de proyectos y revisar asignaciones a Capex.
- ❖ Coordinar mediante comunicación con logística, sobre con que equipos cuentan y cuales se requieren para la PPM.
- ❖ Coordinar planes de tráfico.
- ❖ Coordinar con el planeador, que actividades presentan interferencia.
- ❖ Revisar que equipos se van a dar de baja, para eliminar plan de mantenimiento.
- ❖ Coordinar los nuevos planes de mantenimiento para los nuevos equipos que van a estar funcionando durante la postparada.

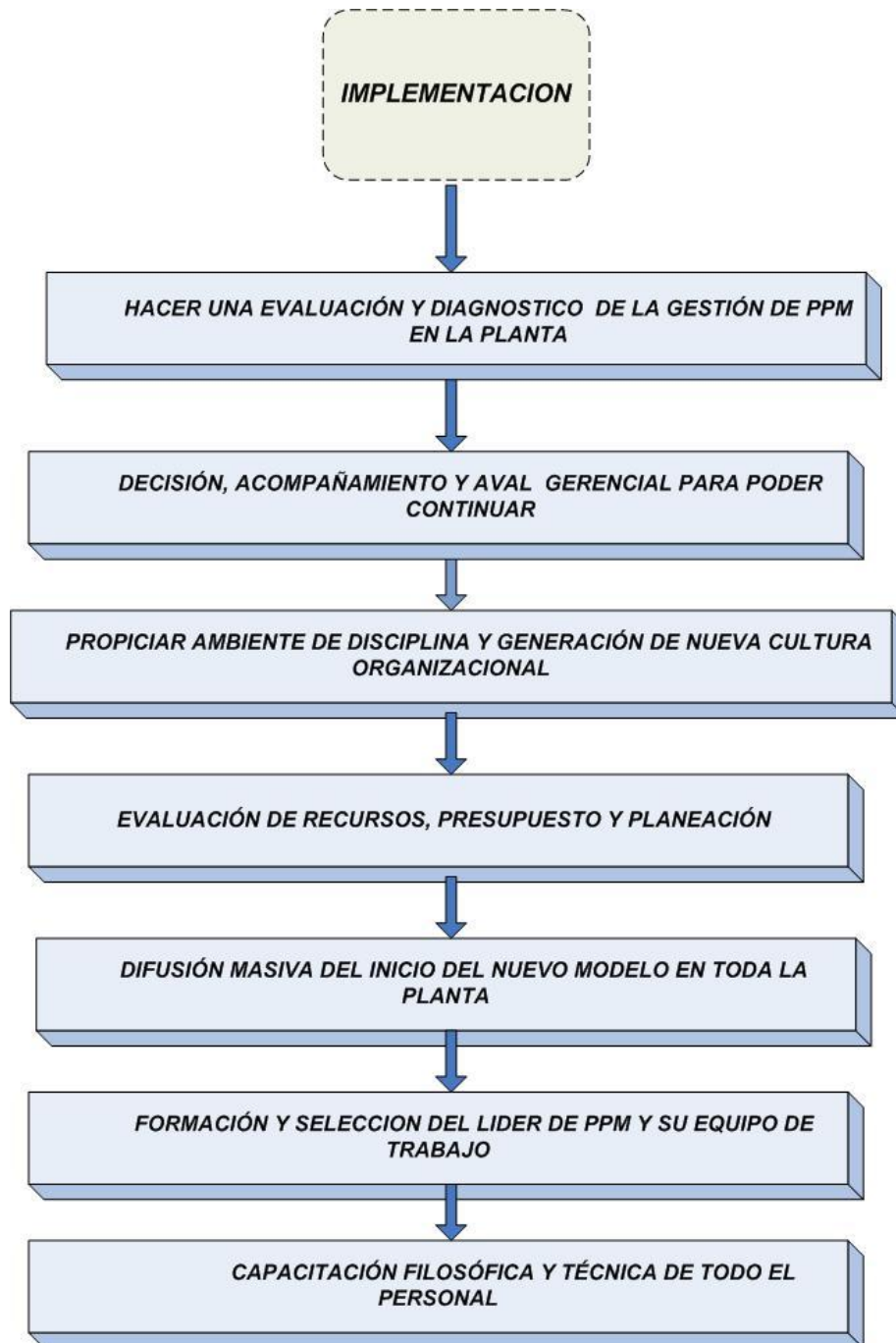
4.2.13 Líder de Comisionamiento

- ❖ Definir formatos de precomisionamiento y comisionamiento de los equipos grandes intervenidos.
- ❖ Verificar pruebas de control

- ❖ Procedimientos de pruebas individuales y de pruebas en vacío por sistemas.
- ❖ Definir los sistemas y subsistemas para hacer el comisionamiento.
- ❖ Realizar pruebas con carga.

Observación se debe tener un grupo de soporte durante una o dos semanas ofreciendo acompañamiento durante la puesta en marcha y mientras dura el proceso de estabilización de la planta, en turnos día/noche. El equipo de comisionamiento debe estar conformado de una persona tanto de producción como de mantenimiento. Si el evento es muy grande o complejo se justifica un equipo de comisionamiento.

5. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO



CONCLUSIONES

Se evidencia que existen oportunidades de mejora en el desarrollo de paradas programadas de planta, especialmente en aquellas cuya duración oscila entre 7 a 60 días, debido a que no existe un estándar definido y no todas las empresas aplican buenas prácticas. El modelo propuesto hace énfasis en la necesidad de una evaluación competente del volumen de trabajo generado por el alcance y del conocimiento de los recursos reales con los que cuenta la empresa, para estimar el porcentaje de trabajos a ser contratados de la manera más temprana posible, también se dan pautas para el seguimiento y control de repuestos y materiales necesarios en la ejecución, junto con la necesidad de poseer con un centro de costos exclusivo para la PPM, se hace énfasis en el cuidado exigente del alcance, las tareas generadas, un cronograma de la planeación, un alto estándar en el proceso de planeación y programación, se resalta la importancia de que a los planeadores no se les asignen funciones adicionales diferentes a la de su rol, sino que permanezcan enfocados en su actividad, ya que es una de las bases para un posterior buen manejo de la ejecución y cierre de la PPM.

Por otro lado es importante utilizar personal base de la planta, lo que ayuda a no elevar tanto los costos y aprovecha el conocimiento de personal clave en la planta. El tener un modelo de gestión de PPM eficiente permite impactar en el rendimiento financiero de la empresa, ayuda a reducir costos a mediano y largo plazo además de optimizar tiempos durante la ejecución, es una herramienta que bien utilizada permite obtener una ventaja competitiva y sacar mayor provechos de las ventajas comparativas, al igual que permite a la organización estar más preparada para enfrentar los retos de la economía de escala.

Es necesario hacer hincapié en que para implementar el modelo es de suma importancia que la alta dirección de la organización esté convencida de la necesidad de gerenciar con un alto nivel la PPM, reciba el apoyo total por parte de gerencia y se establezca como estrategia de mantenimiento y como política de la empresa, para poder tener resultados exitosos. El hecho de ser un proceso repetitivo en todas las organizaciones, se propone que sea incluido dentro de la estructura normal de mantenimiento un grupo exclusivo para trabajar con suficiente anticipación los temas de PPM ya que esto optimizaría resultados y siempre estaría en control los procesos de reparaciones de equipos.

Otro elemento importante que cabe resaltar es la elección del líder o gerente de la PPM y de su equipo de trabajo, ya que se requiere un perfil de gran conocimiento de la empresa, poder de convencimiento, persuasión, liderazgo y control de las personas, procesos y áreas, además de una gran empatía, poseer habilidades gerenciales y criterios para poder tomar decisiones.

Por último la implementación del modelo, ya que tiene un enfoque gerencial, requiere de una visión a largo plazo, mientras la organización se adquiere la nueva cultura y adapta el modelo a su situación.

BIBLIOGRAFÍA

- AMENDOLA, Luis. Estrategias de confiabilidad en los procesos de paradas de planta; PMM Institute for Learning; Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Proyectos de Ingeniería Abril 2011
- AMENDOLA, Luis. Mitigar los Riesgos en la Gestión de Paradas de PlantaEDP "Estructura de Descomposición del Proyecto" WBS "Work Breakdown Structure" Project Management PMM Institute for Learning
- AMENDOLA, Luis. Ph.D Departamento de Proyectos de Ingeniería. Metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de proceso. Universidad Politécnica de Valencia España Sao paulo Brasil, octubre 2003.
- GÓMEZ ALMEIDA, Raúl Julian. Desarrollo de una metodología para la gestión de proyectos de parada de planta bajo los lineamientos del PMI (Project Management Institute) Trabajo de Grado para optar como ingeniero mecánico 2009
- LENAHAN, Tom. Turnaround, Shutdown and Outage Management: Effective Planning and Step-by-Step Execution of Planned Maintenance Operations 2006
- MENDOZA MUÑOZ, Gina zuley, rodriguez lopez, joe luis. Guia para realizar el proceso de planificación y programación para el mantenimiento con parada de planta de la gerencia general refinería Barrancabermeja de Ecopetrol S.A.

Monografía de grado para optar por el título de especialista en gerencia de mantenimiento 2009

- OBIAJUNWA, Christopher C PhD (Sheffield Hallam University, UK) Syngenta GMC, UK. A Best Practice Approach To Manage Workscope In Shutdowns, Turnarounds and Outages. Asset Management and Maintenance Journal PDF Christopher C Obiajunwa PhD (Sheffield Hallam University, UK) Agosto de 2012
- SALIH DUFFUAA and Mohamed Ben-Daya, Turnaround Maintenance.
- SALIH O. DUFFUAA, Mohamed Ben-Daya. Turnaround Maintenance Handbook of Maintenance Management and Engineering 2009, pág 223-235
- SANTOS, Julio CEZAR jeronimo, MELO, Welerson Dos Reis Amaral. Indicador da qualidade do processo parada programada. Abramam Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

ANEXOS

Anexo A. Formato Planeación De Tareas Parada Mayor De Mantenimiento

PARADA MAYOR DE MANTENIMIENTO PLANEACION DE TAREAS												
IMPUTACION			TIPO DE MTO.				ZONA DE TRABAJO					
Descripción de la tarea a realizar:												
LIDER CM SA TURNO DIA						LIDER CM SA TURNO NOCHE						
TIEMPO ESTIMADO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12
Turno día												
Turno noche												
Requerimientos de equipos especiales												
Equipo	Cant.	Observaciones/ Especificaciones		Equipo	Cant.	Observaciones/ Especificaciones						
Equipo o Herramienta	Cantidad	Hora Inicio	Hora Fin	Equipo o Herramienta	Cantidad	Hora Fin						
Requerimientos de herramientas especiales												
Equipo	Cant.	Observaciones/ Especificaciones		Equipo	Cant.	Observaciones/ Especificaciones						

**PARADA MAYOR DE MANTENIMIENTO
PLANEACION DE TAREAS**

Requerimientos de materiales y/o repuestos críticos por Cargo Directo

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	\$oIP/Pedido	Observaciones

Requerimientos de materiales y/o repuestos críticos de Stock Bodega

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Código de stock	Referencia

Requerimientos de contratos o compra de servicios

No.	Descripción	Contratista	\$oIP/Pedido	Observaciones

Requerimientos de Preparativos

No.	Descripción	Ubic. Materiales	Observaciones

Elaborado por:		Fecha de elaboración	
Revisado por:		Fecha de entrega	

Anexo B Formato De Requerimientos HSE

REQUERIMIENTOS DE LOS ESTANDARES DE RIESGOS FATALES

TAREA: _____

RESPONSABLES: _____

QUÉ ESTANDAR APLICA?

AISLAMIENTO

Si No

Se requiere Identificar fuentes de energía y TAG de equipos

--	--

Cuales?

Aplica procedimiento específico de bloqueo (Procedimiento normalización en línea)

--	--

Cual?

Requiere diligenciar Anexo 5

--	--

Existe estación de bloqueo en el área

--	--

Requiere caja satélite de bloqueo

--	--

Tienen candado y tarjeta de bloqueo

--	--

Conoce los 7 pasos de bloqueo

--	--

Cuales son?

TRABAJO EN ALTURA

Requiere Arnés de seguridad sin absorbedor certificado

--	--

Requiere Línea de vida certificada

--	--

Requiere Anclaje con oreja certificada (3 ton = 1 persona y 5 ton = 2 personas)

--	--

Requiere Andamio

--	--

Requiere cinta de mandíbula (barbuquejo)

--	--

Requiere Escalera certificada

--	--

Es necesario encerramiento de acuerdo a la altura a trabajar

--	--

Requiere Plataforma de Elevación (escalera hidráulica)

--	--

	Si	No
Requiere Manlift	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Necesita permiso para trabajo en altura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere Plan de rescate para trabajo en altura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere grúa para Trabajo en altura (canasta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existen cables energizados cerca (3 m) al sitio de trabajo en altura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El Personal es apto medicamente para trabajar en altura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere sujetador de herramienta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si es correcto diligenciar permiso para trabajo en altura
Si es correcto diligenciar plan de rescate
Si es correcto leer Anexo 3 Izaje de personas con canastillo y grúa de la Regla de Izamiento de Cargas).
Diligenciar permiso de trabajo en equipos eléctricos y subestaciones (T406RO19)

MATERIALES PELIGROSOS

Requiere manipular alguna sustancia peligrosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere Hoja resumen de seguridad del producto en sitio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ha manipulado anteriormente este producto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conoce los procedimientos para manipulación del material peligroso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cual?

Si no se debe divulgar hoja de seguridad

IZAMIENTO DE CARGA

Requiere eslingas, grilletes y estrobos (certificados)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere Diferenciales y garruchas (certificadas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere sistema de viento o guía de la carga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es necesario encerramiento adecuado a la altura de la carga a izar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere Orejas certificadas para anclaje de la diferencial o garrucha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere Malacates (certificados)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES/COMENTARIOS GENERALES

