

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas



**SELECCION DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTION
DE MANTENIMIENTO PARA UNA PLANTA DE GAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS

OYANGUREN AMORÓS SANDRO MARTÍN

Lima, Perú

2014

DEDICATORIA

A mis padres, Ada y Julián, por ser actores principales en mi formación profesional y en mis valores como persona, quienes con esfuerzo, dedicación y ejemplo, me inspiraron a conseguir uno de mis objetivos más anhelados.

A mi esposa, Roxana, sin cuyo apoyo no habría podido culminar este importante logro profesional.

A mi hijo Gabriel, que es mi inspiración para ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar el presente trabajo, deseo expresar mi agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron de manera directa o indirecta en la consecución de este logro profesional.

Muy especialmente al Ing. Julio César Ramírez Bisotto, por su apoyo y consejos, sin cuyo aporte no habría podido darle forma a este informe.

Al Ing. Antonio Fernando León Medina, por su apoyo a lo largo del desarrollo de este informe.

A todos mis profesores de grado, por todos sus conocimientos y consejos compartidos.

A mis compañeros de trabajo, que compartieron sus experiencias y conocimientos durante el desarrollo del presente informe.

ÍNDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: PENSAMIENTO SISTÉMICO	12
DIAGNÓSTICO FUNCIONAL	12
VISIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO	13
MISIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO	13
OBJETIVOS DEL AREA DE MANTENIMIENTO	14
FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO	15
ORGANIZACIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO	17
SISTEMAS	18
PROCESOS DE MANTENIMIENTO	21
DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO	23
ANÁLISIS INTERNO	23
ANÁLISIS EXTERNO	23
MATRIZ DE ESTRATEGIAS FODA	24
DEFINICIÓN DE LAS ESTRATEGIAS	25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO	28
TEORIA GENERAL DE MANTENIMIENTO	28
TEORIA GENERAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS	45
TEORÍA GENERAL DE ETL (EXTRACT-TRANSFOR-LOAD)	58
CAPÍTULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES	64
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	64
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	71
SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	73
PLAN DE ACCIÓN PARA DESARROLLAR LA SOLUCIÓN	78
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	91
SELECCIÓN DEL CRITERIO DE EVALUACIÓN	91

RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96
GLOSARIO	100
ANEXOS	102
ANEXO A - ESCALA DE SAATY	102
ANEXO B - REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	103
ANEXO C - CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	112
ANEXO D - VALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	126
ANEXO E - VALUACIÓN DE LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	127
ANEXO F - VALUACIÓN DE LOS COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	128
ANEXO G – CRONOGRAMA TENTATIVO DE IMPLEMENTACIÓN	129

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1. Filosofía de Mantenimiento	16
Figura 2. Organización del Área de Mantenimiento	18
Figura 3. Arquitectura PlantWeb de Emerson	19
Figura 4. Procesos de Mantenimiento	21
Figura 5. Técnicas de Confiabilidad Operacional	32
Figura 6. Herramientas de Gestión de Activos	35
Figura 7. RAV típico	41
Figura 8. Costos de mantenimiento preventivo	42
Figura 9. Benchmarking Mantenimiento	45
Figura 10. Ciclo de vida del proyecto	49
Figura 11. Influencia de los interesados a lo largo del tiempo	50
Figura 12. Secuencia de fases típica en un ciclo de vida del proyecto	51
Figura 13. Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos	56
Figura 14. Los grupos de procesos interactúan en una fase o proyecto	57
Figura 15. Proceso Extraer-Transformar-Cargar	58
Figura 16. Evaluación de la Criticidad de los Activos	65
Figura 17. Niveles de Mantenimiento	66
Figura 18. Selección del Tipo de Mantenimiento de acuerdo a la	68

Criticidad del Activo

Figura 19. Benchmark tipos de mantenimiento	71
Figura 20. Representación jerárquica del problema de decisión	75
Figura 21. Fases del ciclo de vida de proyectos de IT	81
Figura 22. Fases del ciclo de vida de proyectos de IT con sub fases	81
Figura 23. Cronograma propuesto de implementación	88
Figura 24. Arquitectura propuesta	89
Figura 25. Costos de Mantenimiento por tipo de mantenimiento	92
Figura 26. Cronograma detallado de implementación	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz FODA	24
Tabla 2. Estrategia de mantenimiento de acuerdo a la criticidad del Activo	69
Tabla 3. Ventajas y desventajas de las alternativas	72
Tabla 4. Presupuesto aprobado para adquisición de CMMS	73
Tabla 5 Grado de importancia de los criterios	76
Tabla 6 - Grado de importancia de los criterios normalizado	76
Tabla 7 – Resultados obtenidos por cada alternativa	77
Tabla 8 – Evaluación de alternativas	77
Tabla 9. Matriz de Saaty	102
Tabla 10. Requerimientos funcionales	103
Tabla 11. Grado de cumplimiento de requerimientos funcionales	112
Tabla 12. Valoración del grado de cumplimiento de requerimientos funcionales	112
Tabla 13. Escala para definir el peso del cumplimiento de requerimientos funcionales	126
Tabla 14. Calificación del cumplimiento de requerimientos funcionales	126
Tabla 15. Escala para definir el peso del tiempo de ejecución	127
Tabla 16. Calificación del cumplimiento del tiempo de ejecución	127

Tabla 17. Escala para definir el peso del costo de implementación	128
Tabla 18. Calificación del cumplimiento del costo de implementación	128

RESUMEN

En este trabajo se va a mostrar la necesidad de adquirir un Sistema Computarizado de Gestión de Activos (CMMS) para gestionar los activos de la planta de gas, soportar la gestión de mantenimiento y la estrategia de mantenimiento adoptada para explotar las funcionalidades de monitoreo de condiciones que otorga la infraestructura tecnológica de la planta, el Sistema de Control de Planta DeltaV de Emerson, que se basa en su arquitectura PlantWeb.

Se van a proponer alternativas para implementar el CMMS que garantice explotar las capacidades de mantenimiento predictivo y proactivo del Sistema de Control de la Planta y la adopción de nuevas tecnologías de mantenimiento en el futuro. Para ello, el software a adquirir tiene que cumplir con una serie de requerimientos propuestos por el área usuaria (151), cumplir con fechas de implementación y una restricción de costos.

Se presentará un plan de implementación del CMMS seleccionado, basado en las mejores prácticas del PMI, con un cronograma de trabajo detallado con hitos y fechas de entrega, así como la arquitectura que utiliza la empresa para la implementación de soluciones de software.

Se evaluará la adquisición del software con el indicador de distribución del costo de mantenimiento por tipo de mantenimiento efectuado y el grado de adherencia con los estándares mundiales de mejor productor, para lo que se tomarán valores de años significativos durante el periodo de operación de la planta de gas.

Finalmente, cerramos el informe con las conclusiones y recomendaciones.

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

- Implementación de CMMS
- Gestión de proyectos PMI
- Mantenimiento proactivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento reactivo
- Confiabilidad de equipos
- ETL (Extract – Transform – Load)

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es considerado hoy en día un factor estratégico cuando se busca incrementar los niveles de productividad, calidad y seguridad en una empresa. Es por ello que una empresa que aspire a ser más competitiva y eficiente debe adoptar técnicas y sistemas que le permitan garantizar la continuidad de sus procesos productivos y uniformidad en la calidad de sus productos y servicios¹.

Debido a la dinámica y a la cantidad de información que se necesita para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento, se necesita la ayuda de un sistema computarizado para mantener accesible y al día toda esa información.

Un sistema computarizado de gestión de mantenimiento o CMMS se encarga de informar oportunamente sobre los trabajos de mantenimiento que deben realizarse, generando historiales que permiten medir el desempeño de mantenimiento y tomar acciones para mejorarlo.

¹ Porqué implementar un Sistema Computarizado de Mantenimiento CMMS?, tomado de <http://confiabilidad.net/articulos/porque-implementar-un-sistema-computarizado-de-mantenimiento-cmms/>, Confiabilidad.net!

En general, los CMMS contribuyen de manera significativa a garantizar la continuidad en los procesos de producción, además de prolongar la vida útil de los equipos.

Los CMMS permiten dejar documentada toda la información del departamento de mantenimiento. Con ello, al haber cambios en el personal de mantenimiento, la información sobre los trabajos que se deben realizar, trabajos realizados, fallas, historiales, etc., queda grabada en el sistema, garantizando así una continuidad en el seguimiento de los programas de mantenimiento.

CAPÍTULO I. PENSAMIENTO SISTÉMICO

Se presenta el enfoque sistémico y estratégico del Área de Mantenimiento de la Planta de Gas.

DIAGNOSTICO FUNCIONAL

La Empresa Petrolera a fines del año 2003 tiene dos locaciones bien diferenciadas, la denominada como Upstream Facilities que incluye la Planta de Gas y los pozos colectores ubicados en la Selva del Perú, en la ribera este del río Urubamba, departamento del Cusco y la Planta de Fraccionamiento y Topping ubicada en la costa del Pacífico a 14 Km. al sur de Pisco, departamento de Ica en el Perú.

En la selva, los líquidos y gases producidos en los campos son transportados por un sistema de colectores hacia la planta de gas donde son separados y estabilizados para despacho en gas seco con alto contenido en C1/C2 y líquidos de gas natural con contenidos de C3+ (NGL). Estos líquidos son transportados en su totalidad a Pisco.

El gas seco es transportado a la Planta de Pisco y Lima para consumo. En la Planta de Pisco el NGL es fraccionado en propano, butano, nafta y diesel, se cuenta además con tanques de almacenamiento de productos finales. Se cuenta también con un terminal marino para despacho de estos productos al mercado local y extranjero. Un terminal de despacho de camiones también provee una distribución local de estos productos.

La Empresa Petrolera se encuentra abocada en las pruebas y certificación de los procesos productivos de las plantas, preparándose para la puesta en marcha que ha sido planificada para julio del 2004.

Junto con la implementación de las plantas, y de acuerdo con el Plan Estratégico de la empresa, se ha creado la Gerencia de Mantenimiento, la cual se va a encargar de efectuar el mantenimiento de las plantas y asegurar la fiabilidad de las mismas.

VISIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Mantener a la Empresa entre las primeras empresas del mundo a nivel de competitividad y utilidad.

MISIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Llevar adelante prácticas eficientes, seguras y sustentables de Mantenimiento de Clase Mundial, que brinden una óptima funcionalidad, disponibilidad y confiabilidad de los equipos, con personal capacitado, tecnología de punta y respeto por el medio ambiente.

OBJETIVOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Para objetivo Crecimiento: Incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mediante prácticas eficientes de mantenimiento e implementación de programas de mantenimiento RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

Para objetivo Solvencia Financiera: Focalizar los recursos disponibles mediante la identificación de equipos y partes críticas, mejorando su confiabilidad y disponibilidad operativa y mejorando los planes de mantenimiento específicos para cada equipo.

Para objetivo Eficiencia: Reducir los costos de mantenimiento mediante la estandarización de equipos, la selección de los mejores proveedores disponibles, la generación energética más conveniente, entrenando al personal en las mejores prácticas y garantizando el cumplimiento del presupuesto asignado.

Para objetivo Responsabilidad Social: Minimizar la potencialidad de incidentes con impacto en la comunidad y en los empleados mediante la mejora en la calidad de los procesos del área de mantenimiento como resultado de la aplicación de normas internacionales de calidad.

Para objetivo Salud – Seguridad - Ambiente: Incrementar los niveles de seguridad laboral y ambiental mediante el constante monitoreo y cumplimiento de las normas internacionales y minimizando el uso de insumos con impacto negativo al ambiente.

Para objetivo Marco Legal: Minimizar las contingencias de incumplimiento de normas mediante prácticas adecuadas y seguras de mantenimiento que minimizan el impacto legal.

FILOSOFIA DE MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento es asegurar el máximo de disponibilidad de los procesos y la infraestructura a un costo mínimo, garantizando al mismo tiempo condiciones de operación seguras y respeto al medio ambiente.

El concepto de mantenimiento integra todas las actividades realizadas para mantener a los Activos, tanto como sea posible, en condiciones similares a como fueron adquiridos. Esta definición implica no solo

reparar sino aplicar actividades de “ingeniería” para evitar posibles fallos, mediante la aplicación de técnicas que permitan al servicio de mantenimiento predecir el comportamiento de los Activos.

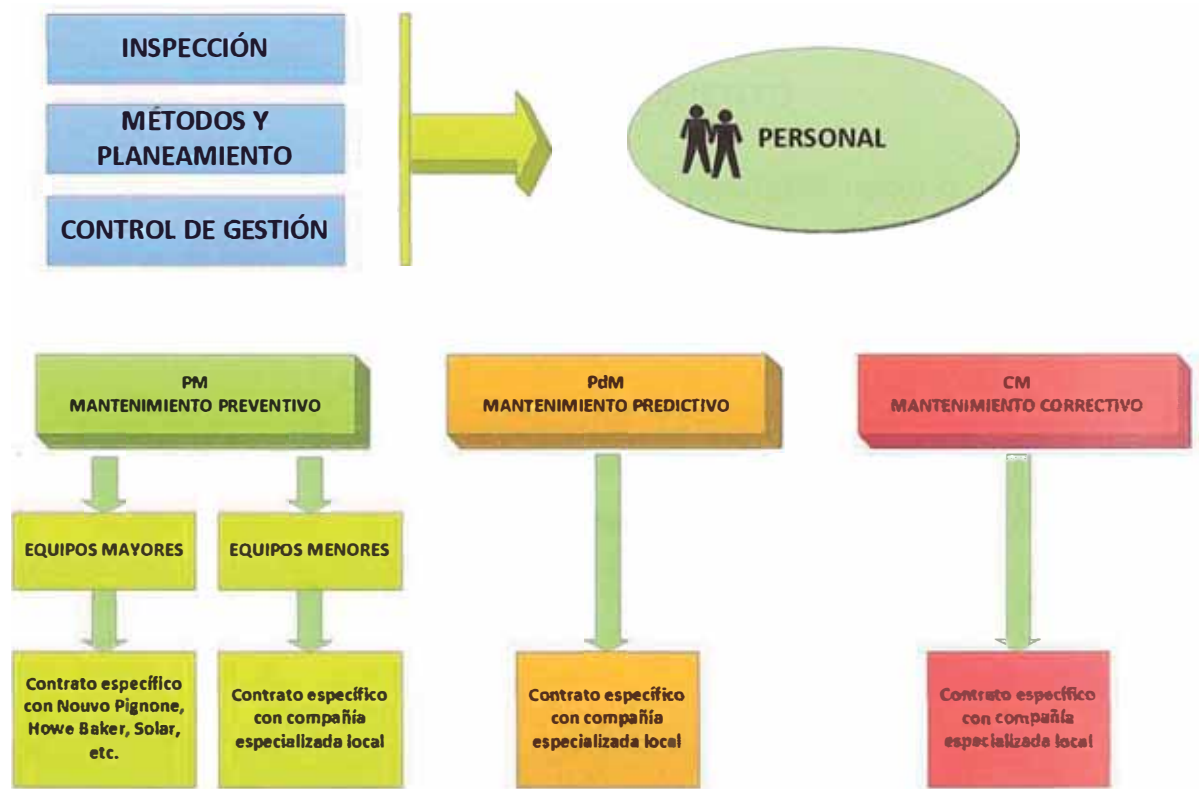


Figura 1. Filosofía de Mantenimiento

En general, las actividades de mantenimiento se pueden clasificar dentro de dos tipos:

Actividades Operacionales. Cubren todas las intervenciones de mantenimiento en el equipo, así como la organización y programación de los trabajos rutinarios.

Actividades Funcionales. Reúnen todos los análisis y estudios con profundidad, tales como la organización, estandarización, optimización, metodología, planificación, etc.

ORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

El Área de Mantenimiento se ha organizado jerárquicamente como se muestra en la Figura 2.

Según dicha figura, la operación y mantenimiento de la planta depende de la Gerencia de Operaciones. Se ha efectuado la separación de la gestión del mantenimiento de las actividades de operaciones como una aplicación de las mejores prácticas de mantenimiento, las que se ven reflejadas bajo ella como la Gerencia de Mantenimiento y la Gerencia de la Planta.

La Gerencia de Mantenimiento es la encargada de efectuar todos los análisis y estudios con profundidad, tales como la organización, estandarización, optimización, metodología, planificación, etc.

La Gerencia de la Planta está encargada de la operación de la planta de gas y, a través del Superintendente de Planta, se encarga de todas las intervenciones de mantenimiento en los equipos y la programación de los trabajos. Adicional a esto, funcionalmente, el Superintendente de Planta reporta al Gerente de Mantenimiento.

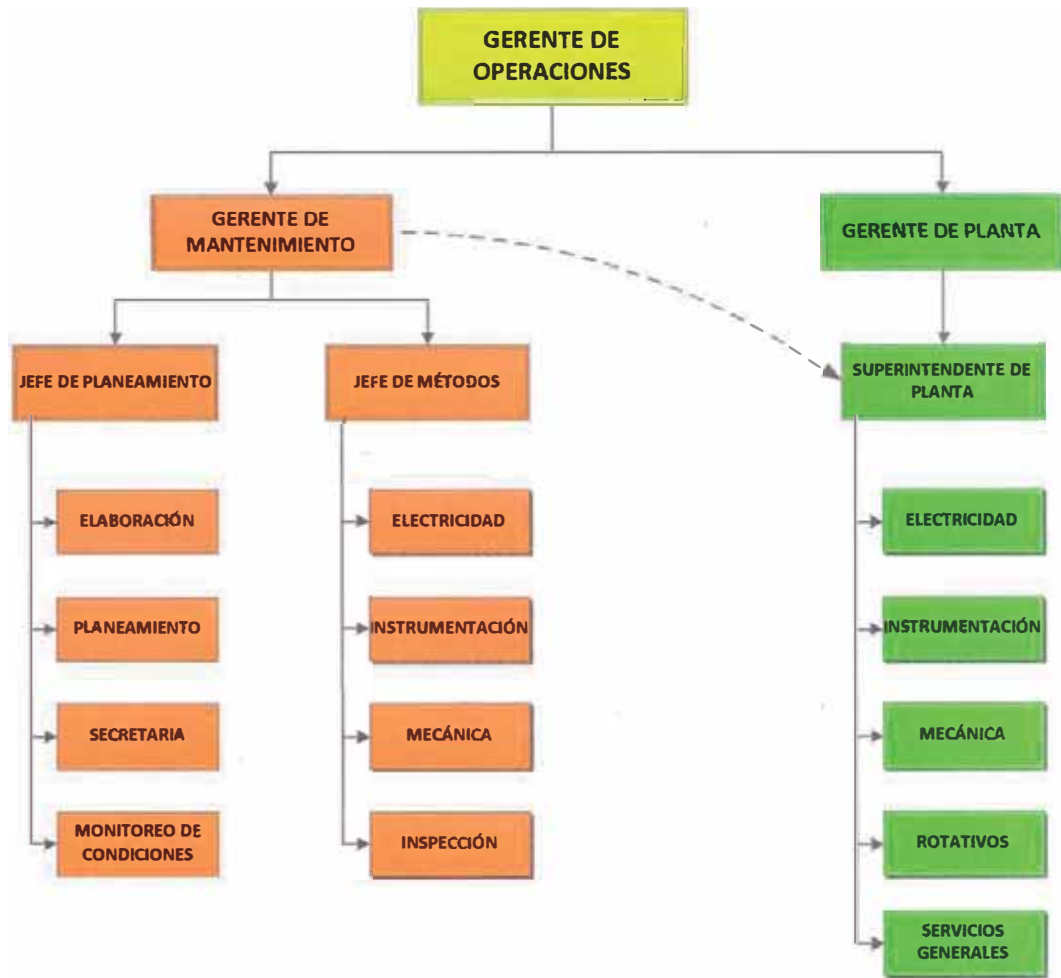


Figura 2. Organización del Área de Mantenimiento

SISTEMAS

La arquitectura de aplicaciones implementada en la Planta de Gas se basa en la arquitectura Plantweb de Emerson, que utiliza la información de los procesos, equipos y otros para implementar la inteligencia predictiva y mejorar el rendimiento de la planta.

PlantWeb utiliza estándares abiertos de comunicación para vincular inteligencia de campo, sistemas y aplicaciones en una red de toda la planta que proporciona información cuando y donde sea necesario.

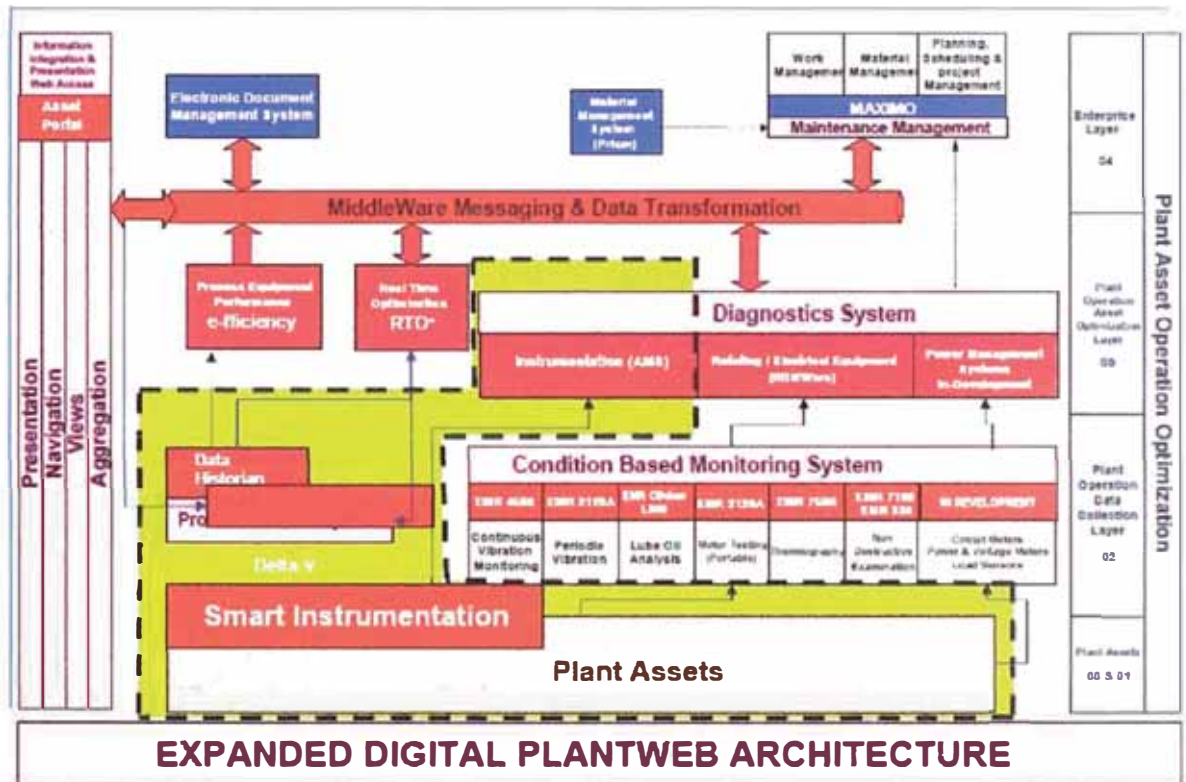


Figura 3. Arquitectura PlantWeb de Emerson
Fuente: Emerson Process Management (2013)

PlantWeb integra información sobre muchos tipos de equipos en una única aplicación: Asset Portal. La información es accesible por cualquiera que lo necesite, incluidos los técnicos en el taller de mantenimiento, operadores de la sala de control, u otro personal de la planta y el negocio. Cuando surgen potenciales problemas, las alertas en línea ayudan a asegurar que las personas adecuadas reciben la

información correcta de inmediato, para que puedan tomar las medidas correctivas para mantener el proceso funcionando sin problemas.

En la Figura 3, se observa la relación de software incluido en esta arquitectura:

DeltaV. Inspecciona e integra el proceso y la información de los equipos para controlar el rendimiento global y poner de relieve los problemas potenciales.

IDM (Intelligent Device Manager). Administra la información de diagnóstico y mantenimiento de válvulas e instrumentos a través de su planta.

MHM (Machinery Health Manager). Realiza un seguimiento del estado de los equipos rotativos (tales como motores o bombas) para que se pueda ver a los que necesitan un servicio pronto y a cuáles no. También efectúa el monitoreo de vibraciones, termografía infrarroja, análisis de aceite, ultrasonido y diagnóstico del motor para darle una mejor vista de la condición real del equipo.

Asset Portal. Es un navegador que integra la información de todos los sistemas de planta y los muestra en un portal para el acceso de todos los usuarios, en todo momento y en cualquier lugar.

Para la capa empresarial, existe un middleware que comunica esta información con cualquier CMMS, ya que la red de la planta es una red industrial que no se comunica con la red empresarial directamente.

PROCESOS DE MANTENIMIENTO

La Figura 4 nos explica los procesos principales y como fluye la información en el Área de Mantenimiento, de acuerdo a la filosofía de mantenimiento definida anteriormente.

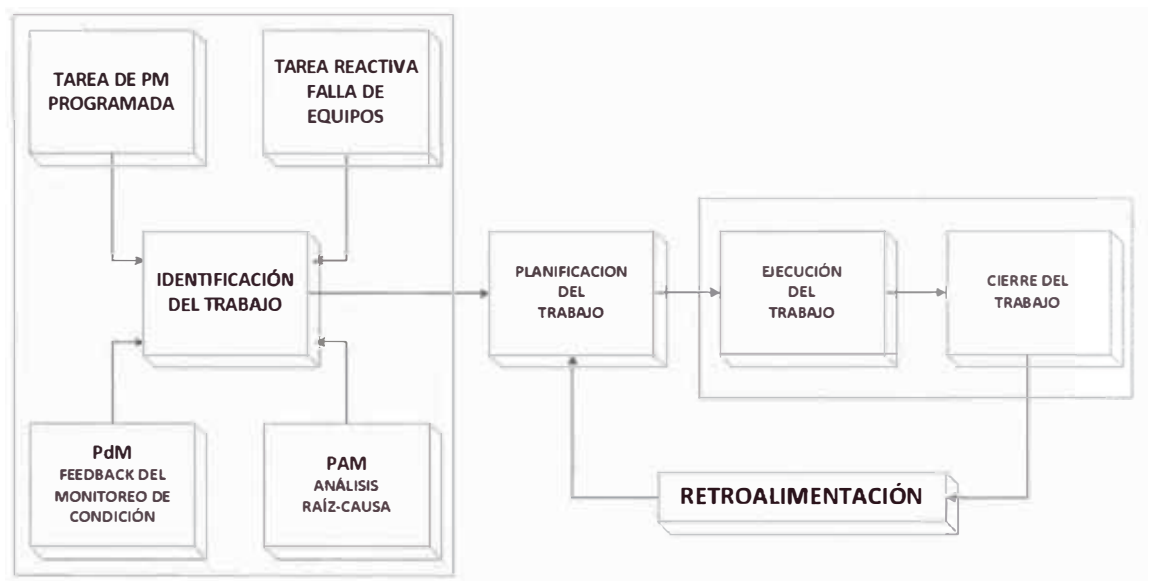


Figura 4. Procesos de Mantenimiento

Las órdenes de trabajos se originan de varias fuentes de información. Un origen de estos son los mantenimientos preventivos, los cuales utilizan la recolección de datos de medidores, tiempo y distancia para generar las órdenes de trabajo.

Del monitoreo de condiciones de los equipos, mientras están éstos en operación, se generan órdenes de inspección para detectar fallas y analizar los resultados, con el que se obtiene la realimentación necesaria para generar órdenes de mantenimiento predictivas.

Cuando fallan los equipos se generan las órdenes de mantenimiento reactivo. El Área de Operaciones se encarga de efectuar las inspecciones regulares y notificar cuando encuentra un equipo en falla.

Con el análisis raíz-causa se analizan las fallas y se determina la verdadera causa del problema y allí se generan los mantenimientos proactivos para atacar la fuente real del problema.

Una vez identificado el trabajo, Planeamiento toma toda esta información y genera, planifica y prioriza todas las órdenes de trabajo, asigna los recursos de materiales y repuestos y envía esta programación a la Superintendencia de Mantenimiento (Campo) para que la ejecuten. Ellos asignan la mano de obra y ejecutan el trabajo y finalmente terminan las órdenes de trabajo.

Esta información fluye a Planeamiento y allí se determina si es necesario continuar con el trabajo, lo que implica reabirla y reasignarla, o generar nuevas órdenes de trabajo que se incluyen en la programación del siguiente período, o cerrar definitivamente la orden de trabajo.

DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO

ANÁLISIS INTERNO

Fortalezas

- Profesionalización de la empresa
- Alianzas con proveedores exclusivos
- Inversión efectuada en la Planta de Gas
- Personal capacitado en tecnologías de mantenimiento

Debilidades

- Dependencia de único proveedor
- Sistema de Gestión de Mantenimiento actual

ANÁLISIS EXTERNO

Oportunidades

- Adoptar fácilmente tecnologías de punta
- Expansión de la Planta de Gas

Amenazas

- Cambios en la legislación petrolera sobre seguridad, salud y medio ambiente y otros reglamentos
- Intervención del estado
- Intervención de las comunidades nativas
- Vandalismo

Tab a 1 Matriz FODA

		ANÁLISIS INTERNO	
		Fortalezas	Debilidades
FACTORES EXTERNOS	FACTORES INTERNOS	1 Profesionalización de la empresa 2 Alianzas con proveedores exclusivos 3 Inversión efectuada en la Planta de Gas 4 Personal de supervisión capacitado en tecnologías de mantenimiento	1 Sistema de Gestión de Mantenimiento actual 2 Personal de ejecución sin experiencia 3 Dependencia de único proveedor
	Oportunidades	Estrategias FO	Estrategias DO
ANÁLISIS EXTERNO	1 Expansión de la Planta de Gas 2 Adoptar fácilmente tecnologías de punta 3 Empresas expertas que prestan servicios de mantenimiento con la tecnología implementada en Planta	1. Incorporar tecnologías para monitoreo de condiciones equipos eléctricos (F2, F3, F4, O1, O2, O3) 2. Implementar técnicas de RBI (Reliability by Inspection) (F1, F2, F3, O1, O2, O3)	1. Implementar un CMMS Best of Breed, para ejercer una gestión de mantenimiento de clase mundial (D1, O1, O2, O3) 2. Contratar personal experto para ejecución del mantenimiento (D2, O1, O2, O3)
	Amenazas	Estrategias FA	Estrategias DA
	1 Cambios en la legislación petrolera sobre seguridad, salud y medio ambiente y otros reglamentos 2 Intervención del estado 3 Intervención de las comunidades nativas 4 Vandalismo	1. Asegurar que la operación de la planta no afecte al medio ambiente ni a las comunidades nativas (F3, F4, A1, A2, A3)	1. Tener en stock los repuestos necesarios para los activos vitales y evitar problemas con el medio ambiente por falla en su funcionamiento (D1, D3, A1, A2, A3, A4)

DEFINICIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

Estrategias FO

1. Incorporar tecnologías para monitoreo de condiciones equipos eléctricos (F2, F3, F4, O1, O2, O3)

En el momento de operación de la Planta de Gas no estaba desarrollado por el proveedor esta tecnología, prevista para el siguiente año.

2. Implementar técnicas de RBI (Risk by Inspection) (F1, F2, F3, O1, O2, O3)

Se requiere la contratación de una compañía especializada en el diseño e implementación de programas de optimización de activos para que realice una evaluación de nuestra operación y emita recomendaciones para implementar estrategias de clase Mundial. Prevista para el siguiente año de operación.

Estrategias DO

- 1. Implementar un CMMS Best of Breed, para ejercer una gestión de mantenimiento de clase mundial (D1, O1, O2, O3)**

Para tener el control de la gestión de mantenimiento proactivo y predictivo, se necesita una herramienta lo suficientemente buena que permita a los usuarios la gestión del ciclo de mantenimiento, la

administración de la información que va desde la detección de una necesidad de mantenimiento al registro y análisis de los trabajos realizados.

2. Contratar personal experto para ejecución del mantenimiento (D2, O1, O2, O3)

La empresa ha definido la supervisión como parte del “core business”, no así la ejecución de los trabajos, los cuales los subcontrata con empresas especialistas en su rubro.

Estrategias FA

1. Asegurar que la operación de la planta no afecte al medio ambiente ni a las comunidades nativas (F3, F4, A1, A2, A3)

Minimizar la potencialidad de incidentes con impacto en la comunidad y en los empleados mediante la mejora en la calidad de los procesos del área de mantenimiento como resultado de la aplicación de normas internacionales de calidad.

Estrategias DA

1. Tener en stock los repuestos necesarios para los activos vitales y evitar problemas con el medio ambiente por falla en su funcionamiento (D1, D3, A1, A2, A3, A4)

Minimizar las contingencias de incumplimiento de normas mediante prácticas adecuadas y seguras de mantenimiento que minimicen el impacto legal.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

TEORIA GENERAL DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento no es reparar, Mantenimiento es gestionar recursos y planificar actividades sobre la base de estudios estadísticos. Mantenimiento es la aplicación de filosofías de nueva generación desarrolladas en la última década y en actualización constante. Mantenimiento es el manejo científico de variables técnicas de gran complejidad. La ingeniería de mantenimiento se moderniza constantemente y requiere de un soporte de alta calidad, los CMMS (Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento) o EAM (Sistema de Gestión de Activos Empresariales).²

La confiabilidad operacional se define como una serie de procesos de mejoramiento continuo, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, técnicas de análisis y nuevas

² CMMS y Administración de la Información. Consideraciones sobre CMMS. Publicado por Club de Mantenimiento. 8 de febrero 2013. <http://www.clubdemantenimiento.com/consideraciones-sobre-cmms/>

tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial. La confiabilidad operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional³.

El mantenimiento en cada uno de los niveles de su estructura organizativa debe aportar estrategias de mejoramiento, a partir del diagnóstico y análisis de las oportunidades para la optimización de costos y la evaluación del impacto del mantenimiento, en sus cuatro áreas fundamentales⁴:

Capacidad de Producción

- Mejora de la productividad de la planta
- Aumento de la capacidad de los equipos

Costos de Manufactura

- Reducción de tiempos de mantenimiento
- Reducción de los tiempos de paradas

Seguridad Industrial

³ DURÁN, José Bernardo. (2000). Qué es Confiabilidad Operacional? Revista Club Mantenimiento. Año 1. Nº 2. Septiembre 2000. club_mantener@sinectis.com.ar

⁴ AMENDOLA, Luis José. (2002). "Modelos Mixtos de confiabilidad". Publicado por Datastream. www.mantenimientomundial.com.

- Reducción de fallas críticas y catastróficas
- Mayor seguridad del personal

Satisfacción de los Clientes

- Cumplimiento de las entregas
- Alta calidad de los productos

Gestión Integral del Mantenimiento

La gestión integral del mantenimiento busca garantizarle al cliente interno o externo la disponibilidad de los activos fijos, cuando los requieran con confiabilidad y seguridad total, durante el tiempo óptimo necesario para operar con las condiciones tecnológicas exigidas previamente, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno, al menor costo posible y con los mayores índices de productividad, rentabilidad y competitividad⁵.

El mantenimiento actual posee un rol destacado dentro de la confiabilidad operacional por su importante contribución a la seguridad, respeto al medio ambiente, productividad y rentabilidad industrial, garantizando una alta disponibilidad y confiabilidad de los activos.

⁵ AMENDOLA, Luis José. (2002). "Modelos Mixtos de confiabilidad". Publicado por Datastream. www.mantenimientomundial.com.

La gestión integral del mantenimiento, incluye una serie de estrategias alineadas con la misión del negocio, cuyo objetivo es lograr la competitividad organizacional. Para alcanzarla existen cinco factores claves: la seguridad, la productividad, el respeto por el medio ambiente y la confiabilidad.

Hoy las empresas están entendiendo que la gestión eficaz de activos es altamente especializada y compleja, que es la fuente de grandes ventajas competitivas, pero a su vez también un área de extremo cuidado. Si bien son diversas las estrategias de gestión, la confiabilidad operacional se señala como la de mayor ímpetu, pues permite implementar procesos para alcanzar la excelencia organizacional.

Estrategias de Confiabilidad Operacional

En la medida que se implementen nuevas estrategias y se establezcan sus requisitos, se determinan los procesos lógicos para ejecutarlas y la información de materiales y equipos, con las necesarias competencias del talento humano. Existen diferentes estrategias de la confiabilidad operacional para mejorar los procesos y actividades del mantenimiento. Dentro de las nuevas técnicas de gestión, las cuatro esenciales de soporte para la Confiabilidad de los Activos, se muestran en la Figura 5.



Figura 5. Técnicas de Confiabilidad Operacional

El Mantenimiento Basado en Condición (CBM), se lleva a cabo con base en el estado determinado de los activos, que se establece vigilando los parámetros claves de operación, cuyos valores se ven afectados por su estado real. Para poder medir estas condiciones se utilizan técnicas de análisis y diagnóstico de muy amplia divulgación actual y pruebas no destructivas.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un moderno sistema gerencial de soporte al progreso industrial, que permite con la participación activa de toda la organización tener equipos de producción siempre listos. Su metodología, soportada por múltiples técnicas de gestión, las teorías de la Calidad Total y del Kaizen Japonés, establece las prácticas adecuadas para mejorar la productividad, la rentabilidad y la competitividad empresarial.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), es un enfoque sistemático para diseñar planes que eleven la Confiabilidad Operacional de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para lo cual combina técnicas de PM, PdM y PrM, mediante acciones justificadas de manera técnica y económica. El objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del activo.

La Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO), es una metodología diseñada para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de las fallas y la información técnica de todos los activos en operación. La PMO facilita el diseño de un marco de trabajo racional, rentable, seguro y eficiente, cuando un sistema de Mantenimiento Preventivo se encuentra consolidado y la planta se tiene bajo control. La fuerza fundamental de la PMO se basa en que las acciones de mantenimiento tienen valor agregado, y que el sistema genera mejoras en muchos aspectos de la gestión de activos de la empresa, aparte del Análisis de Confiabilidad.⁶

Optimización de los activos

El proceso de Optimización de los Activos implica adquirir todos los recursos materiales esenciales para ejecutar las estrategias establecidas. Se deben definir las máquinas, los equipos e

⁶ GARCIA P., Oliveiro. (2003). "Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad". Ellmann, Sueiro S. A. www.ellmann.net. www.confabilidad.net.

instrumental, con los repuestos necesarios para ejecutar las tareas. La Ingeniería de la Confiabilidad se destaca como el marco en el cual conviven las metodologías necesarias para la optimización de los activos.

Dentro de la optimización de los activos físicos de la empresa se debe considerar lo siguiente⁷:

- Definir las máquinas y las herramientas
- Adquirir repuestos y materiales esenciales
- Determinar criticidad, accesibilidad, usabilidad, tiempo de reposición, costo y demanda
- Repuestos centrados en confiabilidad (RCS)
- Índices de rotación de repuestos estratégicos
- Aprovisionamiento económico óptimo

Son múltiples las herramientas que usa la Gestión de Activos para alcanzar la excelencia. Las seis que a juicio del autor⁸, son las más usadas para generar estrategias vitales en el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional, se muestran en la Figura 6, y se definen a continuación.

⁷ SOTUYO B., Santiago. (2001). "OIM: Optimización integral de Mantenimiento". Ellmann, Sueiro S. A. www.ellmann.net. www.confiabilidad.net.

⁸ Oliverio García Palencia, Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad. Ellmann, Sueiro S. A. www.ellmann.net. www.confiabilidad.net.

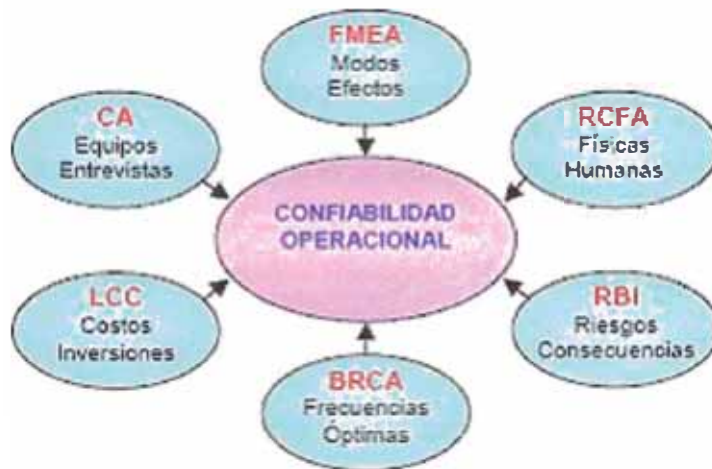


Figura 6. Herramientas de Gestión de Activos

El Análisis de Criticidad (CA), es una técnica que permite jerarquizar instalaciones, sistemas y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

El Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA), es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

El Análisis Causa Raíz (RCFA), es un procedimiento sistemático que se aplica con el objetivo de precisar las causas que originan las fallas, sus impactos y sus frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

La Inspección Basada en Riesgos (RBI), es la técnica que permite definir la probabilidad de falla de un sistema, y las consecuencias que las fallas pueden generar sobre la gente, el proceso y el entorno.

El Análisis Costo - Riesgo - Beneficio (BRCA), es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de realizar una actividad y los beneficios generados, con base en el valor del riesgo que involucra la realización, o no, de tal acción.

El Análisis del Costo del Ciclo de Vida(LCC), es una técnica que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de mejora de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.

Optimización de los Procesos y Sistemas

Un sistema de gestión de procedimientos administra las operaciones industriales bajo la perspectiva del proceso, enfila los requerimientos de los clientes y los objetivos del negocio con indicadores de los procesos; monitorea el desempeño, a la vez que asegura que la organización esté en línea con los procesos. Fijar los objetivos de rendimiento de los procesos, evaluar el nivel actual de desempeño y establecer el plan de acción para su mejoramiento, son los tres elementos primordiales de un sistema de gestión por procesos.

Dentro de la optimización general de los procesos y procedimientos se deben considerar⁹:

- Registro del historial de equipos
- Planificación y programación de actividades
- Plan integral de mantenimiento
- Análisis costo - riesgo - beneficio
- Gestión de inventarios
- Análisis y diagnóstico de sistemas
- Control de indicadores de gestión
- Plan de mejoramiento continuo

La optimización de los procesos requiere que los equipos de planeación tengan la autoridad para cambiar la manera como se ejecutan las actividades; para lo cual se requiere, de acuerdo con la magnitud del cambio: una reingeniería del proceso, o una mejora incremental.

En las organizaciones de hoy todo se justifica con base en los Análisis de Costos. La información acumulada de costos de producción y mantenimiento, de mano de obra, de materiales, de manejo de inventarios y los datos de Confiabilidad y Disponibilidad, son los

⁹ SOTUYO B., Santiago. (2001). "OIM: Optimización integral de Mantenimiento". Ellmann, Sueiro S. A. www.ellmann.net. www.confiabilidad.net.

Indicadores Claves de Desempeño (KPIs), para la optimización de los procesos.

Para lograr la transformación que asegure la viabilidad de la compañía para competir con éxito en el actual milenio, forzosamente tendrán que cambiarse la cultura, el liderazgo, el clima laboral, los sistemas de dirección, las políticas y los procedimientos, y que estos cambios estén guiados por los objetivos y por las estrategias, y estas a su vez por la Misión y la Visión de la organización.

Sistemas de Gestión de Información

Un Sistema de Información compendia todos los procesos, procedimientos y recursos involucrados en mantener una organización en funcionamiento, con realimentación a través de su propia producción de información, y a través de la generación de información externa, ejerciendo el control sobre los parámetros vitales de la misma.

Los Sistemas de Gestión permiten convertir las acciones de mantenimiento en unidades de negocios rentables. Al hacer más eficientes todas las actividades, se optimizan la confiabilidad, disponibilidad y mantenimiento, bajando los costos de los procesos, y por tanto mejorando la rentabilidad de la empresa.

Un Sistema de Información Gerencial es de gran utilidad en Mantenimiento, porque:¹⁰

- Facilita la presentación de los reportes de costos y tiempos con un análisis de tendencias
- Muestra instantáneamente el estado de ejecución de los programas
- Permite la presentación gráfica y precisa de logros a la gerencia
- Mejora la preparación y presentación de informes
- Contribuye al control de las desviaciones de los objetivos y facilita su corrección prematura
- Posibilita la simulación de las decisiones y sus resultados

Una vez definidos los requerimientos, las necesidades de apoyo y los procesos de trabajo, se debe fijar la atención en el uso eficaz del Sistema de Gestión de Mantenimiento apoyado por Computador (CMMS), o de un Sistema de Planeación de Recursos Empresariales (ERP), o un Sistema de Gestión de Activos Empresariales (EAM), existente o futuro¹¹.

¹⁰ GARCIA P., Oliveiro. (2003). "Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad". Ellmann, Sueiro S. A. www.ellmann.net. www.confabilidad.net.

¹¹ MATHER, Daryl. (2002). "CMMS: A Timesaving Implementation Process". Klaron SA de CV. CRC Press. www.Klaron.net.

Costos de Mantenimiento¹²

La consolidación de la industria y la competencia mundial están poniendo a las plantas de la actualidad bajo intensa presión financiera, y los presupuestos de operaciones y de mantenimiento están entre los primeros que se reducen. Se espera que menos personal trabajando menos horas opere y mantenga el equipo al menor costo, a la vez que entregue un mayor rendimiento, mayor disponibilidad y mayores ganancias con activos que se hacen cada vez más viejos.

Una evaluación comparativa frecuente de la productividad del mantenimiento es el costo de mantenimiento anual como un porcentaje del valor de activos de reemplazo (RAV). Por ejemplo, una planta que gasta cinco millones de dólares anualmente para mantenimiento de activos que se pueden reemplazar por 100 millones de dólares tiene un 5% de RAV.

La siguiente gráfica muestra el %RAV típico así como el peor y mejor percentil. Para una planta con 250 millones de dólares en activos, a los que se debe dar mantenimiento, cambiar de estado típico al mejor estado podría representar más de 10 millones de dólares en ahorros anuales.

¹² Emerson Process Management. (2003). "White paper: Reducción de Costos de Operación y de Mantenimiento". www.EmersonProcess.com

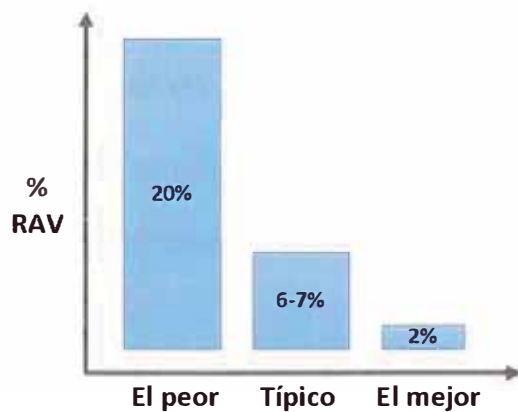


Figura 7. RAV típico

Tipos de Mantenimiento¹³

1. **Mantenimiento reactivo.** También se describe como “arréglelo cuando se descomponga,” esta es la estrategia de mantenimiento más básica. Su mayor inconveniente es obvio: el costo de reparar (o reemplazar) equipo hasta que falla normalmente es mucho más alto que si el problema fuera detectado y corregido antes – sin mencionar el costo de producción perdida durante el tiempo muerto prolongado.
2. **Mantenimiento preventivo.** Una estrategia de mantenimiento preventivo asume que el equipo es relativamente confiable hasta que, después de algún período de tiempo, entra a una zona de “desgaste” donde las fallas aumentan. Para posponer este

¹³ Emerson Process Management. (2003). “White paper: Reducción de Costos de Operación y de Mantenimiento”. www.EmersonProcess.com

desgaste, se da servicio al equipo basado en el calendario o en tiempo de corrida – sin importar si lo necesita o no. En promedio, este enfoque de “corrijalo por si acaso” es aproximadamente 30% menos costoso que el mantenimiento reactivo.



Figura 8. Costos de mantenimiento preventivo

Sin embargo, la determinación de cuándo podría ocurrir la zona de desgaste ha sido una ciencia inexacta, confiando en estimaciones y promedios en lugar de basarse en la condición real del equipo. Debido a esta incertidumbre, los programas de mantenimiento preventivo son normalmente muy conservadores.

Como resultado, el mantenimiento a menudo ocurre muy pronto, cuando no hay nada mal – y el servicio puede en realidad crear nuevos problemas. De hecho, cerca de 30% del esfuerzo en mantenimiento preventivo se desperdicia, y otro 30% es dañino.

Pero hay un problema mayor: sólo 6% del equipo sigue un patrón de “desgaste” basado en tiempo. La mayoría de las otras fallas de equipo – más del 90% – resultan de efectos acumulados de eventos o condiciones que pueden ocurrir en cualquier momento. Eso significa que el mantenimiento preventivo basado en programa también puede llegar demasiado tarde, después de que el daño ha comenzado.

3. **Mantenimiento predictivo.** La tercera estrategia supera estos inconvenientes monitoreando la condición real del equipo constantemente y utilizando la información para predecir cuándo es posible que ocurra un problema. Con esa visión se puede programar el mantenimiento para el equipo que lo necesita – y sólo el que lo necesita – antes que el problema afecte el rendimiento del proceso o del equipo. Esa es una gran manera de mejorar la productividad del mantenimiento, así como reducir los costos por reparaciones y tiempo muerto inesperado.

Una planta que utiliza las mejores prácticas utiliza mantenimiento predictivo para la mayor parte del equipo donde el monitoreo de la condición es práctico, limitando las estrategias reactiva y preventiva al equipo que no es crítico al proceso y que provocará poco o nada de daño colateral si falla.

4. **Mantenimiento proactivo.** La siguiente estrategia es el mantenimiento proactivo, que analiza porqué el rendimiento se está degradando y luego corrige la fuente de los problemas. La meta no sólo es evitar una “falla difícil”, sino restablecer o incluso mejorar el rendimiento del equipo.

Por ejemplo, una falla de válvula podría ser provocada por desgaste excesivo de la empaquetadura, que a su vez fue provocado por sintonización deficiente del lazo que provocó que la válvula entrara en ciclo un continuo. Volviendo a sintonizar el lazo se evitará que haya más fallas, a la vez que también se mejora el rendimiento del proceso.

La planta de mejores prácticas del futuro gastará más en el mantenimiento para incluir este enfoque proactivo en su arsenal – y más que recuperar la inversión en la eficiencia aumentada de la planta.

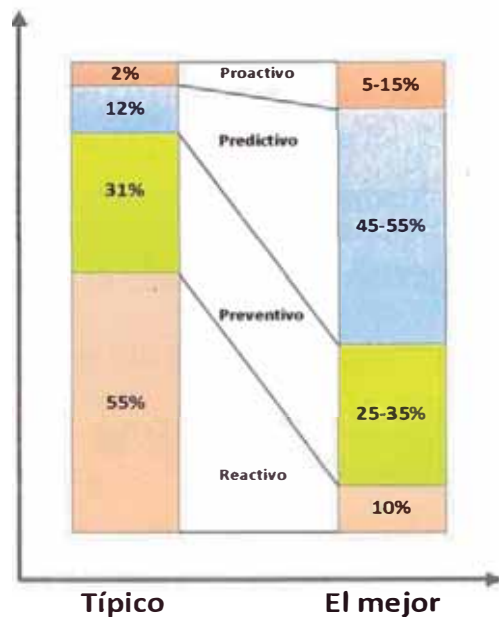


Figura 9. Benchmarking Mantenimiento¹⁴

TEORIA GENERAL DE GESTION DE PROYECTOS¹⁵

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos.

Los proyectos se llevan a cabo en todos los niveles de una organización. Un proyecto puede involucrar a una sola persona o a varias personas, a una única unidad de la organización, o a múltiples unidades de múltiples organizaciones.

¹⁴ Physical Asset Management Handbook. Third Edition. © 2002 by John S. Mitchell and contributors, <http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/PAM-ch6.pdf>

¹⁵ Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Tercera Edición. (2004). Project Management Institute. <http://www.pmi.org>

Un proyecto puede generar:

- Un producto, que puede ser un componente de otro elemento, una mejora de un elemento o un elemento final en sí mismo.
- Un servicio o la capacidad de realizar un servicio.
- Una mejora de las líneas de producto o servicios existentes.
- Un resultado, tal como una conclusión o un documento.

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 42 procesos de la dirección de proyectos, agrupados lógicamente, que conforman los 5 grupos de procesos. Estos 5 grupos de procesos son:

- Iniciación,
- Planificación,
- Ejecución,
- Seguimiento y Control, y
- Cierre.

Dirigir un proyecto por lo general implica:

- Identificar requisitos,

- Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto,
- Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos, con:
 - El alcance
 - La calidad
 - El cronograma
 - El presupuesto
 - Los recursos
 - El riesgo

La relación entre estos factores es tal que si alguno de ellos cambia, es probable que al menos otro se vea afectado. Por ejemplo, un adelanto en el cronograma a menudo implica aumentar el presupuesto, a fin de añadir recursos adicionales para completar la misma cantidad de trabajo en menos tiempo. Si no es posible aumentar el presupuesto, se puede reducir el alcance o la calidad, para entregar un producto en menos tiempo por el mismo presupuesto. Los interesados en el proyecto pueden tener opiniones diferentes sobre cuáles son los factores más importantes, lo que crea un desafío aún mayor. Cambiar los requisitos del proyecto puede generar riesgos adicionales. El equipo del proyecto debe ser capaz de evaluar la situación y equilibrar las demandas a fin de entregar un proyecto exitoso.

La Guía del PMBOK® es la norma para dirigir la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo, en diversos tipos de industrias. Esta norma describe los procesos, herramientas y técnicas de la dirección de proyectos utilizados para dirigir un proyecto con miras a un resultado exitoso.

El Ciclo de Vida del Proyecto

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Un ciclo de vida puede documentarse con ayuda de una metodología. El ciclo de vida del proyecto puede ser determinado o conformado por los aspectos únicos de la organización, de la industria o de la tecnología empleada. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables específicos y las actividades que se llevan a cabo entre éstos variarán ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado.

Todos los proyectos, sin importar cuán pequeños o grandes, o cuán sencillos o complejos sean, pueden configurarse dentro de la siguiente estructura del ciclo de vida (ver figura 10):

- Inicio,
- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre.

A menudo se hace referencia a esta estructura genérica del ciclo de vida durante las comunicaciones con la alta dirección u otras entidades menos familiarizadas con los detalles del proyecto. Esta perspectiva general puede proporcionar un marco de referencia común para comparar proyectos, incluso si son de naturaleza diferente.

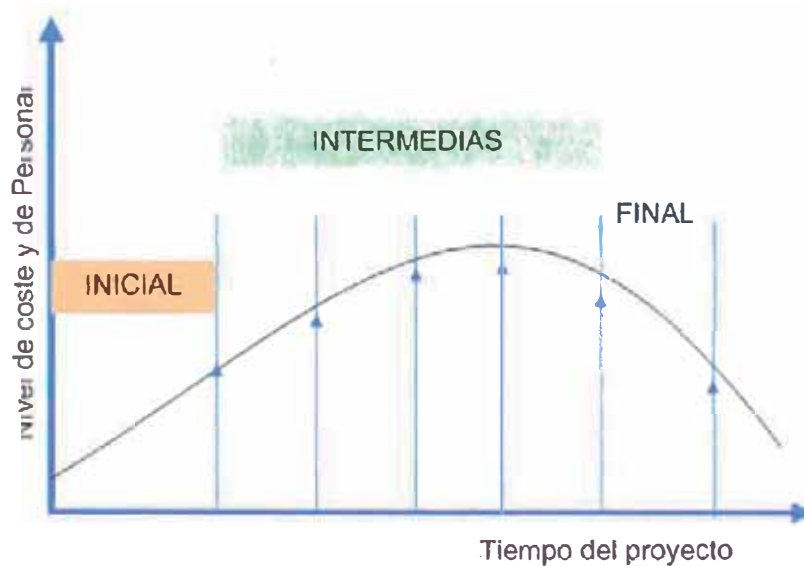


Figura 10. Ciclo de vida del proyecto

La estructura genérica del ciclo de vida presenta por lo general las siguientes características:

- Los niveles de costo y dotación de personal son bajos al inicio del proyecto, alcanzan su punto máximo según se desarrolla el trabajo y

caen rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre. Este patrón típico está representado en la Figura 10.

- La influencia de los interesados, al igual que los riesgos y la incertidumbre (según se muestra en la Figura 11) son mayores al inicio del proyecto. Estos factores disminuyen durante la vida del proyecto.
- La capacidad de influir en las características finales del producto del proyecto, sin afectar significativamente el costo, es más alta al inicio del proyecto y va disminuyendo a medida que el proyecto avanza hacia su conclusión. La Figura 11 ilustra la idea de que el costo de los cambios y de corregir errores suele aumentar sustancialmente según el proyecto se acerca a su fin.

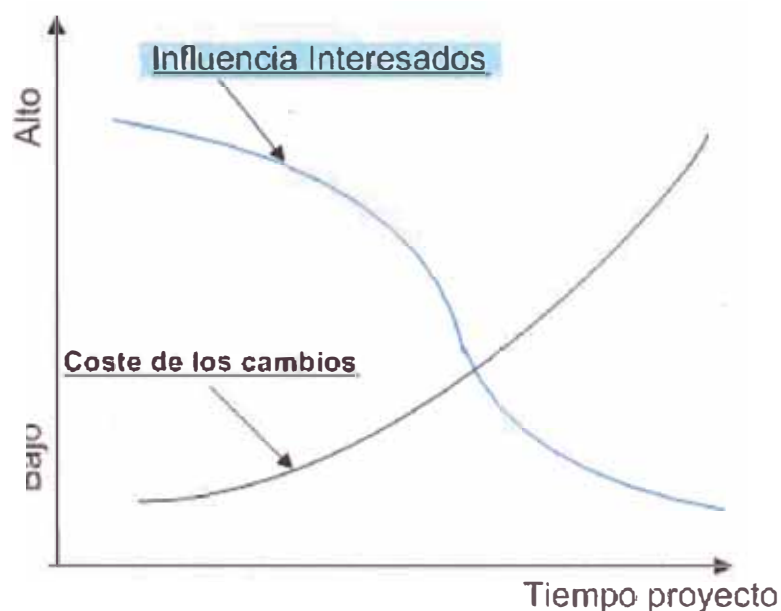


Figura 11. Influencia de los interesados a lo largo del tiempo

Fases del Proyecto

Las fases del proyecto son divisiones dentro del mismo proyecto, donde es necesario ejercer un control adicional para gestionar eficazmente la conclusión de un entregable mayor. Las fases del proyecto suelen completarse de manera secuencial, pero en determinadas situaciones de un proyecto pueden superponerse. Por su naturaleza de alto nivel, las fases del proyecto constituyen un elemento del ciclo de vida del proyecto. Una fase del proyecto no es un grupo de procesos de dirección de proyectos.

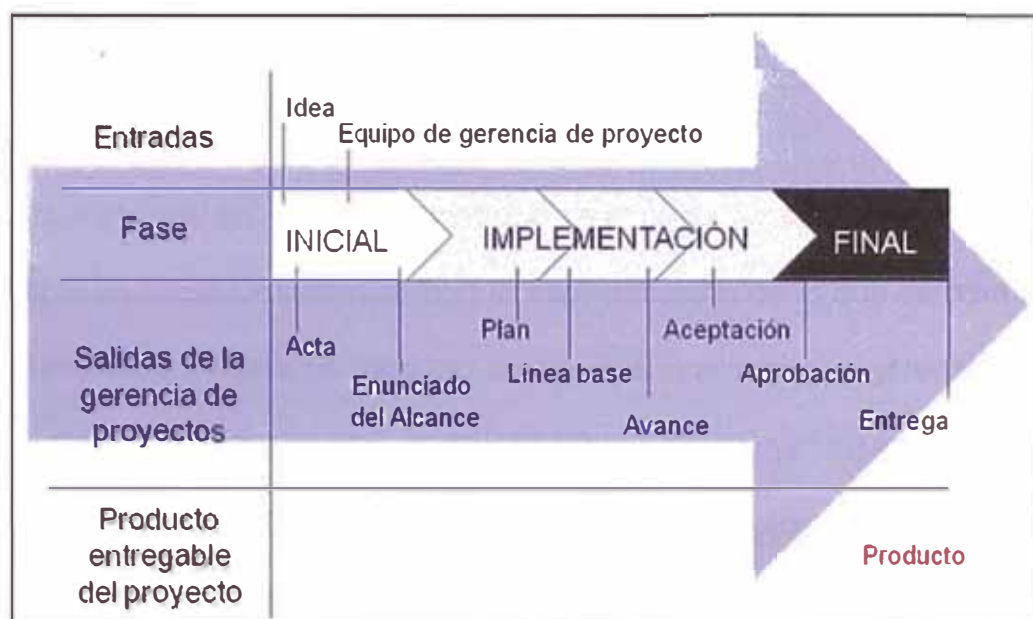


Figura 12. Secuencia de fases típica en un ciclo de vida del proyecto

Como se puede ver en la Figura 12, cuando las fases son secuenciales, el cierre de una fase termina con cierta forma de transferencia o entrega del trabajo producido como el entregable de la fase. La terminación de esta fase representa un punto natural para re-evaluar el esfuerzo en curso y, en caso de ser necesario, para cambiar o terminar el proyecto. Estos puntos se

conocen como salidas de fase, hitos, puertas de fase, puntos de decisión, puertas de etapa o puntos de cancelación.

No existe una manera única de definir la estructura ideal de un proyecto. Aunque las prácticas comunes de la industria conduzcan con frecuencia a utilizar una estructura preferida, los proyectos en la misma industria, o incluso dentro de la misma organización, pueden presentar variaciones significativas. Algunas organizaciones han establecido políticas de estandarización de todos los proyectos, mientras que otras permiten que el equipo de dirección del proyecto escoja la más apropiada para su proyecto individual.

La estructuración en fases proporciona una base formal para el control. Cada fase se inicia formalmente con la especificación de lo que se permite y se espera de la misma. A menudo se efectúa una revisión gerencial para decidir el inicio de las actividades de una fase. Esto es particularmente cierto cuando aún no se ha terminado una fase previa. Un ejemplo sería cuando una organización elige un ciclo de vida en el que más de una fase avanza simultáneamente. El inicio de una fase es un momento oportuno para revalidar los supuestos hechos previamente, revisar los riesgos y definir de manera más detallada los procesos necesarios para completar el entregable o los entregables de la fase. Por ejemplo, si una fase en particular no requiere la compra de materiales o equipos nuevos, no habría necesidad de llevar a cabo las actividades o procesos asociados con adquisiciones.

Cuando los proyectos constan de varias fases, las fases son parte de un proceso que generalmente es secuencial, diseñado para asegurar el control apropiado del proyecto y obtener el producto, servicio o resultado deseado. Sin embargo, en determinadas situaciones, un proyecto puede beneficiarse mediante la implementación de fases superpuestas o simultáneas.

En el caso de proyectos de fases múltiples, es posible que se presente más de un tipo de relación entre fases durante el ciclo de vida del proyecto. La relación entre las fases es definida en base a aspectos tales como el nivel de control requerido, la efectividad y el grado de incertidumbre. En función de estas consideraciones, los tres tipos de relaciones pueden presentarse entre las diferentes fases de un solo proyecto.

Procesos de la Dirección de Proyectos para un Proyecto

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La aplicación de conocimientos requiere de la dirección eficaz de los procesos apropiados.

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que puedan aplicarse y por las salidas que se obtienen.

Para que un proyecto tenga éxito, el equipo del proyecto debe:

- Seleccionar los procesos adecuados requeridos para alcanzar los objetivos del proyecto,
- Utilizar un enfoque definido que pueda adoptarse para cumplir con los requisitos,
- Cumplir con los requisitos a fin de satisfacer las necesidades y expectativas de los interesados, y
- Equilibrar las demandas contrapuestas relativas al alcance, tiempo, costo, calidad, recursos y riesgo para producir el producto, servicio o resultado especificado.

Los procesos del proyecto son ejecutados por el equipo del proyecto y generalmente se enmarcan en una de las siguientes dos categorías principales:

- Los *procesos de dirección de proyectos* aseguran que el proyecto avance de manera eficaz durante toda su existencia. Estos procesos incluyen las herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de las habilidades y capacidades que se describen en las Áreas de conocimiento.
- Los *procesos orientados al producto* especifican y crean el producto del proyecto. Estos procesos normalmente son definidos por el ciclo de vida del proyecto y varían según el área de aplicación. El alcance del proyecto

no puede definirse si no se cuenta con una comprensión básica acerca de cómo generar el producto especificado.

Esta norma describe únicamente los procesos de la dirección de proyectos. Si bien los procesos orientados al producto están fuera del alcance de esta norma, no deben ser ignorados por el director del proyecto. Los procesos de la dirección de proyectos y los procesos orientados al producto se superponen e interactúan a lo largo de la vida de un proyecto.

Esta norma describe la naturaleza de los procesos de dirección de proyectos en términos de la integración entre los procesos, sus interacciones y los propósitos a los cuales sirven. Los procesos de dirección de proyectos se agrupan en cinco categorías conocidas como Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos (o grupos de procesos):

- **Grupo del Proceso de Iniciación.** Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, mediante la obtención de la autorización para comenzar dicho proyecto o fase.
- **Grupo del Proceso de Planificación.** Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para alcanzar los objetivos para cuyo logro se emprendió el proyecto.

- **Grupo del Proceso de Ejecución.** Aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo.
- **Grupo del Proceso de Seguimiento y Control.** Aquellos procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- **Grupo del Proceso de Cierre.** Aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

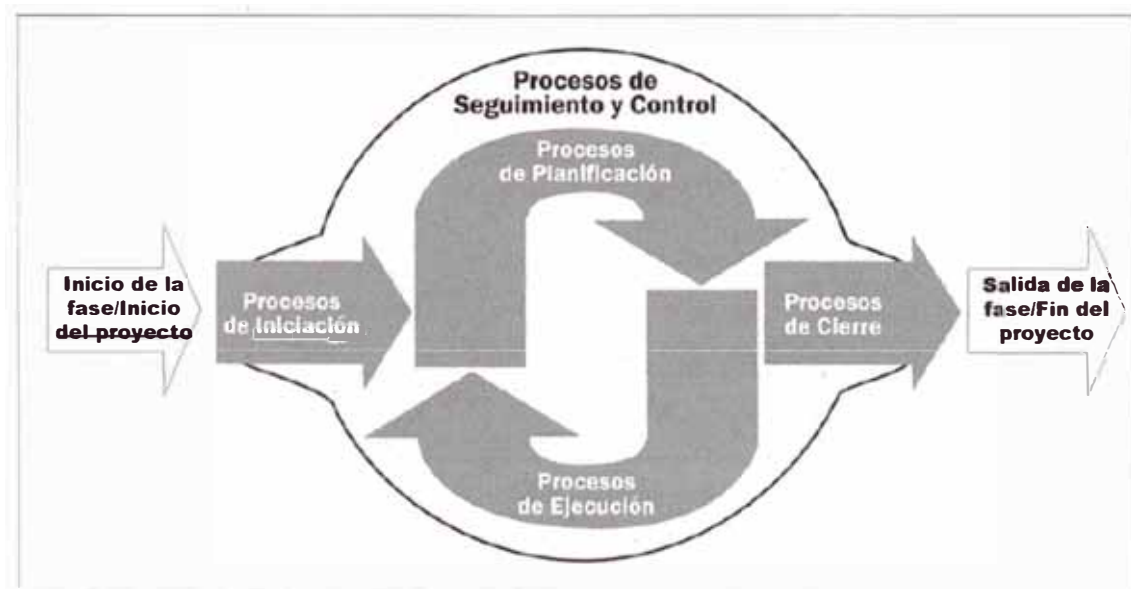


Figura 13. Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos

Los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos se vinculan entre sí a través de los resultados que producen. Los grupos de procesos rara vez son

eventos diferenciados o únicos; son actividades superpuestas que tienen lugar a lo largo de todo el proyecto. La salida de un proceso normalmente se convierte en la entrada para otro proceso o es un entregable del proyecto. El Grupo del Proceso de Planificación suministra al Grupo del Proceso de Ejecución el Plan para la Dirección del Proyecto y los documentos del proyecto y, conforme el proyecto avanza, a menudo exige actualizar el plan para la dirección del proyecto y dichos documentos. La Figura 14 ilustra cómo interactúan los grupos de procesos y muestra el nivel de superposición en distintas etapas. Cuando el proyecto está dividido en fases, los grupos de procesos interactúan dentro de cada fase.

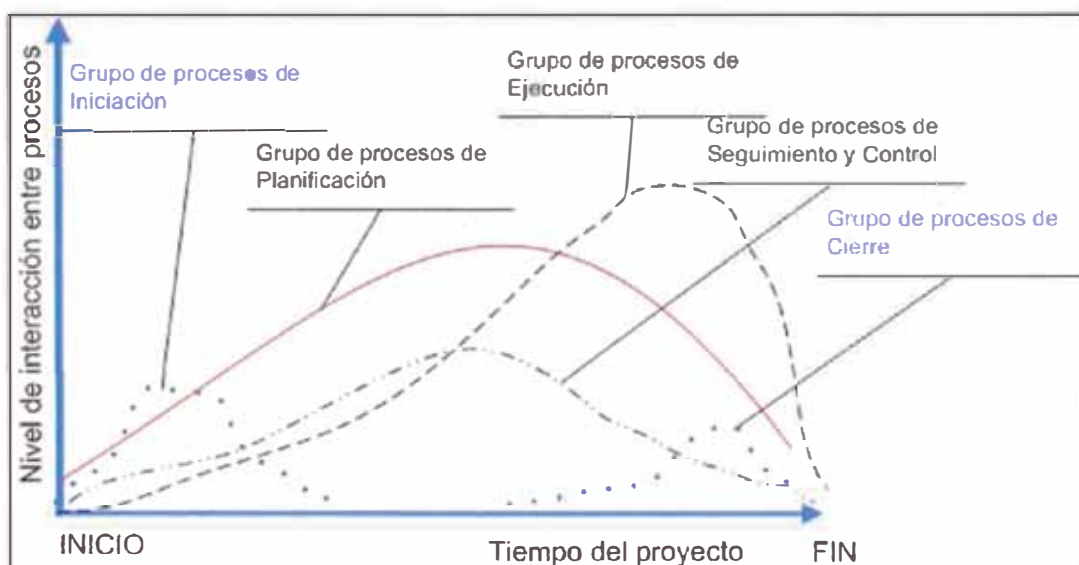


Figura 14. Los grupos de procesos interactúan en una fase o proyecto

Cuando un proyecto se divide en fases, los grupos de procesos se activan según resulte apropiado a fin de conducir eficazmente el proyecto hacia su cierre de una manera controlada. En proyectos de fases múltiples, los

procesos se repiten dentro de cada fase hasta que se cumplan los criterios para concluir la fase.

TEORÍA GENERAL DE ETL (Extract-Transform-Load)

ETL son las siglas en inglés de Extraer, Transformar y Cargar (Extract, Transform and Load). Es el proceso que permite a las organizaciones mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos, limpiarlos y cargarlos en otra base de datos, data mart, o data warehouse para analizar, o en otro sistema operacional para apoyar un proceso de negocio.¹⁶

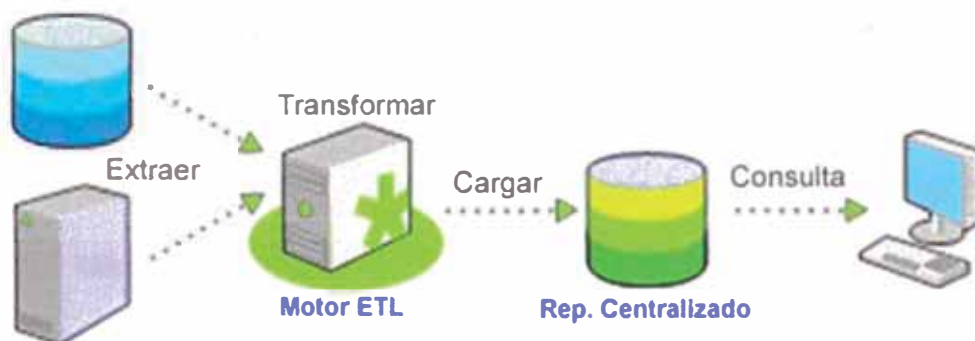


Figura 15. Proceso Extraer-Transformar-Cargar

Extraer

La primera parte del proceso ETL consiste en extraer los datos desde los sistemas de origen. La mayoría de los proyectos de almacenamiento de

¹⁶ IT Integration Ware Corp. (2013). *ETL Contenido – Conceptos teóricos*, Recuperado el 30 de octubre de 2013 de: http://www.itintegrationware.com/itportal/index.php?option=com_content&view=article&id=198&Itemid=152

datos fusionan datos provenientes de diferentes sistemas de origen. Cada sistema separado puede usar una organización diferente de los datos o formatos distintos. Los formatos de las fuentes normalmente se encuentran en bases de datos relacionales o ficheros planos, pero pueden incluir bases de datos no relacionales u otras estructuras diferentes. La extracción convierte los datos a un formato preparado para iniciar el proceso de transformación.

Una parte intrínseca del proceso de extracción es la de analizar los datos extraídos, de lo que resulta un chequeo que verifica si los datos cumplen la pauta o estructura que se esperaba. De no ser así los datos son rechazados.

Un requerimiento importante que se debe exigir a la tarea de extracción es que ésta cause un impacto mínimo en el sistema origen. Si los datos a extraer son muchos, el sistema de origen se podría ralentizar e incluso colapsar, provocando que éste no pueda utilizarse con normalidad para su uso cotidiano. Por esta razón, en sistemas grandes las operaciones de extracción suelen programarse en horarios o días donde este impacto sea nulo o mínimo.

Transformar

La fase de transformación aplica una serie de reglas de negocio o funciones sobre los datos extraídos para convertirlos en datos que serán cargados.

Algunas fuentes de datos requerirán alguna pequeña manipulación de los datos. No obstante en otros casos pueden ser necesarias aplicar algunas de las siguientes transformaciones:

- Seleccionar sólo ciertas columnas para su carga (por ejemplo, que las columnas con valores nulos no se carguen).
- Traducir códigos (por ejemplo, si la fuente almacena una "H" para Hombre y "M" para Mujer pero el destino tiene que guardar "1" para Hombre y "2" para Mujer).
- Codificar valores libres (por ejemplo, convertir "Hombre" en "H" o "Sr" en "1").
- Obtener nuevos valores calculados (por ejemplo, $\text{total_venta} = \text{cantidad} * \text{precio}$).
- Unir datos de múltiples fuentes (por ejemplo, búsquedas, combinaciones; etc.).
- Calcular totales de múltiples filas de datos (por ejemplo, ventas totales de cada región).
- Generación de campos clave en el destino.
- Transponer o pivotar (girando múltiples columnas en filas o viceversa).
- Dividir una columna en varias (por ejemplo, columna "Nombre: García, Miguel"; pasar a dos columnas "Nombre: Miguel" y "Apellido: García").

- La aplicación de validación de datos, sea esta simple o compleja, y la consiguiente aplicación de la acción que en cada caso se requiera:
 - Datos OK: Entregar datos a la siguiente etapa (Carga).
 - Datos erróneos: Ejecutar políticas de tratamiento de excepciones (por ejemplo, rechazar el registro completo, dar al campo erróneo un valor nulo o un valor centinela).

Cargar

La fase de carga es el momento en el cual los datos de la fase anterior (transformación) son cargados en el sistema de destino. Dependiendo de los requerimientos de la organización, este proceso puede abarcar una amplia variedad de acciones diferentes. En algunas bases de datos se sobrescribe la información antigua con nuevos datos. Los Data Warehouse mantienen un historial de los registros de manera que se pueda hacer una auditoría de los mismos y disponer de un rastro de toda la historia de un valor a lo largo del tiempo.

Existen dos formas básicas de desarrollar el proceso de carga:

- *Acumulación simple*: La acumulación simple es la más sencilla y común, y consiste en realizar un resumen de todas las transacciones comprendidas en el período de tiempo seleccionado y transportar el resultado como una única transacción hacia el data warehouse,

almacenando un valor calculado que consistirá típicamente en un sumatorio o un promedio de la magnitud considerada.

- Rolling: El proceso de Rolling por su parte, se aplica en los casos en que se opta por mantener varios niveles de granularidad. Para ello se almacena información resumida a distintos niveles, correspondientes a distintas agrupaciones de la unidad de tiempo o diferentes niveles jerárquicos en alguna o varias de las dimensiones de la magnitud almacenada (por ejemplo, totales diarios, totales semanales, totales mensuales, etc.).

La fase de carga interactúa directamente con la base de datos de destino. Al realizar esta operación se aplicarán todas las restricciones y triggers (disparadores) que se hayan definido en ésta (por ejemplo, valores únicos, integridad referencial, campos obligatorios, rangos de valores). Estas restricciones y triggers (si están bien definidos) contribuyen a que se garantice la calidad de los datos en el proceso ETL, y deben ser tenidos en cuenta.

Normalmente los Data Warehouse son alimentados de manera asíncrona desde distintas fuentes, que sirven a propósitos muy diferentes. El proceso ETL es clave para lograr que los datos extraídos asíncronamente de orígenes heterogéneos se integren finalmente en un entorno homogéneo.

La escalabilidad de un sistema de ETL durante su vida útil tiene que ser establecida durante el análisis. Esto incluye la comprensión de los volúmenes de datos que tendrán que ser procesados según los acuerdos de nivel de servicio (SLA: Service level agreement). El tiempo disponible para realizar la extracción de los sistemas de origen podría cambiar, lo que implicaría que la misma cantidad de datos tendría que ser procesada en menos tiempo.

Algunos sistemas ETL son escalados para procesar varios terabytes de datos para actualizar un data warehouse que puede contener decenas de terabytes de datos. El aumento de los volúmenes de datos que pueden requerir estos sistemas pueden hacer que los lotes que se procesaban a diario pasen a procesarse en micro-lotes (varios al día) o incluso a la integración con colas de mensajes o a la captura de datos modificados (CDC: change data capture) en tiempo real para una transformación y actualización continua.

CAPÍTULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Gerencia de Mantenimiento de la Empresa Petrolera está enfocada en implementar una estrategia de mantenimiento basada en la optimización de los activos de producción, con la finalidad de:

- Mantener e Incrementar la Disponibilidad de Planta.
- Reducir los Costos de Mantenimiento
- Reducir los Costos de Inventario
- Reducir la Variabilidad del Proceso
- Reducir los Costos asociados a cumplimiento con Regulaciones.

Para ello, necesita clasificó sus Activos en función de su criticidad. Para ello, utilizó el marco representado en la Figura 16. Utilizó la información que el fabricante entregó sobre los equipos.

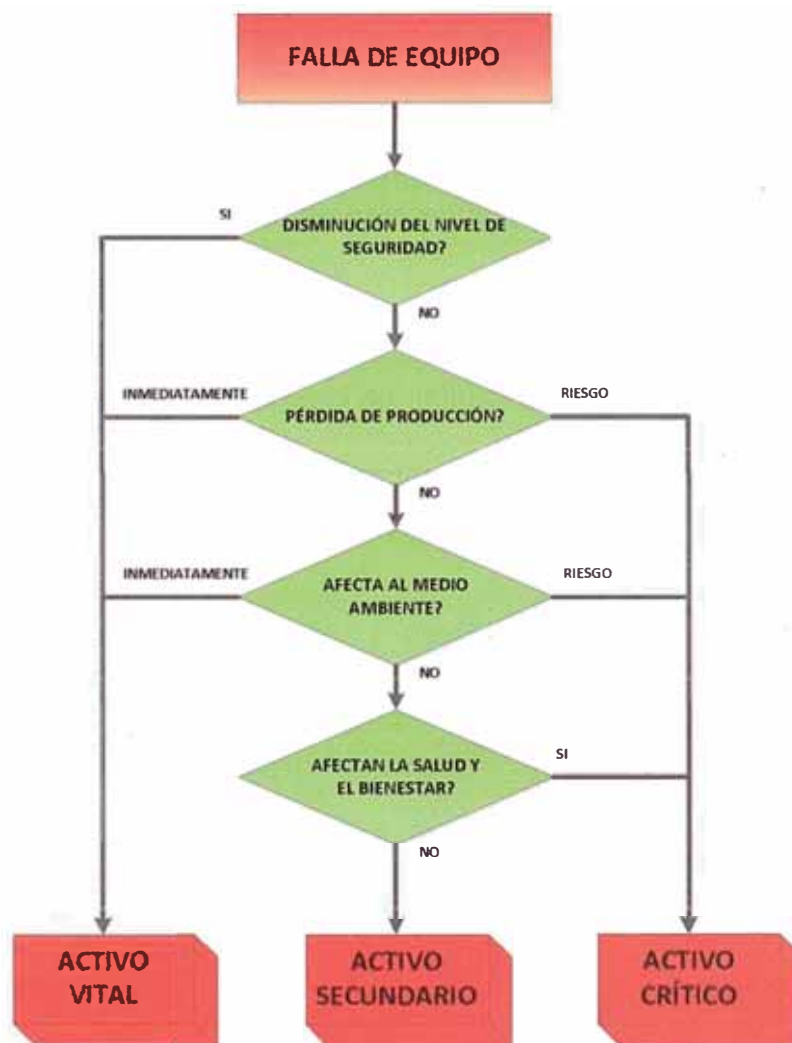


Figura 16. Evaluación de la Criticidad de los Activos

Los equipos se definen en tres categorías:

Activo Vital. La falla de este equipo provoca inmediatamente una pérdida de producción, disminuye el nivel de seguridad o afecta el medio ambiente.

Activo Crítico. La falla de este equipo aumenta el riesgo de pérdida de producción, puede afectar el medio ambiente o que es necesario para la salud y el bienestar general del personal.

Activo Secundario. La falla de este equipo no afecta ni a la producción, la seguridad o el medio ambiente.

La determinación de la criticidad de activos permitió diseñar la estrategia de mantenimiento adecuada (Proactivo, Predictivo, Preventivo, Reactivo)

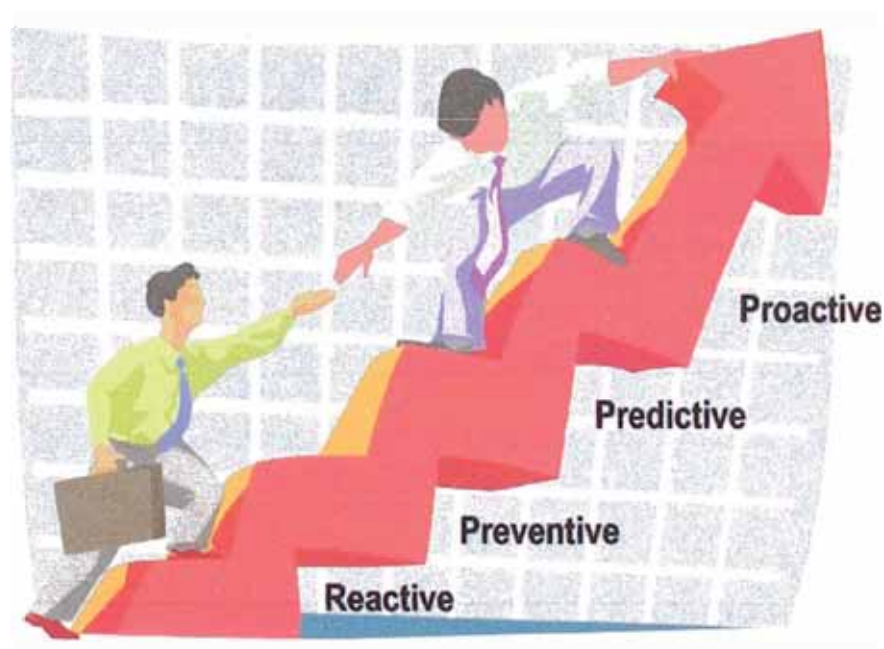


Figura 17. Niveles de Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento incorporados son:

Mantenimiento Correctivo. Todo mantenimiento que se realiza para corregir una falla o ruptura.

Mantenimiento Preventivo. Todo mantenimiento realizado con el fin de evitar una falla, o para detectar una falla.

Mantenimiento Predictivo. Todo trabajo realizado con el fin de encontrar los fallos antes de que ocurran.

Mantenimiento Proactivo. Es una tendencia de ahorro de costos hacia un programa de mantenimiento cuyo objetivo es determinar la causa-raíz del desgaste y falla de la máquina.

Una vez tipificados los Activos, se procedió a definir el tipo de mantenimiento a aplicarle a estos Activos de acuerdo a su criticidad, bajo el siguiente esquema:

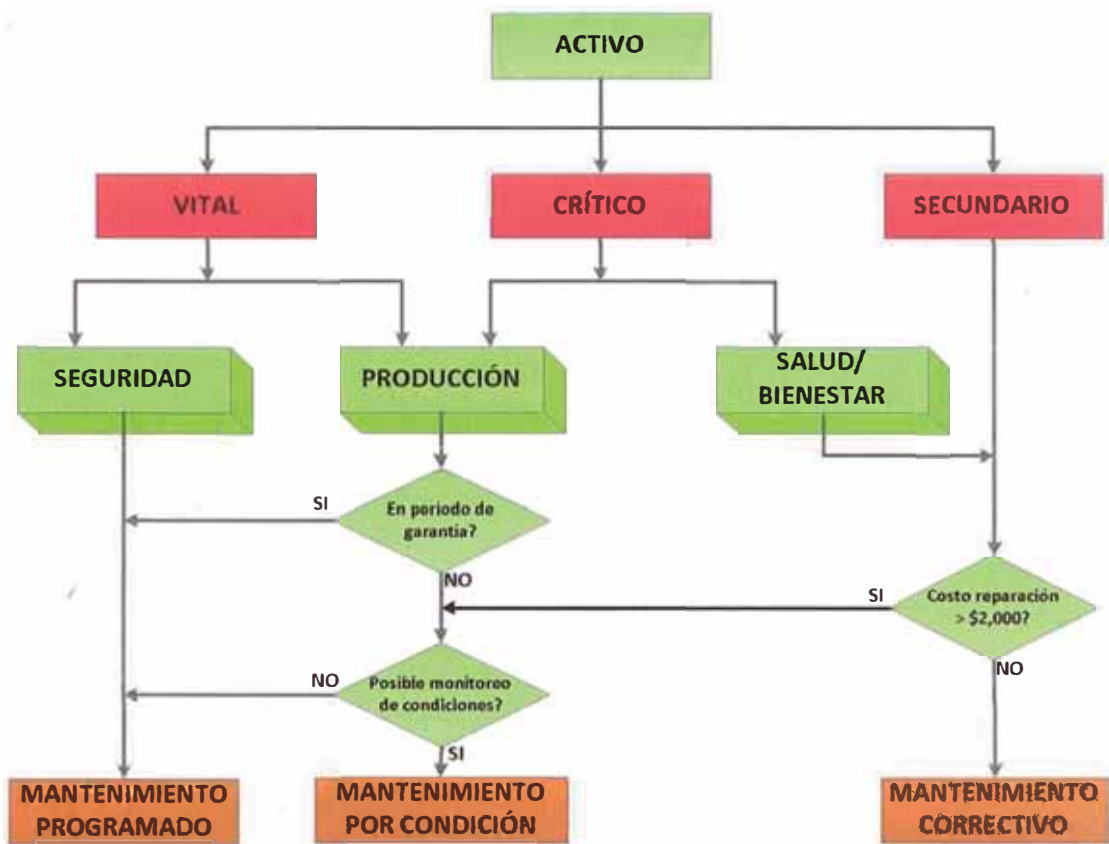


Figura 18. Selección del Tipo de Mantenimiento de acuerdo a la Criticidad del Activo

En resumen, la estrategia de mantenimiento se grafica en la siguiente tabla:

Tabla 2. Estrategia de mantenimiento de acuerdo a la criticidad del Activo

Estrategia de Mantenimiento	Se aplica a:	Estrategia de Ejecución	Promedio Industria	Promedio Clase Mundial
			(1)	
Mantenimiento Predictivo	Equipos Vitales: Falla puede causar un serio impacto negativo en las operaciones, seguridad y/o el ambiente. Equipos Costosos. Perdidas Potenciales.	Requiere de Tecnologías	10%	50%
Mantenimiento Preventivo	Equipos Críticos: Falla podría causar un impacto negativo bajo/mediano en la operación de la planta. Paro parcial podría ocurrir, sin embargo, su efecto no causaría una pérdida relevante de producción.	Inspección Rutinaria y/o Mantenimiento menor	33%	25%
Mantenimiento Correctivo	Equipos Secundarios: Falla NO causa impacto operacional, de seguridad, ni ambiental. Equipos de Bajo Costo.	Reemplazar cuando sea Requerido	55%	10%
Mantenimiento Proactivo	Proceso de Mantenimiento: Metodología de Mantenimiento que asegura el mejoramiento continuo en la disponibilidad de los activos. Analiza la causa / raíz de las fallas de activos. Incorpora la toma de acciones proactivas para evitar la recurrencia.	Proceso de Evaluación Continuo	2%	15%

El Sistema de Control de la Planta de Gas, incorpora Tecnología de Punta de Control Digital (Arquitectura PlantWeb) que ofrece la capacidad de realizar mantenimiento Predictivo al Sistema de Control, Procesos y a Equipos de Instrumentación y Control.

En su libro Plant Engineers Handbook, Keith Mobley asocia los siguientes beneficios al PdM (mantenimiento predictivo):

- Costos de mantenimiento reducidos al 50%
- Fallos inesperados reducidos en 55%
- Tiempo de reparación reducido en 60%
- Inventario de repuestos reducido al 30%

- 30% de incremento en el tiempo medio entre fallos (MTBF)
- 30% de aumento en tiempo efectivo de producción

Y para una típica planta de fabricación, una reducción del 10% en los costos de Mantenimiento tiene el mismo impacto en los resultados de la planta, que un 40% de incremento en las ventas.¹⁷

La inversión para poder implementar el mantenimiento predictivo y proactivo ya está dada; el Sistema de Control de la Planta va a generar desde el momento en que entre en operación una gran cantidad de datos que necesita ser convertidos en información para generar las órdenes de trabajo. Ya están definidos los procesos para el efectuar el análisis de fallas y aplicar mantenimiento proactivo generando las órdenes de trabajo para atenderlo.

Lo que falta definir es **qué sistema implantar para apoyar la gestión del mantenimiento**, que permita alcanzar los benchmarking mundiales de mantenimiento y así alcanzar la meta de reducción de costos y asegurar la fiabilidad de la planta.

¹⁷ MANTENIMIENTO PREVENTIVO – PREDICTIVO Y FIABILIDAD, Rayo, J. P., Preditec IRM

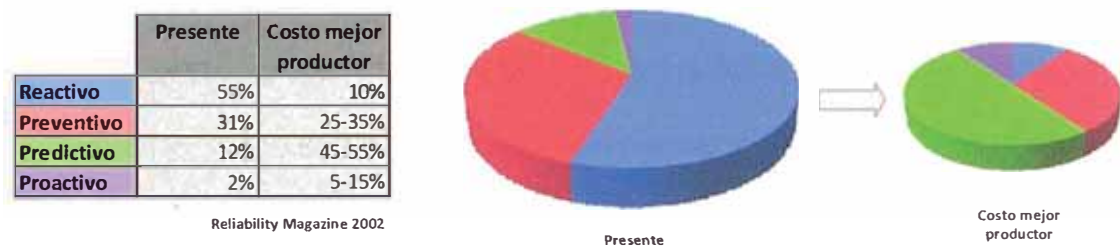


Figura 19. Benchmark tipos de mantenimiento

El sistema debe estar implementado antes de julio de 2004 para coincidir con la puesta en marcha de operación de las plantas.

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Luego de una evaluación de las diferentes soluciones tecnológicas que se analizaron para implementar el software para la gestión del mantenimiento, se reconocieron las siguientes alternativas:

1. Implementar CMMS de la Empresa (JDEdwards)

JDEdwards es un ERP que tiene integrado los módulos de contabilidad, compras, inventarios y mantenimiento. Este último módulo se implementó el año 2000 en todas sus locaciones, pero se le ha utilizado para gestionar mantenimiento reactivo y preventivo.

2. Implementar SAP con módulo PM

SAP es un ERP de clase mundial, pero implementarlo implica la revisión de todos los procesos de la compañía para aplicar las mejores prácticas, no se puede implementar solamente el módulo de mantenimiento.

3. Implementar CMMS “Best of breed” (Maximo)

Un CMMS es un sistema especializado exclusivamente para gestionar el mantenimiento de equipos. Vienen con interfaces para los principales ERP. El “Best of Breed” en estos momentos es Maximo 5.2.

Las ventajas y desventajas de estas opciones se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de las alternativas

Alternativas	Ventajas	Desventajas
1. Implementar CMMS de la Empresa (JDEdwards)	Know how Tiempo de implementación	Tecnología antigua (AS/400) Adaptación del software No es amigable al usuario
2. Implementar SAP con módulo PM	Cumple con todos los requisitos El estandar de la industria Oil&Gas Es amigable al usuario	Costo muy elevado (4 millones US\$) Tiempo muy largo para implementar (2 años) Difícil de implementar Solución cliente/servidor
3. Implementar CMMS "Best of breed"	Tiempo de implementación Especialistas en el software Es amigable al usuario Solución 100% web Implementación rápida (4 meses)	Solo dos implementadores en Latinoamérica

El presupuesto aprobado para implementar el CMMS es de US\$ 300,000 como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Presupuesto aprobado para adquisición de CMMS

CONCEPTO	US\$
LICENCIAS	130,000
CMMS (Base 30 usuarios)	
Interface con el ERP	
Soporte técnico	
Capacitación	
IMPLEMENTACIÓN	120,000
Gerencia del proyecto	
Consultoría funcional	
Consultoría CMMS	
HARDWARE	50,000
TOTAL	300,000

SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Para la selección de una de las alternativas de solución se usaron diferentes criterios de los cuales unos tenían mayor relevancia que otros. A continuación se detallarán los criterios usados mostrando su respectivo peso y la valoración obtenida.

En la mayoría de casos estas valoraciones no se realizaron de una manera metódica, sino por experiencia del grupo evaluador con sustentos concretos.

CRITERIO 1: Cumplimiento de los requerimientos funcionales.

El sistema debe cumplir con los requerimientos funcionales que figuran en el Anexo B. Estos requerimientos funcionales fueron desarrollados por el Área de Mantenimiento para garantizar la correcta ejecución del mantenimiento diseñado para la Empresa. En el Anexo C tenemos el resultado del cumplimiento de las alternativas con cada requerimiento.

CRITERIO 2: Tiempo de Implantación.

Este es el punto que para este problema tiene el mayor peso. La Gerencia de Mantenimiento vio sumamente necesario poder tener implementado y funcionando el sistema dentro de los próximos 6 meses. El tiempo en que el nuevo sistema brinde la información necesaria y aparte cumpla con el trabajo operativo, será casi definitorio. La valuación se puede revisar en el Anexo E.

CRITERIO 3: Costo de Implantación.

Debido a que el alcance del proyecto abarca a todos los procesos y equipos de la Planta de Gas, los costos también lo serán, de ahí la importancia de los costos de implantación de cada una de estas soluciones. La organización realiza las cotizaciones con precio fijo. La valuación se puede revisar en el Anexo F.

Aplicando la metodología de Saaty, procedemos a modelar la estructura jerárquica en la que estén representados todos los aspectos relevantes

en la toma de decisiones: Requerimientos funcionales, tiempo y costo.

En la Figura 19, mostramos la representación jerárquica del problema.

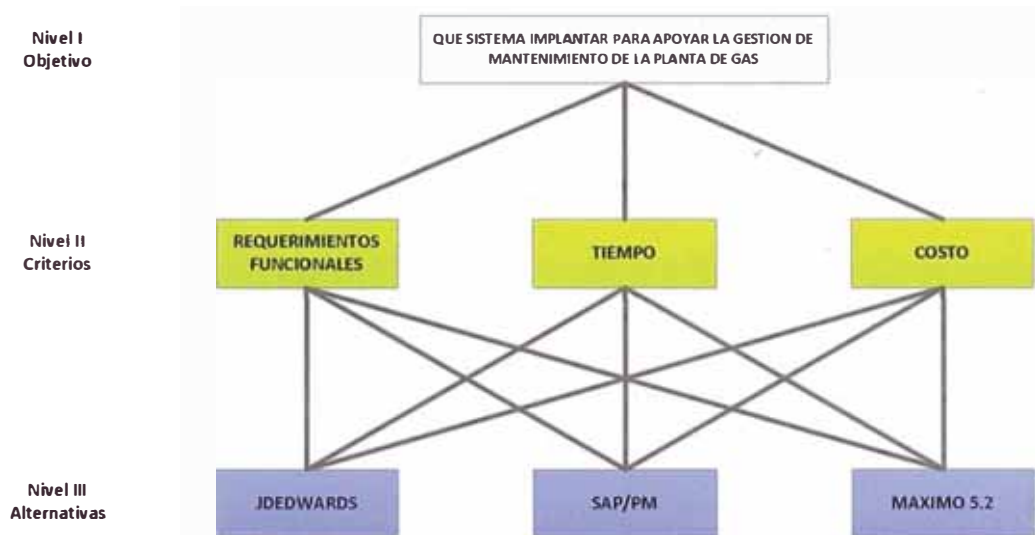


Figura 20. Representación jerárquica del problema de decisión

Una vez modelada la estructura jerárquica, procedemos a incorporar las preferencias de los diferentes actores involucrados en el proyecto para determinar el grado de importancia de cada criterio. De dicha reunión quedó claro que el cumplimiento de los requerimientos funcionales es el principal criterio que debe satisfacer el software, seguido del tiempo de ejecución y finalmente los costos. En la Tabla 5 podemos ver la aplicación de la Escala de Saaty¹⁸ para obtener los valores.

¹⁸ Ver el Anexo A con la Escala de Saaty

Tabla 5 - Grado de importancia de los criterios

	Requerimiento funcional	Tiempo	Costo
Requerimiento funcional	1	5	9
Tiempo	1/5	1	7
Costo	1/9	1/7	1
	1.3111	6.1429	17.0000

Normalizando esta tabla obtenemos los pesos para cada una de los criterios de selección, como se puede ver en la Tabla 6.

Tabla 6 - Grado de importancia de los criterios normalizado

	Matriz normalizada						
	Requerimiento funcional	Tiempo	Costo	Requerimiento funcional	Tiempo	Costo	Peso
Requerimiento funcional	1	5	9	0.7627	0.8140	0.5294	0.7020
Tiempo	1/5	1	7	0.1525	0.1628	0.4118	0.2424
Costo	1/9	1/7	1	0.0847	0.0233	0.0588	0.0556
	1.3111	6.1429	17.0000				1.0000

A continuación, mostramos la Tabla 7 con los valores obtenidos para cada criterio.

Tabla 7 – Resultados obtenidos por cada alternativa

Núm	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Requerimiento funcional	511 ptos	1,077 ptos	1,313 ptos
2	Tiempo	3 meses	18 meses	4 meses
3	Costo	50,000	490,000	290,000
	Total			

En la Tabla 8 se presenta el cuadro comparativo basado en los criterios mencionados anteriormente con puntajes obtenidos de acuerdo a valores estimados de los diferentes proveedores ya normalizados. El peso de las evaluaciones se considera de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Tabla 8 – Evaluación de alternativas

Núm	Criterio	Peso	PUNTAJE			TOTAL		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Requerimiento funcional	70.20%	4	8	9	2.81	5.62	6.32
2	Tiempo	24.24%	9	1	9	2.18	0.24	2.18
3	Costo	5.56%	9	5	7	0.50	0.28	0.39
	Total	100.00%				5.49	6.14	8.89

- Son 151 requerimientos funcionales, los cuales se muestran en porcentaje de cumplimiento sobre el máximo puntaje que podría tener un software ideal. Ver el Anexo C para la ver el grado de cumplimiento de las alternativas y el Anexo D para el puntaje obtenido por cada alternativa.

- El tiempo para la implantación se estimó en 4 meses para la alternativa 1, 18 meses para la alternativa 2 (porque hay que implementar SAP) y 4 meses para la alternativa 3. Ver el Anexo E para la obtención del puntaje.
- Los costos de implementación se estimaron en base a aproximados siendo de US\$ 50,000 para la alternativa 1, US\$ 490,000 para la alternativa 2 (considerando la parte que corresponde a la implementación del módulo de PM de SAP) y de US\$ 290,000 para la alternativa 3. Ver el Anexo F para la obtención del puntaje.

Como resultado de la evaluación efectuada, se declaró ganador a la Alternativa 3, Implementar Maximo 5.2 al obtener la mayor puntuación en la evaluación.

PLAN DE ACCIÓN PARA DESARROLLAR LA SOLUCIÓN

El alcance del proyecto consiste en:

- Proveer, configurar e implementar la solución Maximo 5.2 con fecha de entrega a mediados de julio de 2004.
- Proveer el servicio de mantenimiento de uso de licencias y soporte de Maximo 5.2
- Proveer el entrenamiento requerido a los usuarios en Maximo 5.2

- Transferir el conocimiento requerido al personal de la Empresa para la parametrización y/o administración de Maximo 5.2
- Desarrollar las interfases JDEdwards-Maximo-JDEdwards.

Los principios básicos de integración son los siguientes:

- Evitar la duplicidad del ingreso y control de procesos de información en los componentes del proyecto.
- Circunscribir los procesos de mantenimiento dentro del CMMS.
- Circunscribir los procesos de negocio administrativos/contables dentro del ERP.

Las restricciones que deben tener en cuenta el implementador son:

- Cumplir con los requerimientos funcionales establecidos por la Gerencia de Mantenimiento y aceptados por el proveedor, los cuales están representados en el Anexo B.
- Por definición de la Empresa, se mantiene un único origen de datos, que implica el desarrollo de interfaces para tener la información en todos los sistemas de la Empresa, los cuales están definidos de la siguiente manera:
 - Las compañías se crean en el ERP
 - Las plantas se crean en el ERP
 - Las cuentas contables se generan en el ERP
 - Los almacenes se crean en el ERP

- El catálogo de materiales se genera en el ERP
 - Las compras se generan en el ERP
 - Las recepciones de materiales se generan en el ERP
 - Los consumos y devoluciones de inventario se generan en el ERP
 - Los datos de monitoreo se generan en el SCADA
 - Las órdenes de trabajo se generan en el CMMS
 - Las reservas y cancelaciones de reserva se generan en el CMMS
 - Las solicitudes de reposición de materiales se generan en el CMMS
- Se anticipa que el objetivo de la Empresa es poder completar la ejecución del Proyecto antes de los 6 meses de plazo, a partir de la adjudicación del Proveedor. En ese sentido, el Proveedor adjudicado deberá producir los entregables bajo su responsabilidad, con calidad adecuada y en los tiempos que permitan cumplir con los objetivos de la Empresa. Los servicios se realizarán en las oficinas de Lima y las plantas de la Selva y la costa ubicadas en los departamentos del Cusco e Ica respectivamente.
 - Se requiere que el Proveedor tenga a su cargo la integración de todos los servicios de los diferentes actores involucrados en la ejecución del proyecto, siendo el Proveedor el único responsable frente a la Empresa de los resultados de la ejecución del proyecto.

La Empresa Petrolera entiende el Proyecto como un conjunto de fases, de forma tal de posibilitar una mejor administración de los enlaces apropiados con las operaciones de las organizaciones ejecutoras. De manera colectiva, estas fases se conocen como el “ciclo de vida del proyecto”.

El ciclo de vida utilizado por La Empresa Petrolera para el desarrollo de proyectos de IT es el siguiente:



Figura 21. Fases del ciclo de vida de proyectos de IT

La participación del Proveedor dentro del ciclo de vida del proyecto de la Empresa Petrolera se realizará en la fase de Implementación, más específicamente en las sub-fases de “Adquisición”, “Ejecución” y “Entrega”.

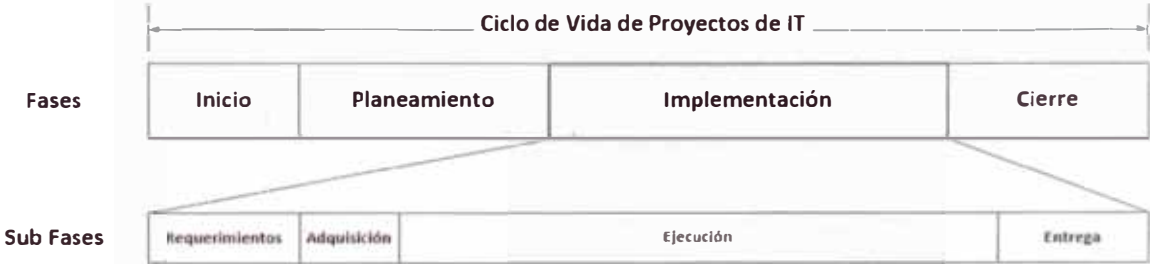


Figura 22. Fases del ciclo de vida de proyectos de IT con sub fases

El proyecto será implementado de acuerdo a una serie de etapas y entregables las cuales serán objeto de una contratación de tipo “llave en mano” para la contratación de hardware, software y servicios. Todos los entregables que formen parte del Proyecto corresponden a la fase de “Ejecución” y “Entrega”, cuyo desarrollo es de entera responsabilidad del Proveedor.

La certificación de avance del proyecto estará dada por la aceptación de cada uno de los entregables de cada fase. El proyecto se dará por finalizado una vez aprobados todos los entregables.

Las Fases del proyecto propuestas son las siguientes, las cuales deben ser corroboradas por el implementador y de ser necesario, corregidas y aprobadas por la Empresa.

Fase I - Organizar el Proyecto

El entregable de “Gestión del Proyecto” abarca la planificación general y la coordinación del mismo, desde su origen hasta el cumplimiento de los objetivos, siguiendo los requerimientos de la Empresa y garantizando la finalización en tiempo, dentro de los costos predeterminados y estándares de calidad acordados.

Entregables:

- Plan de Gestión del Proyecto
- Cronograma del proyecto

- Kick-off

Fase II - Entrenamiento del Equipo de Proyecto

Todo el personal involucrado en cualquiera de las fases del proyecto debe ser capacitado antes del comienzo de las actividades, quedando definido el rol de cada usuario en cada una de las fases.

Entregables:

- Equipo de trabajo capacitado en el CMMS
- Equipo de soporte capacitado en configuración y soporte del CMMS

Fase III - Modelar los Procesos de Negocio y la Arquitectura Técnica

En esta fase se efectúa el diseño de la aplicación. Se instalará el sistema en un ambiente de pruebas. Se modelarán los procesos de mantenimiento y se efectuará el mapeo de los mismos. Se diseñará el Middleware, el proceso de carga de datos y se diseñarán las interfaces con el ERP y el SCADA.

Entregables:

- Documento de relevamiento
- Ambiente de pruebas instalado
- Diseño del Middleware
- Diseño del proceso de carga de datos

- Diseño de interfaces con el ERP
- Diseño de interfaces con el SCADA
- Diseño del esquema de seguridad
- Aprobación de etapa

Fase IV - Configurar y Construir la Solución

En esta fase se efectúa la ejecución del proyecto. Se efectúan todas las configuraciones, modificaciones de pantalla, desarrollo de interfaces y desarrollo de los programas de carga. Se efectúan las pruebas unitarias.

Entregables:

- Adaptaciones efectuadas al CMMS
- Reportes elaborados
- KPI entregados
- Desarrollo de interfaces con el ERP y con el SCADA
- Desarrollo de programas de conversión y traspaso
- Pruebas unitarias efectuadas
- Desarrollo de manuales técnicos del sistema
- Manual de Usuario del Sistema en Inglés y Español
- Manual de Interfaces Existentes revisados en Español
- Manual Técnico del Sistema en Inglés y Español, incluyendo:
 - Definición de Roles y Responsabilidades de Usuarios y IS, con el objetivo de describir las responsabilidades de los diferentes

tipos de usuarios que podrán tener acceso a la administración del sistema.

- Administración del Sistema, con el objetivo describir las operaciones frecuentes de monitoreo del sistema (ejemplo: emisión de reportes, administración de usuarios, actualización, resguardo de la información, etc.).
- Aprobación de etapa

Fase V – Probar la Solución y Preparar la Puesta en Producción

En esta Fase se deberá redactar un plan de pruebas que incluya la prueba de todos los componentes del CMMS. Se deberá definir las personas que formarán parte del equipo de pruebas y dónde se realizarán las pruebas, lotes de prueba y preparación del entorno de procesamiento en el hardware provisto por la Empresa, el detalle de todas las pruebas a realizar, los resultados esperados y tipología de los errores.

Entregables:

- Plan de Pruebas
- Preparación Final del ambiente de aceptación
- Prueba/Validación Funcional Versión Preliminar
- Certificación de Desarrollo (Unit Test / Stress Test)
- Aprobación Versión Preliminar

- Creación del ambiente de Producción Vacío
- BackLog actualizado

Fase VI – Entrenar a los Usuarios Finales

En esta Fase se dictarán los cursos necesarios para capacitar a la Comunidad de Usuarios en el uso del CMMS (definido en la Fase de Organización del Proyecto), de manera de poder participar en forma adecuada en las siguientes Fases: VII, VIII y en especial durante la vida útil del CMMS.

Entregables:

- Plan de capacitación para usuario final
- Ambiente de entrenamiento configurado
- Desarrollo de manuales de usuario
- Manual del entrenador usuario final inglés y español
- Usuarios de mantenimiento capacitados en el CMMS

Fase VII – Poner en Producción

En esta Fase se realizarán todas las tareas para iniciar la Producción: control de la integridad, ajuste final de la seguridad, preparación de Procedimientos Administrativos del CMMS, ajuste del HW/SW, se revisa el Plan de Contingencia. Se efectúa la carga definitiva de datos y se da el arranque de las operaciones, se asignan cuentas de usuario. Se

realizan las comunicaciones correspondientes a la Comunidad de Usuarios.

Entregables:

- Datos de Producción aprobados
- Arquitectura instalada, parametrizada y cerrada sin acceso a modificaciones en el ambiente de Producción
- Cuentas de usuario asignadas
- Aprobación versión final
- BackLog actualizado de cambios pendientes
- Arranque de operaciones

Fase VIII - Soporte Post Producción

En esta Fase se realizarán todas las tareas necesarias para ejecutar el proceso de “Mejora Continua”, de acuerdo a los siguientes elementos: ajustar las adecuaciones realizadas, analizar nuevos requerimientos del negocio, revisiones periódicas de performance del sistema y tareas operativas varias para soportar la vida útil de la arquitectura durante los primeros 2 (dos) meses de la puesta en Producción de la solución.

Entregables:

- BackLog actualizado de cambios pendientes
- Documentación de ajustes de adecuaciones

- Certificación Final de la Arquitectura
- Certificación Final del Proyecto
- Garantía de calidad por los próximos 12 (doce) meses

El cronograma resumido propuesto para el desarrollo de las diferentes fases es el siguiente:

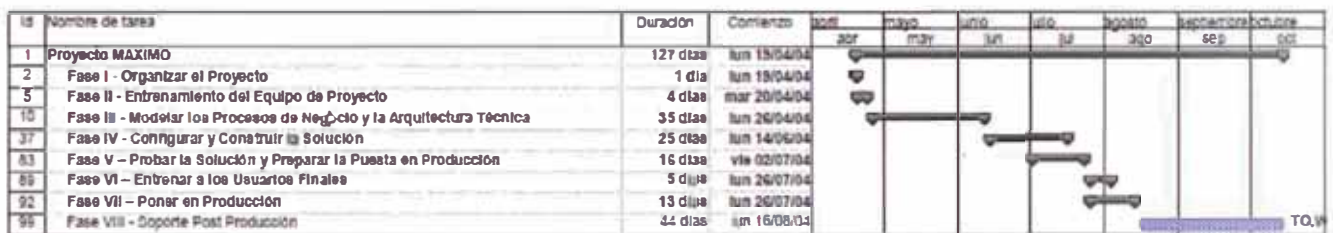


Figura 23. Cronograma propuesto de implementación

El detalle de las actividades involucradas se puede ver en el Anexo G.

Arquitectura propuesta

La arquitectura propuesta utiliza técnicas ETL para transferir la información entre las bases de datos de JDEdwards en AS/400 y las bases de datos de Maximo en Windows. Se sugiere el uso de Biztalk como middleware para comunicar el ambiente Windows con el ambiente AS/400. Esto implica el uso de adaptadores del lado de Windows y del lado de AS/400 para el desarrollo de las interfaces, lo cuales tienen que ser confirmados o corregidos por el contratista.

La Figura 23 nos muestra la arquitectura propuesta para conectar el ambiente AS/400 donde reside el ERP y el ambiente Windows donde va a residir el CMMS.

El proceso de integración entre los sistemas será iniciado por un servicio de Windows que disparará un mensaje a cada orquestación respectiva. Cada flujo de Orquestación de BizTalk ejecutará de manera secuencial las siguientes lógicas.

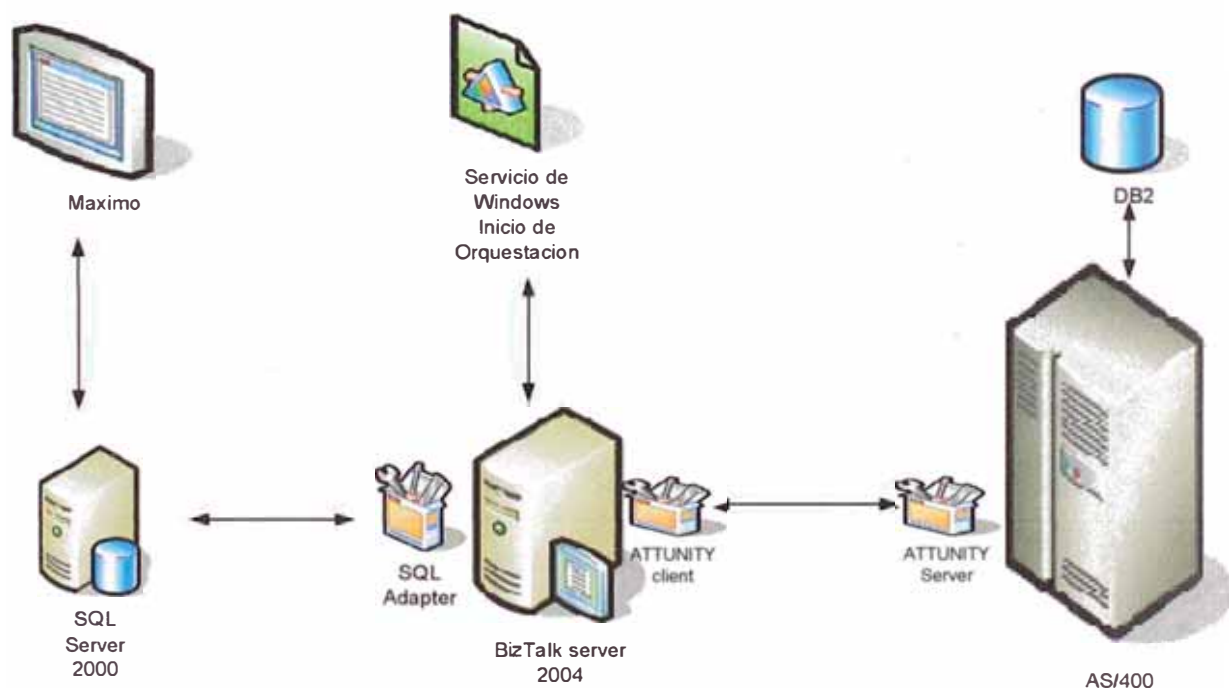


Figura 24. Arquitectura propuesta

Flujo de Máximo a JDEdwards.

El flujo de Orquestación recibirá un mensaje XML que iniciará la instancia del flujo de Orquestación, luego de eso ejecutará el procedimiento

almacenado en la base de datos SQL Server 2000 que exporta la información hacia una tabla temporal en la misma base de datos, seguidamente jalará los registros de la tabla temporal del SQL Server 2000 hacia BizTalk, el cual transportará los registros hacia el AS/400. BizTalk insertará los registros en una tabla temporal en la base de datos DB2 del AS/400 y hará la llamada a la ejecución del JOB de importación hacia el JDEdwards.

Flujo de JDEdwards a Máximo.

El flujo de Orquestación recibirá un mensaje XML que iniciará la instancia del flujo de Orquestación el cual ejecutará el JOB de exportación que carga una tabla temporal en la base de datos del DB2 del AS/400, seguidamente jalará la información hacia Biztalk. Luego de esto BizTalk transportará la información hacia el SQL Server 200 insertando los registros en una tabla temporal. Seguidamente BizTalk ejecutará el procedimiento almacenado de importación hacia Máximo.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

SELECCIÓN DEL CRITERIO DE EVALUACIÓN

No se considera como parte de la gestión de mantenimiento, los costos de reemplazo de equipos, ni por término de la vida útil ni por obsolescencia, porque no se está evaluando la gestión de la Planta de gas, sino el aporte del sistema de mantenimiento a la gestión de mantenimiento.

Por ello, evaluaremos la evolución del costo de mantenimiento por tipo de mantenimiento efectuado en los siguientes años de operación y lo vamos a comparar con el objetivo de alcanzar los valores "World Class". Para ello, vamos a utilizar los resultados de los años 2004, cuando no estaba totalmente implementados los programas de mantenimiento en Maximo, el año 2006 cuando ya se encontraban implementados todos los programas de mantenimiento predictivo y proactivo dentro de Maximo, y el año 2012 para comprobar cómo se encuentra en la actualidad.

RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

Los resultados se observan en la siguiente figura:

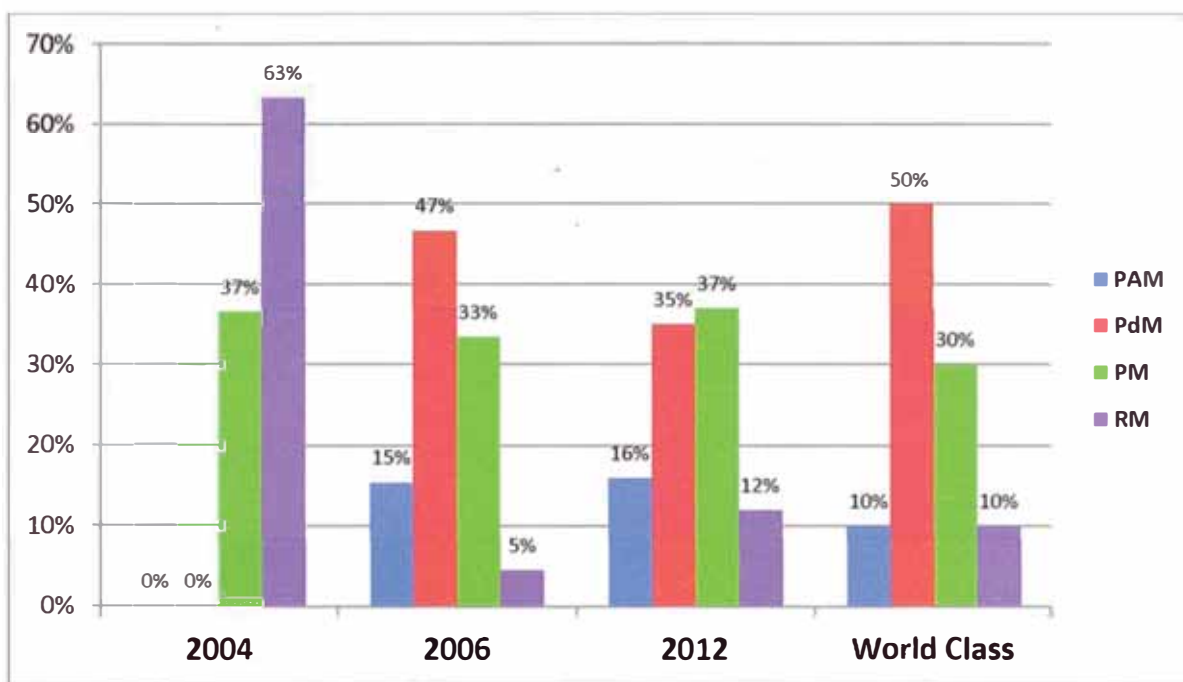


Figura 25. Costos de Mantenimiento por tipo de mantenimiento

Como podemos ver, el año 2004, cuando empezaron a operar las plantas de gas, prácticamente el costo de mantenimiento estaba representado por el mantenimiento correctivo, lo cual es de esperar porque la totalidad de equipos eran nuevos.

Ya en el 2006, se ve una consolidación de los resultados y la distribución de costos se acerca bastante al objetivo trazado.

En el 2012, los resultados se mantienen bastante bien a pesar de haber transcurridos ya prácticamente 10 años de operación y haber

sufrido las consecuencias de dos ampliaciones de planta cuya construcción y puesta en marcha trajo muchas interferencias en los planes y estrategias del mantenimiento de equipos nuevos y viejos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al evaluar una solución de software, es importante seleccionar un software que soporte los requerimientos de negocios actuales y que sea capaz de adaptarse a los cambios en el negocio.
- La elección de un sistema CMMS para mantenimiento debe llevarse a cabo por la persona o las personas que tienen el conocimiento y la experiencia del proceso de mantenimiento, ya que se deberán evaluar de manera muy detallada las características del sistema que se debe adquirir.
- Es importante que esta solución seleccionada posicione mejor a la organización para aprovechar las ventajas de los avances tecnológicos actuales y futuros.
- Es importante que esta solución pueda integrarse al ERP de la empresa, sea en forma natural o a través de interfaces de forma tal de tener la visión completa del negocio en el ERP.
- Las decisiones de cuando reparar, cuando reemplazar y cuando actualizar los procesos se hacen basados en información y los CMMS son la plataforma ideal para mantener una base de datos y proporcionar información clave para la toma de decisiones

- Los CMMS son el repositorio de datos que documenta el programa de mantenimiento, la disponibilidad de repuestos y el historial de órdenes de trabajo de mantenimiento.
- La historia que se mantiene en el CMMS también es compatible con el análisis de causa raíz, lo que mejora las soluciones de ingeniería y fabricación.

Recomendaciones

- Implementar las nuevas versiones de Maximo. La versión 7 va a tener incorporado la base de datos de Causa-Raíz de la industria de Oil&Gas.
- Para implementar RBI, análisis de riesgo basado en inspección, será necesario un software que sea compatible con Maximo, para la generación automática de órdenes de inspección por este concepto.
- Al implementar tecnologías de monitoreo de condiciones para sistemas eléctricos, verificar que sea compatible con la arquitectura PlantWeb de Emerson y con Maximo.
- Contratar una consultoría para hacer el afinamiento de la planta pasados los tres años de operación.
- En caso de que el negocio implemente SAP, que es muy probable que lo haga, ver la conveniencia de mantener a Maximo como CMMS o implementar el módulo de PM.

BIBLIOGRAFÍA

- John S. Mitchell and contributors . “*Physical Asset Management Handbook*”. Third Edition. @ 2002,
<http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/PAM-ch6.pdf>
- AMENDOLA, Luis José. (2002). “*Modelos mixtos de confiabilidad*”. Publicado por Datastream. www.mantenimientomundial.com
- GARCIA P., Oliveiro. (2003). “*Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad*”. Ellmann, Sueiro S. A.
www.ellmann.net, www.confiabilidad.net
- SOTUYO B., Santiago. (2001). “*OIM: Optimización integral de Mantenimiento*”. Ellmann, Sueiro S. A. www.ellmann.net,
www.confiabilidad.net.
- Emerson Process Management. (2003). “*White paper: Reducción de Costos de Operación y de Mantenimiento*”.
www.EmersonProcess.com
- MATHER, Daryl. (2002). “*CMMS: A Timesaving Implementation Process*”. Klaron SA de CV. CRC Press. <http://www.Klaron.net>
- Víctor Manríquez, Ingeniero Mecánico Jul 24, 2012, “*Gestión del mantenimiento predictivo*”,
<http://www.slideshare.net/vmanriquez62/gestion-del-mantenimiento-predictivo>

- R. Keith Mobley, Butterworth-Heinemann, 24/10/2002 - 437 páginas, "*An Introduction to Predictive Maintenance*"
- John Schultz - Allied Service Group, Inc., Robert DiStefano - Management Resources Group, Inc., "*THE BUSINESS CASE FOR RELIABILITY*",
http://www.reliabilityweb.com/art04/business_case.htm
- "*Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*" Tercera Edición. (2004). Project Management Institute.
<http://www.pmi.org>
- Lourival Augusto Tavares (1996), "*Criterios para seleccionar y evaluar*
- "*Un software de mantenimiento*", Revista Mantenimiento - Chile - N° 26 - AÑO 1996 – ISS 0716–8616,
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/criterios.pdf>
- Terrence O'Hanlon, "*Computerized Maintenance Management and Enterprise Asset Management Best Practices*",
www.Reliabilityweb.com.
- "*Porqué implementar un Sistema Computarizado de Mantenimiento CMMS?*", <http://confiabilidad.net/articulos/porque-implementar-un-sistema-computarizado-de-mantenimiento-cmms/>

- Erol Isaac Zabiski Duardo, CEIM, “*Los Sistemas CMMS y la toma de decisiones en el Mantenimiento*”, <http://confiabilidad.net/articulos/los-sistemas-cmms-y-la-toma-de-decisiones-en-el-mantenimiento/>
- Joe Brummer, “*El ABC de CMMS*”, <http://confiabilidad.net/articulos/el-abc-de-cmms/>
- Juan Francisco Segura - junio 10, 2005, “*La selección de un sistema CMMS*”, <http://www.technologyevaluation.com/es/research/articles/la-seleccin-de-un-sistema-cmms-17996/>
- Terrence O'Hanlon, CMRP, Reliabilityweb.com, “*CMMS Best Practices: Benchmarking Survey Results*”
- SAP Help Portal, <http://help.sap.com>, noviembre 2003
- Miguel A. Cevo Parra, Consultor SAP PM/CS, “*Ventajas del módulo PM contra otros softwares*”,
- <http://www.mundosap.com/foro/showthread.php?t=30633>
- “*What's New máximo Release 5.2*” july 2003, mro software
- Jason Bryant, EDF Energy, “*Integrated systems protect against plant shutdowns*”, December 2012
- IT Integration Ware Corp. (2013). “*ETL Contenido – Conceptos teóricos*”, Recuperado el 30 de octubre de 2013 de: http://www.itintegrationware.com/itportal/index.php?option=com_content&view=article&id=198&Itemid=152

- Redacción BI-Spain.com. "*Pasado, presente y futuro del mercado ETL según Forrester*". Recuperado el 30 de octubre de 2013 de:
<http://www.bi-spain.com/articulo/13204/integracion-de-datos/pasado-presente-y-futuro-del-mercado-etl-segun-forrester#sthash.PfG835B3.dpuf>

GLOSARIO

CMMS. *Computerized Maintenance Management System.* Mantiene la base de datos de las operaciones de mantenimiento de una organización

CBM. *Condition based maintenance.* Estrategia de mantenimiento que tiene como objetivo extender la vida útil de las máquinas, aumentar la productividad y reducir los costos de operación diarios.

EAM. *Enterprise Asset Management.* Se refiere a la gestión de activos para el beneficio de la organización como un todo y no se limita a un área específica, como un departamento, la ubicación o la división.

ERP. *Enterprise Resource Planning.* Sistemas de información gerenciales que integran las operaciones de producción y de distribución de una compañía en la producción de bienes o servicios.

ETL. *Extract.Transform-Load.* Extraer, transformar y cargar. Proceso que permite a las organizaciones mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos y limpiarlos, y cargarlos en otra base de datos, data mart, o data warehouse para analizar, o en otro sistema operacional para apoyar un proceso de negocio.

NGL. *Natural-gas liquids.* Es gas natural que ha sido procesado para ser transportado en forma líquida..

PAM. *Pro-active maintenance.* Mantenimiento proactivo.

PdM. *Predictive maintenance.* Mantenimiento predictivo.

PM. *Preventive maintenance.* Mantenimiento preventivo.

RM. *Reactive maintenance.* Mantenimiento reactivo.

RBI. *Risk by inspection.* Inspección basada en riesgo.

RCM. *Reliability Centered Maintenance.* Proceso para asegurar que los activos continúan haciendo lo que sus usuarios requieren en su contexto operativo actual.

PMO. *Planed maintenance optimization.* Optimización del Mantenimiento Planeado

TPM. *Total Productive Maintenance.* Se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial.

ANEXOS

ANEXO A – Escala de Saaty

Tabla 9. Matriz de Saaty

Valores	Significado
1	Igualmente preferente
2	Entre igualmente preferente y moderadamente preferente
3	Moderadamente preferente
4	Entre moderadamente preferente y fuertemente preferente
5	Fuertemente preferente
6	Entre fuertemente preferente y muy fuerte
7	Muy fuerte
8	Entre muy fuerte y extremadamente preferente
9	Extremadamente preferente

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

ANEXO B - Requerimientos funcionales

Tabla 10. Requerimientos funcionales.

Requerimientos generales	
1	Que permita definir múltiples compañías, sitios y plantas en el sistema.
2	Que permita centralizar los datos en un solo servidor o de forma distribuida en múltiples servidores de forma segura usando Microsoft SQL Server y controle los permisos de acceso del CMMS con alta seguridad definida en el Servidor de Dominio y el Active Directory de Windows.
3	Que el sistema brinde una interface de usuario fácil de utilizar.
4	Que permita el uso de dispositivos "hand held" intrínsecamente seguros Nivel II.
5	Que incluya soporte en línea en español, 24x7, por diversos medios: teléfono, chat, e-mail.
Gestión de Solicitudes de Trabajo/Call Center	
6	Que permita crear solicitudes de trabajo o reportes de problemas por internet o intranet, Email o mensajes SMS .
7	Que permita que automáticamente el CMMS notifique por mail cuando la solicitud fue recibida, cuando las órdenes de trabajo fueron comenzadas, terminadas, reejecutadas.
8	Que permita que las solicitudes de trabajo pueden registrarse desde un Call Center que centralice la función y de seguimiento.
9	Que permita que cada usuario que reporta la solicitud de servicio, la puede registrar directamente para que sea autorizada y atendida por un recurso interno o un proveedor de servicios.
10	Que permita seleccionar los posibles codigos de de falla desde la solicitud para ir alimentando la base de datos de análisis de fallas Causa-Efecto-Impacto-Raiz (FMEA "Failure Modes an Effects Analysis"/ ISO 14224)
Gestión de la Planificación	
11	Que permita planificar las órdenes de trabajo preventivas en base a: la fecha de última vez que se realizó y/o programó, cumplimiento de contadores, medidores, días o una combinación de estos criterios.
12	Que permita revisar la Planificación en áreas temporales y una vez verificada genere sus órdenes de trabajo.
13	Que permita que se asigne automáticamente las órdenes de trabajo con base en la disponibilidad de cada recurso.
14	Que permita que automáticamente genere e imprima las órdenes de trabajo para mantenimiento programado.

15	Que permita que automáticamente se combinen Equipos y OTs en una misma Orden de Trabajo Maestra, reduciendo papel y confusiones.
16	Que permita la elaboración/revisión de los planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos, dinámicos, instrumentación y electricidad.
Gestión de Ordenes de Trabajo	
17	Que permita crear, imprimir, y rastrear órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, proactivo.
18	Que permita el envío de órdenes de trabajo a los teléfonos móviles o Emails de proveedores o recursos de mano de obra.
19	Que permita que las órdenes de trabajo incluyan información en: los Activos, Equipo y Ubicación del Activo, el procedimiento y las tareas, las piezas y la mano de obra estimada y lo que se usa, cualquier herramienta especial requerida, y diagramas especiales y/o dibujos.
20	Que permita visualizar todas las órdenes de trabajo planeadas por día, semana o mes en una vista de calendario.
21	Que permita asignar piezas a la orden de trabajo automáticamente y refleje las piezas no disponibles.
22	Que notifique cuando un trabajo se cubre bajo garantía.
23	Que permita que los cambios sean registrados para ser auditados. Si una orden de trabajo es cambiada después de creada, automáticamente es marcada como corregida y muestra el Usuario, la hora y fecha en que la orden de trabajo fue corregida.
24	Que permita la priorización de las órdenes de trabajo
25	Que permita establecer workflows de aprobación de órdenes de trabajo, los cuales podrán ser manejados desde un dispositivo móvil.
26	Que permita que en los dispositivos "Hand Held", cada usuario pueda ingresar información desde el sitio donde se realizan las tareas, las cuales se bajarán al CMMS a través de la red wifi.
Gestión de Mano de Obra	
27	Que permita incluir mano de obra interna y/o externa a las órdenes de trabajo.
28	Que permita que las horas de mano de obra se ingresan en múltiples órdenes de trabajo de manera rápida.
29	Que permita que automáticamente se calculen y se sumen los costos de mano de obra asociados al costo total de cada orden de trabajo.
30	Que permita incluir el número de horas y empleados que realizaron el trabajo en la orden de trabajo.
31	Que permita que se ingrese el tiempo que no se trabaja (capacitación, reuniones, transporte, etc.) para asignar los trabajos con base en la capacidad real.

32	Que permita identificar al personal de mantenimiento por nombre, número de identificación, o DNI.
33	Que permita clasificar al personal por Departamento, nivel de puesto y oficio.
34	Que permita seleccionar Costo de Mano de Obra por empleado.
35	Que permita guardar las horas en el registro del empleado y automáticamente vea como se emplea el tiempo de trabajo que se asigna a una orden de trabajo.
36	Que permita la estimación automática de los costos de mano de obra de contratistas y de personal interno en las órdenes de trabajo.
37	Que permita rastrear y comparar las horas reales de trabajo para establecer tiempos estimados.
38	Que permita visualizar en un calendario las horas asignadas al empleado/contratista
Gestión de Proyectos	
39	Que permita planear el presupuesto, horas reales y costos acumulados para el proyecto.
40	Que permita vincular programas y órdenes de trabajo para proyectos.
41	Que permita cargar las órdenes de trabajo en MS Project y administrarla desde allí como proyecto.
42	Que permita la definición de proyectos, identificando actores, nivel de conocimientos, anclas, combinación de metodologías y pericias.
Gestión de Presupuestos	
43	Que permita que el usuario defina el presupuesto por centro de costo. El centro de costo se define en el ERP.
44	Que permita la supervisión del presupuesto por centro de costo y comparándolos con el real.
45	Que permita atender la gestión de costos, de materiales (en el nivel de mantenimiento) y de mano de obra de acuerdo con las reales necesidades del usuario.
Gestión de Inventarios	
46	Que permita múltiples almacenes, sitios de almacenamiento, y proveedores con puntos de re-orden específico, vincular piezas y Equipos, piezas propias y sustitutos del proveedor.
47	Que permita que se registren los cambios en un histórico al momento del ajuste del inventario, entrega o devoluciones a OT's, Recibos de Compra a Proveedores.
48	Que permita que se registren los mínimos aceptables para cada pieza en almacén, y que el sistema reporte el punto de reorden.
49	Que permita la creación automática de órdenes de compra en el ERP para la reposición de materiales.

50	Que permita ver las piezas disponibles en otros sitios y transferir piezas entre almacenes a través de interfaces con el ERP (con la seguridad apropiada).
51	Que permita administrar las herramientas asignadas a los recursos.
52	Que permita el uso de códigos de barra para una rápida entrada de datos de inventario, compras, órdenes de trabajo.
53	Que permita el envío de una alerta cuando el nivel de existencias de un material crítico bajó del mínimo.
Gestión de Compras	
54	Que permita la generación, impresión y reporte de órdenes de compra
55	Que permita el registro automático de la recepción de materiales asignadas a una orden de trabajo
56	Que permita que se registre en el histórico la actividad de las órdenes de compra, recepciones y cambios de costos asociadas a la orden de trabajo.
57	Que permita el control de piezas no provistas y contratos de mano de obra.
Gestión de archivos adjuntos	
58	Que permita vincular dibujos CAD, diagramas eléctricos, mapas, y fotos de un Activo, un recurso o pieza usándolos en la orden de trabajo, Activos / Equipos / Unidades, procedimientos, piezas, contactos, proyectos, etc.
59	Que permita vincular grabaciones de análisis de sonidos en la orden de trabajo, Activos / Equipos / Unidades, procedimientos, piezas, contactos, proyectos, etc., para ayudar a identificar una falla en una pieza o Activos.
60	Que permita vincular a videos y presentaciones y otros materiales de capacitación en la orden de trabajo, Activos / Equipos / Unidades, procedimientos, piezas, contactos, proyectos, etc., para procedimientos de capacitación en línea.
Gestión de Activos	
61	Que permita crear una cantidad ilimitada de niveles jerárquicos
62	Que permita visualizar en forma gráfica el Árbol de Activos, el cual despliega cada Activo padre con sus Activos hijo.
63	Los usuarios pueden navegar por la jerarquía haciendo clic en la presentación gráfica
64	Que permita definir grupos de Activos los cuales pueden usarse para planificar órdenes de Trabajo por grupo.
65	Que permita la actualización de contadores y medidores asociados a los Activos.
66	Que permita que periódicamente lea e ingrese nuevas lecturas por medio de la importación de lecturas recopiladas por sistemas Scada, Plc's, u otros sensores.
67	Incluye datos de las condiciones que están ligados a los activos y están accesibles mediante la jerarquía de los activos
68	Todas las funciones de los activos están disponibles mediante un solo clic del ratón

69	Permite cambiar y copiar información que sirve para crear activos nuevos a partir de los registros existentes
70	Acepta códigos para las causas o los problemas que se pueden asignar por tipo de activo
71	Mantiene la historia de trabajo del activo
72	Documenta en línea el análisis completo del grado de importancia del activo
73	Asigna prioridades con base en una combinación de riesgo y probabilidad de fracaso
Gestión de Reportes / Gráficos	
74	Que el CMMS tenga un reporteador gráfico.
75	Que el CMMS tenga pre-programados un conjunto de reportes estándar para todas los módulos del sistema.
76	Que permita que se pueda asignar el logotipo del cliente y códigos al pie de página a los reportes y gráficos que genere el sistema para el cumplimiento de las normas de calidad de ISO, QS, FDA, etc.
77	Que permita seleccionar cualquiera de los reportes y gráficos pre-definidos, personalizarlos, o crear los propios.
78	Que permita organizar los reportes por categorías de usuarios para su fácil identificación.
79	Que permita que el reporte pueda ser impreso, enviar por e-mail y exportarlo a PDF, HTML, Word, Excel, RTF y texto.
Indicadores claves de rendimiento KPI	
80	Suministra indicadores clave del rendimiento con valores actuales e históricos en formato de tabla
81	Suministra indicadores clave del rendimiento con valores actuales e históricos en formato gráfico
82	Permite crear indicadores clave del rendimiento para medir el rendimiento de una empresa, un individuo o un activo
83	El usuario puede crear una visualización de un tablero para mostrar la información clave sobre el rendimiento de un activo, una organización o un individuo
84	Incluye un tablero que muestra las métricas, las gráficas de tendencia, las gráficas de pay y los marcadores de sucesos de conformidad con la reunión de datos
85	Genera reportes en línea con capacidad para filtrar y ordenar de forma fácil y rápida
86	Genera reportes en línea que se pueden copiar a Excel con un solo clic del ratón
87	Realiza análisis comparativos para los valores actuales e históricos en formato de tabla
88	Realiza análisis comparativos para los valores actuales e históricos en formato gráfico

Supervisión de las condiciones	
89	Da seguimiento a toda la historia de lectura de los indicadores en formato tabular
90	Ilustra la tendencia de la historia de lectura de los indicadores en formato gráfico
91	Compara varias lecturas de los indicadores en una tabla o en formato gráfico
92	Los indicadores de las condiciones se pueden copiar
93	Permite crear indicadores de las condiciones a partir de una plantilla
94	Los usuarios definen cálculos para evaluar varios puntos de datos (por ejemplo, análisis del aceite, termografía, inspecciones visuales) para obtener la imagen real de la salud operativa del equipo
95	Los usuarios definen cálculos que pueden incluir expresiones lógicas, ecuaciones complejas y cálculos de ingeniería
96	Los usuarios pueden definir varios niveles de gravedad de las alarmas o el estado
97	Da seguimiento a los datos de las condiciones y el estado de las órdenes de trabajo en los activos componentes y las ubicaciones instaladas
98	Combina en un indicador los cálculos las lecturas de las condiciones que se introdujeron previamente con las lecturas actuales
99	Permite ver todos los indicadores en la planta, la línea o el área funcional con el último estado del indicador y cualesquiera comentarios del inspector
100	Reconoce las condiciones de cualquier indicador
101	Registra las tendencias históricas del estado de cualquier indicador
102	Da seguimiento a la historia de las confirmaciones de los activos y los valores de las condiciones en el nivel de los indicadores
103	Permite anexar archivos (dibujos, imágenes digitales, documentos, hojas de cálculo, etc.) a las lecturas de los indicadores mediante la interfaz con el software y el dispositivo portátil
104	Reúne y almacena los datos de los procesos numéricos en tiempo casi real desde DCS o PLC
105	Reúne y almacena los datos de tecnología predictiva, como vibración, aceite, termografía y análisis del circuito del motor
Gestión de Inspecciones	
106	Incluye hojas de revisión de las inspecciones que se pueden guardar en el sistema
107	Administra varias frecuencias de inspección para las órdenes de trabajo de inspecciones y mantenimiento planeados
108	Administra varios disparadores del contador para las órdenes de trabajo de inspecciones y mantenimiento planeados
109	Almacena formas numéricas, por reglas lógicas y descriptivas de los datos de inspección

110	Permite analizar todos los datos de inspección
111	Muestra en una ubicación todos los datos de inspección
112	Incluye hojas de revisión de las inspecciones que se pueden reunir en un dispositivo portátil
113	Acepta datos de inspección numéricos cuya tendencia se puede ilustrar gráficamente.
Gestión de Interfaces	
114	El CMMS debe recibir datos del ERP a través de interfaces. La interfase consultará la base de datos del ERP y actualizará en el CMMS la información necesaria: códigos, descripciones de materiales, existencias, costos, proveedores y otros datos.
115	El CMMS debe enviar datos al ERP a través de interfaces. La interface consultará la base de datos del CMMS y actualizará en el ERP la información necesaria: Costos de mano de obra, costos de servicios, presupuesto. También generará alertas de requerimientos al área de compras para su re-surtimiento.
116	Que permita que el CMMS envíe mensajes de alerta a teléfonos móviles y al e-mail de los responsables del activo.
117	Que el CMMS pueda recibir datos de condiciones desde el sistema Scada de la Planta para efectuar el mantenimiento basado en la condición. La interface recibirá datos de los equipos, medidores, instrumentos, etc., que permitan hacer el mantenimiento predictivo y proactivo.
118	Que permita que el CMMS pueda recibir alertas desde el sistema Scada de la Planta cuando las mediciones de los activos se salen de los umbrales permitidos.
Gestión de la Seguridad	
119	Que permita asegurar el acceso al sistema de cada usuario asignándoles perfiles de seguridad de acuerdo a su función e información que puede ver.
120	Que permita definir si desea utilizar el control de acceso al CMMS utilizando las directivas del Servidor de Dominio y Active Directory (Alta Seguridad) o solo la definida en el CMMS.
121	Que permita personalizar la estructura del menú para impedir el acceso a determinadas áreas del sistema a los usuarios.
122	Que permita obtener estadísticas de como el sistema esta siendo utilizado.
123	Que permita la creación de estaciones de trabajo donde los empleados solo puedan ingresar solicitudes de mantenimiento y verificar el status de estas solicitudes.
Soporte de dispositivos digitales	
124	Permite hacer descargas en los dispositivos portátiles de captura de datos de la información de las órdenes de trabajo para la inspección planeada
125	Permite hacer descargas en los dispositivos portátiles de captura de datos de los indicadores de las condiciones que deben ser revisados

126	Permite hacer descargas en los dispositivos portátiles de captura de datos de los valores posibles de la condición de los indicadores
127	Reunión de las condiciones de los indicadores desde hojas de cálculo electrónicas que se encuentran en dispositivos portátiles
128	Reúne los comentarios de los inspectores desde hojas de revisión en los dispositivos portátiles
129	Proporciona retroalimentación inmediata de las alarmas de los indicadores al usar dispositivos portátiles
Identificación del trabajo	
130	Incluye una metodología de análisis del mantenimiento centrada en la confiabilidad que identifica las tareas proactivas adecuadas, la frecuencia de ejecución y las habilidades
131	Permite importar desde paquetes externos de mantenimiento centrado en la confiabilidad
132	Enlaza los resultados de los análisis del conjunto de herramientas de mantenimiento centrado en la confiabilidad al programa de mantenimiento del equipo por ubicación funcional, equipo o jerarquía de los componentes
133	Permite visualizar el análisis del conjunto de herramientas de mantenimiento centrado en la confiabilidad mediante su enlace a los indicadores de las condiciones
134	Incluye una metodología de identificación rápida del trabajo
135	Permite analizar las tareas de mantenimiento desde cero o con una plantilla
136	Organiza el análisis de las tareas de mantenimiento en forma jerárquica
137	Define los "módulos de fallo" o "efecto de fallo" contra los activos
138	Define planes de acción para reducir los fallos
139	Permite retener la funcionalidad detallada del equipo
140	Define las expectativas de rendimiento del activo
141	Identifica los sistemas de respaldo, suplente y de protección
142	Identifica las consecuencias del fallo
143	Identifica la información del riesgo relativo (incluyendo la frecuencia de los fallos)
144	Incluye una jerarquía del análisis de los fallos para ver los detalles de un problema en el nivel de los componentes del activo
145	Enlaza la consecuencia del fallo del activo con las iniciativas clave del negocio
146	Permite desarrollar hojas de revisión de las inspecciones a partir del proceso de identificación del trabajo
147	Lleva a cabo mantenimiento por condiciones, de forma que se da servicio a un activo únicamente cuando la inspección o los supervisores indican que ya no satisface los requisitos de rendimiento
148	Da mantenimiento para encontrar los fallos y revisar las funciones escondidas en intervalos regulares, para descubrir si han fallado

149	Rediseña el equipo por un cambio único, capacitación, mantenimiento o procedimientos operativos, etc.
150	Asigna una operación para el fallo funcional
151	Permite programar el restablecimiento o el desecho

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

ANEXO C - Cumplimiento de los requerimientos funcionales

Los valores para determinar el grado de cumplimiento del requerimiento del software propuesto son el resultado de la opinión de expertos de área de Mantenimiento.

Tabla 11. Grado de cumplimiento de requerimientos funcionales.

Tipo	Descripción	Alcance	Peso
C	Cumple totalmente y es provista	El software propuesto cumple el requerimiento con las configuraciones estándares, provisto a través del "set-up" y configuración básica.	9
M	Cumple con modificaciones y es provista	El software propuesto no cumple con dicho requerimiento, pero el mismo puede ser agregado previamente a la implantación sin costo adicional de desarrollo.	7
R	Cumple mediante herramienta de reporting y es provista	El software propuesto no cumple con dicho requerimiento, pero el mismo puede ser entregado mediante la utilización de las herramientas de reporting del software.	5
P	Cumple con modificaciones y no es provista	El software propuesto no cumple con dicho requerimiento, pero el mismo puede ser agregado previamente a la implantación con costo adicional de desarrollo.	3
N	No cumple y no es provista	El software propuesto no cumple con dicho requerimiento, y no podrá ser modificado para cumplir el mismo.	1

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

Según esta tabla, se procede a cuantificar el grado de cumplimiento de cada uno de los requerimientos por parte de las tres alternativas, siendo el resultado el siguiente:

Tabla 12. Valoración del grado de cumplimiento de requerimientos funcionales.

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Requerimientos generales				
1	Que permita definir múltiple compañías, sitios y plantas en el sistema.	9	9	9

2	Que permita centralizar los datos en un solo servidor o de forma distribuida en múltiples servidores de forma segura usando Microsoft SQL Server y controle los permisos de acceso del CMMS con alta seguridad definida en el Servidor de Dominio y el Active Directory de Windows.	1	9	9
3	Que el sistema brinde una interface de usuario fácil de utilizar.	1	9	9
4	Que permita el uso de dispositivos "hand held" intrínsecamente seguros Nivel II.	1	1	9
5	Que incluya soporte en línea en español, 24x7, por diversos medios: teléfono, chat, e-mail.	9	9	9
Gestión de Solicitudes de Trabajo/Call Center				
6	Que permita crear solicitudes de trabajo o reportes de problemas por internet o intranet, Email o mensajes SMS.	1	1	9
7	Que permita que automáticamente el CMMS notifique por mail cuando la solicitud fue recibida, cuando las órdenes de trabajo fueron comenzadas, terminadas, reejecutadas.	1	9	9
8	Que permita que las solicitudes de trabajo pueden registrarse desde un Call Center que centralice la función y de seguimiento.	1	9	9
9	Que permita que cada usuario que reporta la solicitud de servicio, la puede registrar directamente para que sea autorizada y atendida por un recurso interno o un proveedor de servicios.	1	1	9
10	Que permita seleccionar los posibles codigos de de falla desde la solicitud para ir alimentando la base de datos de análisis de fallas Causa-Efecto-Impacto-Raiz (FMEA "Failure Modes an Effects Analysis"/ ISO 14224)	1	1	9
Gestión de la Planificación				

11	Que permita planificar las órdenes de trabajo preventivas en base a: la fecha de última vez que se realizó y/o programó, cumplimiento de contadores, medidores, días o una combinación de estos criterios.	9	9	9
12	Que permita revisar la Planificación en áreas temporales y una vez verificada genere sus órdenes de trabajo.	1	1	9
13	Que permita que se asigne automáticamente las órdenes de trabajo con base en la disponibilidad de cada recurso.	1	1	9
14	Que permita que automáticamente genere e imprima las órdenes de trabajo para mantenimiento programado.	9	9	9
15	Que permita que automáticamente se combinen Equipos y OTs en una misma Orden de Trabajo Maestra, reduciendo papel y confusiones.	5	5	9
16	Que permita la elaboración/revisión de los planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos, dinámicos, instrumentación y electricidad.	1	9	9
Gestión de Ordenes de Trabajo				
17	Que permita crear, imprimir, y rastrear órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, proactivo.	9	9	9
18	Que permita el envío de órdenes de trabajo a los teléfonos móviles o Emails de proveedores o recursos de mano de obra.	1	1	9
19	Que permita que las órdenes de trabajo incluyan información en: los Activos, Equipo y Ubicación del Activo, el procedimiento y las tareas, las piezas y la mano de obra estimada y lo que se usa, cualquier herramienta especial requerida, y diagramas especiales y/o dibujos.	7	9	9
20	Que permita visualizar todas las órdenes de trabajo planeadas por día, semana o mes en una vista de calendario.	5	5	9

21	Que permita asignar piezas a la orden de trabajo automáticamente y refleje las piezas no disponibles.	9	9	9
22	Que notifique cuando un trabajo se cubre bajo garantía.	1	9	9
23	Que permita que los cambios sean registrados para ser auditados. Si una orden de trabajo es cambiada después de creada, automáticamente es marcada como corregida y muestra el Usuario, la hora y fecha en que la orden de trabajo fue corregida.	9	9	9
24	Que permita la priorización de las órdenes de trabajo	9	9	9
25	Que permita establecer workflows de aprobación de órdenes de trabajo, los cuales podrán ser manejados desde un dispositivo móvil.	1	1	9
26	Que permita que en los dispositivos "Hand Held", cada usuario pueda ingresar información desde el sitio donde se realizan las tareas, las cuales se bajarán al CMMS a través de la red wifi.	1	1	9
Gestión de Mano de Obra				
27	Que permita incluir mano de obra interna y/o externa a las órdenes de trabajo.	9	9	9
28	Que permita que las horas de mano de obra se ingresan en múltiples órdenes de trabajo de manera rápida.	1	9	9
29	Que permita que automáticamente se calculen y se sumen los costos de mano de obra asociados al costo total de cada orden de trabajo.	9	9	9
30	Que permita incluir el número de horas y empleados que realizaron el trabajo en la orden de trabajo.	9	9	9
31	Que permita que se ingrese el tiempo que no se trabaja (capacitación, reuniones, transporte, etc.) para asignar los trabajos con base en la capacidad real.	1	9	9

32	Que permita identificar al personal de mantenimiento por nombre, número de identificación, o DNI.	9	9	9
33	Que permita clasificar al personal por Departamento, nivel de puesto y oficio.	9	9	9
34	Que permita seleccionar Costo de Mano de Obra por empleado.	9	9	9
35	Que permita guardar las horas en el registro del empleado y automáticamente vea como se emplea el tiempo de trabajo que se asigna a una orden de trabajo.	9	9	9
36	Que permita la estimación automática de los costos de mano de obra de contratistas y de personal interno en las órdenes de trabajo.	9	9	9
37	Que permita rastrear y comparar las horas reales de trabajo para establecer tiempos estimados.	9	9	9
38	Que permita visualizar en un calendario las horas asignadas al empleado/contratista	1	1	9
Gestión de Proyectos				
39	Que permita planear el presupuesto, horas reales y costos acumulados para el proyecto.	1	9	9
40	Que permita vincular programas y órdenes de trabajo para proyectos.	1	9	9
41	Que permita cargar las órdenes de trabajo en MS Project y administrarla desde allí como proyecto.	1	3	9
42	Que permita la definición de proyectos, identificando actores, nivel de conocimientos, anclas, combinación de metodologías y pericias.	1	9	9
Gestión de Presupuestos				
43	Que permita que el usuario defina el presupuesto por centro de costo. El centro de costo se define en el ERP.	1	9	1
44	Que permita la supervisión del presupuesto por centro de costo y comparándolos con el real.	1	9	1

45	Que permita atender la gestión de costos, de materiales (en el nivel de mantenimiento) y de mano de obra de acuerdo con las reales necesidades del usuario.	1	9	9
Gestión de Inventarios				
46	Que permita múltiples almacenes, sitios de almacenamiento, y proveedores con puntos de re-orden específico, vincular piezas y Equipos, piezas propias y sustitutos del proveedor.	9	9	7
47	Que permita que se registren los cambios en un histórico al momento del ajuste del inventario, entrega o devoluciones a OT's, Recibos de Compra a Proveedores.	9	9	7
48	Que permita que se registren los mínimos aceptables para cada pieza en almacén, y que el sistema reporte el punto de reorden.	9	9	7
49	Que permita la creación automática de órdenes de compra en el ERP para la reposición de materiales.	9	9	7
50	Que permita ver las piezas disponibles en otros sitios y transferir piezas entre almacenes a través de interfaces con el ERP (con la seguridad apropiada).	9	9	7
51	Que permita administrar las herramientas asignadas a los recursos.	1	9	9
52	Que permita el uso de códigos de barra para una rápida entrada de datos de inventario, compras, órdenes de trabajo.	3	9	7
53	Que permita el envío de una alerta cuando el nivel de existencias de un material crítico bajó del mínimo.	1	9	9
Gestión de Compras				
54	Que permita la generación, impresión y reporte de órdenes de compra	9	9	7
55	Que permita el registro automático de la recepción de materiales asignadas a una orden de trabajo	9	9	7

56	Que permita que se registre en el histórico la actividad de las órdenes de compra, recepciones y cambios de costos asociadas a la orden de trabajo.	9	9	9
57	Que permita el control de piezas no provistas y contratos de mano de obra.	1	9	9
Gestión de archivos adjuntos				
58	Que permita vincular dibujos CAD, diagramas eléctricos, mapas, y fotos de un Activo, un recurso o pieza usándolos en la orden de trabajo, Activos / Equipos / Unidades, procedimientos, piezas, contactos, proyectos, etc.	1	9	9
59	Que permita vincular grabaciones de análisis de sonidos en la orden de trabajo, Activos / Equipos / Unidades, procedimientos, piezas, contactos, proyectos, etc., para ayudar a identificar una falla en una pieza o Activos.	1	9	9
60	Que permita vincular a videos y presentaciones y otros materiales de capacitación en la orden de trabajo, Activos / Equipos / Unidades, procedimientos, piezas, contactos, proyectos, etc., para procedimientos de capacitación en línea.	1	1	9
Gestión de Activos				
61	Que permita crear una cantidad ilimitada de niveles jerárquicos	1	9	9
62	Que permita visualizar en forma gráfica el Árbol de Activos, el cual despliega cada Activo padre con sus Activos hijo.	5	9	9
63	Los usuarios pueden navegar por la jerarquía haciendo clic en la presentación gráfica	1	9	9
64	Que permita definir grupos de Activos los cuales pueden usarse para planificar órdenes de Trabajo por grupo.	1	1	9
65	Que permita la actualización de contadores y medidores asociados a los Activos.	9	9	9
66	Que permita que periódicamente lea e ingrese nuevas lecturas por medio de la importación de lecturas recopiladas por sistemas Scada, Plc's, u otros sensores.	3	7	9

67	Incluye datos de las condiciones que están ligados a los activos y están accesibles mediante la jerarquía de los activos	1	7	7
68	Todas las funciones de los activos están disponibles mediante un solo clic del ratón	1	9	9
69	Permite cambiar y copiar información que sirve para crear activos nuevos a partir de los registros existentes	9	9	9
70	Acepta códigos para las causas o los problemas que se pueden asignar por tipo de activo	9	9	9
71	Mantiene la historia de trabajo del activo	9	9	9
72	Documenta en línea el análisis completo del grado de importancia del activo	1	1	9
73	Asigna prioridades con base en una combinación de riesgo y probabilidad de fracaso	1	1	9
Gestión de Reportes / Gráficos				
74	Que el CMMS tenga un reporteador gráfico.	1	9	9
75	Que el CMMS tenga pre-programados un conjunto de reportes estándar para todas los módulos del sistema.	1	9	9
76	Que permita que se pueda asignar el logotipo del cliente y códigos al pie de página a los reportes y gráficos que genere el sistema para el cumplimiento de las normas de calidad de ISO, QS, FDA, etc.	7	1	9
77	Que permita seleccionar cualquiera de los reportes y gráficos pre-definidos, personalizarlos, o crear los propios.	9	9	9
78	Que permita organizar los reportes por categorías de usuarios para su fácil identificación.	1	9	9
79	Que permita que el reporte pueda ser impreso, enviar por e-mail y exportarlo a PDF, HTML, Word, Excel, RTF y texto.	1	9	9
Indicadores claves de rendimiento KPI				
80	Suministra indicadores clave del rendimiento con valores actuales e históricos en formato de tabla	5	9	9

81	Suministra indicadores clave del rendimiento con valores actuales e históricos en formato gráfico	5	9	9
82	Permite crear indicadores clave del rendimiento para medir el rendimiento de una empresa, un individuo o un activo	5	9	9
83	El usuario puede crear una visualización de un tablero para mostrar la información clave sobre el rendimiento de un activo, una organización o un individuo	1	1	9
84	Incluye un tablero que muestra las métricas, las gráficas de tendencia, las gráficas de pay y los marcadores de sucesos de conformidad con la reunión de datos	1	1	9
85	Genera reportes en línea con capacidad para filtrar y ordenar de forma fácil y rápida	1	9	9
86	Genera reportes en línea que se pueden copiar a Excel con un solo clic del ratón	1	9	9
87	Realiza análisis comparativos para los valores actuales e históricos en formato de tabla	1	9	9
88	Realiza análisis comparativos para los valores actuales e históricos en formato gráfico	1	9	9
Supervisión de las condiciones				
89	Da seguimiento a toda la historia de lectura de los indicadores en formato tabular	1	7	9
90	Ilustra la tendencia de la historia de lectura de los indicadores en formato gráfico	1	1	9
91	Compara varias lecturas de los indicadores en una tabla o en formato gráfico	1	1	9
92	Los indicadores de las condiciones se pueden copiar	9	9	9
93	Permite crear indicadores de las condiciones a partir de una plantilla	1	1	9
94	Los usuarios definen cálculos para evaluar varios puntos de datos (por ejemplo, análisis del aceite, termografía, inspecciones visuales) para obtener la imagen real de la salud operativa del equipo	1	1	9

95	Los usuarios definen cálculos que pueden incluir expresiones lógicas, ecuaciones complejas y cálculos de ingeniería	1	1	9
96	Los usuarios pueden definir varios niveles de gravedad de las alarmas o el estado	1	9	9
97	Da seguimiento a los datos de las condiciones y el estado de las órdenes de trabajo en los activos componentes y las ubicaciones instaladas	1	9	9
98	Combina en un indicador los cálculos las lecturas de las condiciones que se introdujeron previamente con las lecturas actuales	9	9	9
99	Permite ver todos los indicadores en la planta, la línea o el área funcional con el último estado del indicador y cualesquiera comentarios del inspector	1	9	9
100	Reconoce las condiciones de cualquier indicador	1	9	9
101	Registra las tendencias históricas del estado de cualquier indicador	1	1	9
102	Da seguimiento a la historia de las confirmaciones de los activos y los valores de las condiciones en el nivel de los indicadores	1	1	9
103	Permite anexar archivos (dibujos, imágenes digitales, documentos, hojas de cálculo, etc.) a las lecturas de los indicadores mediante la interfaz con el software y el dispositivo portátil	1	9	9
104	Reúne y almacena los datos de los procesos numéricos en tiempo casi real desde DCS o PLC	1	1	7
105	Reúne y almacena los datos de tecnología predictiva, como vibración, aceite, termografía y análisis del circuito del motor	1	1	9
Gestión de Inspecciones				
106	Incluye hojas de revisión de las inspecciones que se pueden guardar en el sistema	1	9	9
107	Administra varias frecuencias de inspección para las órdenes de trabajo de inspecciones y mantenimiento planeados	1	9	9

108	Administra varios disparadores del contador para las órdenes de trabajo de inspecciones y mantenimiento planeados	1	9	9
109	Almacena formas numéricas, por reglas lógicas y descriptivas de los datos de inspección	9	9	9
110	Permite analizar todos los datos de inspección	9	9	9
111	Muestra en una ubicación todos los datos de inspección	1	9	9
112	Incluye hojas de revisión de las inspecciones que se pueden reunir en un dispositivo portátil	1	1	9
113	Acepta datos de inspección numéricos cuya tendencia se puede ilustrar gráficamente.	1	9	9
Gestión de Interfaces				
114	El CMMS debe recibir datos del ERP a través de interfaces. La interfase consultará la base de datos del ERP y actualizará en el CMMS la información necesaria: códigos, descripciones de materiales, existencias, costos, proveedores y otros datos.	9	9	7
115	El CMMS debe enviar datos al ERP a través de interfaces. La interface consultará la base de datos del CMMS y actualizará en el ERP la información necesaria: Costos de mano de obra, costos de servicios, presupuesto. También generará alertas de requerimientos al área de compras para su re-surtimiento.	9	9	7
116	Que permita que el CMMS envíe mensajes de alerta a teléfonos móviles y al e-mail de los responsables del activo.	1	9	9
117	Que el CMMS pueda recibir datos de condiciones desde el sistema Scada de la Planta para efectuar el mantenimiento basado en la condición. La interface recibirá datos de los equipos, medidores, instrumentos, etc., que permitan hacer el mantenimiento predictivo y proactivo.	1	7	7
118	Que permita que el CMMS pueda recibir alertas desde el sistema Scada de la Planta cuando las mediciones de los activos se salen de los umbrales permitidos.	1	7	7
Gestión de la Seguridad				

119	Que permita asegurar el acceso al sistema de cada usuario asignándoles perfiles de seguridad de acuerdo a su función e información que puede ver.	9	9	9
120	Que permita definir si desea utilizar el control de acceso al CMMS utilizando las directivas del Servidor de Dominio y Active Directory (Alta Seguridad) o solo la definida en el CMMS.	1	9	9
121	Que permita personalizar la estructura del menú para impedir el acceso a determinadas áreas del sistema a los usuarios.	9	9	9
122	Que permita obtener estadísticas de como el sistema esta siendo utilizado.	1	9	9
123	Que permita la creación de estaciones de trabajo donde los empleados solo puedan ingresar solicitudes de mantenimiento y verificar el status de estas solicitudes.	1	1	9
Soporte de dispositivos digitales				
124	Permite hacer descargas en los dispositivos portátiles de captura de datos de la información de las órdenes de trabajo para la inspección planeada	1	9	9
125	Permite hacer descargas en los dispositivos portátiles de captura de datos de los indicadores de las condiciones que deben ser revisados	1	9	9
126	Permite hacer descargas en los dispositivos portátiles de captura de datos de los valores posibles de la condición de los indicadores	1	9	9
127	Reunión de las condiciones de los indicadores desde hojas de cálculo electrónicas que se encuentran en dispositivos portátiles	1	7	9
128	Reúne los comentarios de los inspectores desde hojas de revisión en los dispositivos portátiles	1	7	9
129	Proporciona retroalimentación inmediata de las alarmas de los indicadores al usar dispositivos portátiles	1	7	9
Identificación del trabajo				

130	Incluye una metodología de análisis del mantenimiento centrada en la confiabilidad que identifica las tareas proactivas adecuadas, la frecuencia de ejecución y las habilidades	1	1	9
131	Permite importar desde paquetes externos de mantenimiento centrado en la confiabilidad	1	7	7
132	Enlaza los resultados de los análisis del conjunto de herramientas de mantenimiento centrado en la confiabilidad al programa de mantenimiento del equipo por ubicación funcional, equipo o jerarquía de los componentes	1	7	9
133	Permite visualizar el análisis del conjunto de herramientas de mantenimiento centrado en la confiabilidad mediante su enlace a los indicadores de las condiciones	1	7	9
134	Incluye una metodología de identificación rápida del trabajo	1	7	9
135	Permite analizar las tareas de mantenimiento desde cero o con una plantilla	1	7	9
136	Organiza el análisis de las tareas de mantenimiento en forma jerárquica	1	7	9
137	Define los "módulos de fallo" o "efecto de fallo" contra los activos	1	9	9
138	Define planes de acción para reducir los fallos	1	9	9
139	Permite retener la funcionalidad detallada del equipo	1	9	9
140	Define las expectativas de rendimiento del activo	1	9	9
141	Identifica los sistemas de respaldo, suplente y de protección	9	9	9
142	Identifica las consecuencias del fallo	9	9	9
143	Identifica la información del riesgo relativo (incluyendo la frecuencia de los fallos)	1	7	9
144	Incluye una jerarquía del análisis de los fallos para ver los detalles de un problema en el nivel de los componentes del activo	1	7	9
145	Enlaza la consecuencia del fallo del activo con las iniciativas clave del negocio	1	7	9

146	Permite desarrollar hojas de revisión de las inspecciones a partir del proceso de identificación del trabajo	1	7	9
147	Lleva a cabo mantenimiento por condiciones, de forma que se da servicio a un activo únicamente cuando la inspección o los supervisores indican que ya no satisface los requisitos de rendimiento	1	9	9
148	Da mantenimiento para encontrar los fallos y revisar las funciones escondidas en intervalos regulares, para descubrir si han fallado	1	9	9
149	Rediseña el equipo por un cambio único, capacitación, mantenimiento o procedimientos operativos, etc.	1	9	9
150	Asigna una operación para el fallo funcional	1	9	9
151	Permite programar el restablecimiento o el desecho	1	9	9
PUNTAJE TOTAL		511	1,077	1,313

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

ANEXO D - Valuación del cumplimiento de los requerimientos funcionales

Los valores para determinar el peso del cumplimiento de los requerimientos funcionales en el proyecto propuesto son el resultado de la opinión de expertos de área de Mantenimiento.

Tabla 13. Escala para definir el peso del cumplimiento de requerimientos funcionales (en cantidad de requerimientos)

Tipo	Cumplimiento de requerimientos	Peso
1	< 0 - 150 >	1
2	< 151 - 300 >	2
3	< 301 - 450 >	3
4	< 451 - 600 >	4
6	< 601 -750 >	5
7	< 751 - 900 >	6
8	< 901 - 1050 >	7
9	< 1051 - 1200 >	8
10	> 1201	9

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

El Área de Mantenimiento calificó cada requerimiento contra las alternativas basado en presentaciones efectuadas por posibles candidatos.

Tabla 14. Calificación del cumplimiento de requerimientos funcionales.

Alternativa	Cumplimiento	Peso
Alternativa 1	511	4
Alternativa 2	1,077	8
Alternativa 3	1,313	9

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

ANEXO E - Valuación de los tiempos de ejecución del proyecto

Los valores para determinar el peso del costo en el proyecto propuesto son el resultado de la opinión de expertos de área de Compras.

Tabla 15. Escala para definir el peso del tiempo de ejecución.
(en meses)

Tipo	Tiempo de implementación	Peso
1	< 0 - 4 >	9
2	< 5 - 8 >	7
3	< 9 - 12 >	5
4	< 13 - 16 >	3
6	< 17 - 20 >	2
7	< 21 - 24 >	1

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

La dirección de TI proporcionó valores estimados de las diferentes soluciones con respecto a los tiempos de implementación, con lo que se obtuvo la valoración.

Tabla 16. Calificación del cumplimiento del tiempo de ejecución.

Alternativa	Tiempo estimado	Peso
Alternativa 1	3 meses	9
Alternativa 2	18 meses	1
Alternativa 3	4 meses	9

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

ANEXO F - Valuación de los costos de ejecución del proyecto

Los valores para determinar el peso del costo en el proyecto propuesto son el resultado de la opinión de expertos de área de Compras.

Tabla 17. Escala para definir el peso del costo de implementación.

Tipo	Costo	Peso
1	< 0 - 100K >	9
2	< 101K - 200K >	8
3	< 201K - 300K >	7
4	< 301K - 400K >	6
6	< 401K - 500K >	5
7	< 501K - 600K >	4
8	< 601K - 700K >	3
9	< 701K - 800K >	2
10	> 901K	1

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

El Área de Compras proporcionó los estimados de costo a grandes rasgos ya que no se realizó un análisis exhaustivo de todas las necesidades implicadas por parte de los proveedores.

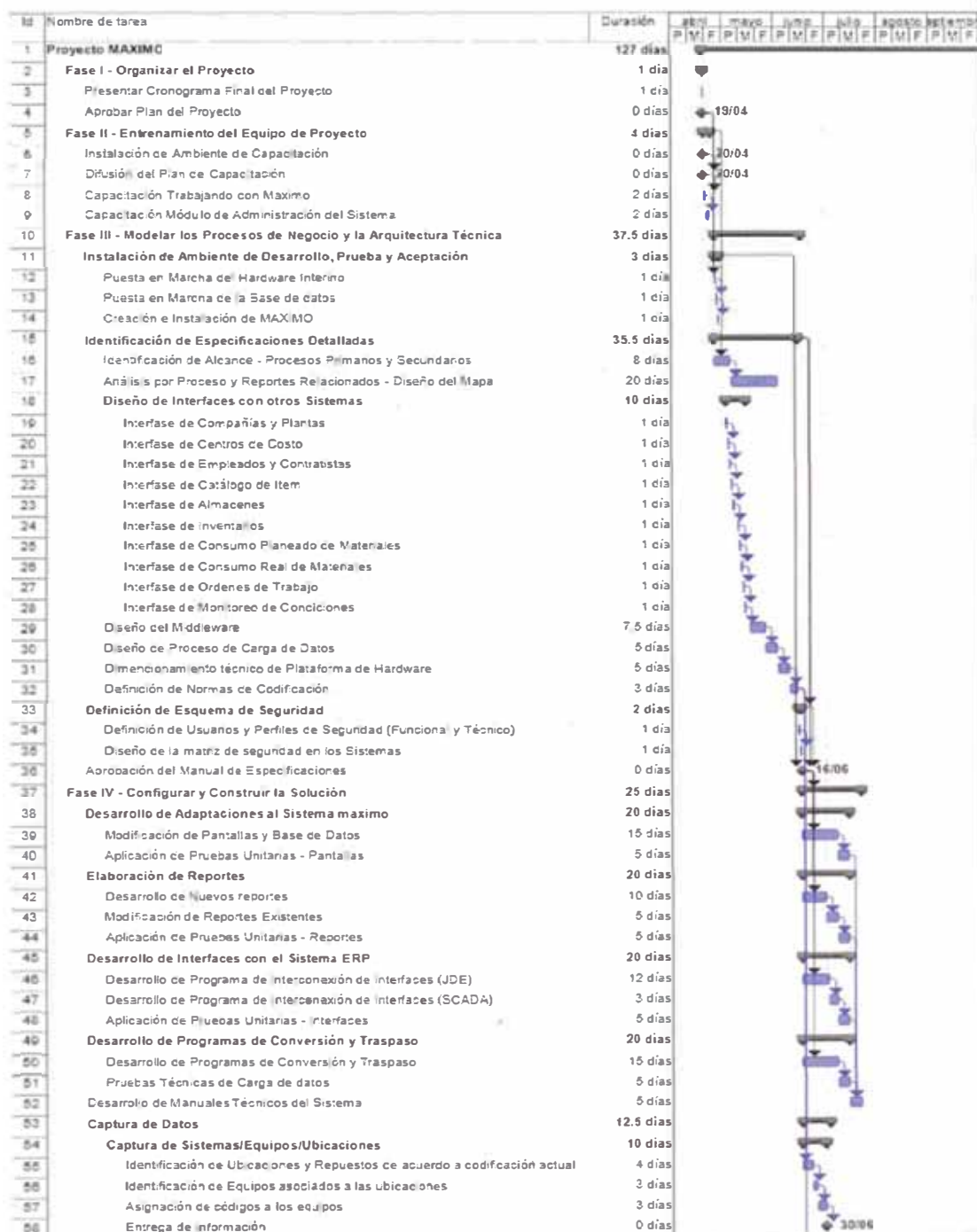
Tabla 18. Calificación del cumplimiento del costo de implementación.

Alternativa	Costo estimado	Peso
Alternativa 1	50,000.00	9
Alternativa 2	490,000.00	5
Alternativa 3	290,000.00	7

Fuente: Elaboración propia de la Empresa Petrolera

ANEXO G – Cronograma tentativo de implementación

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION MAXIMO



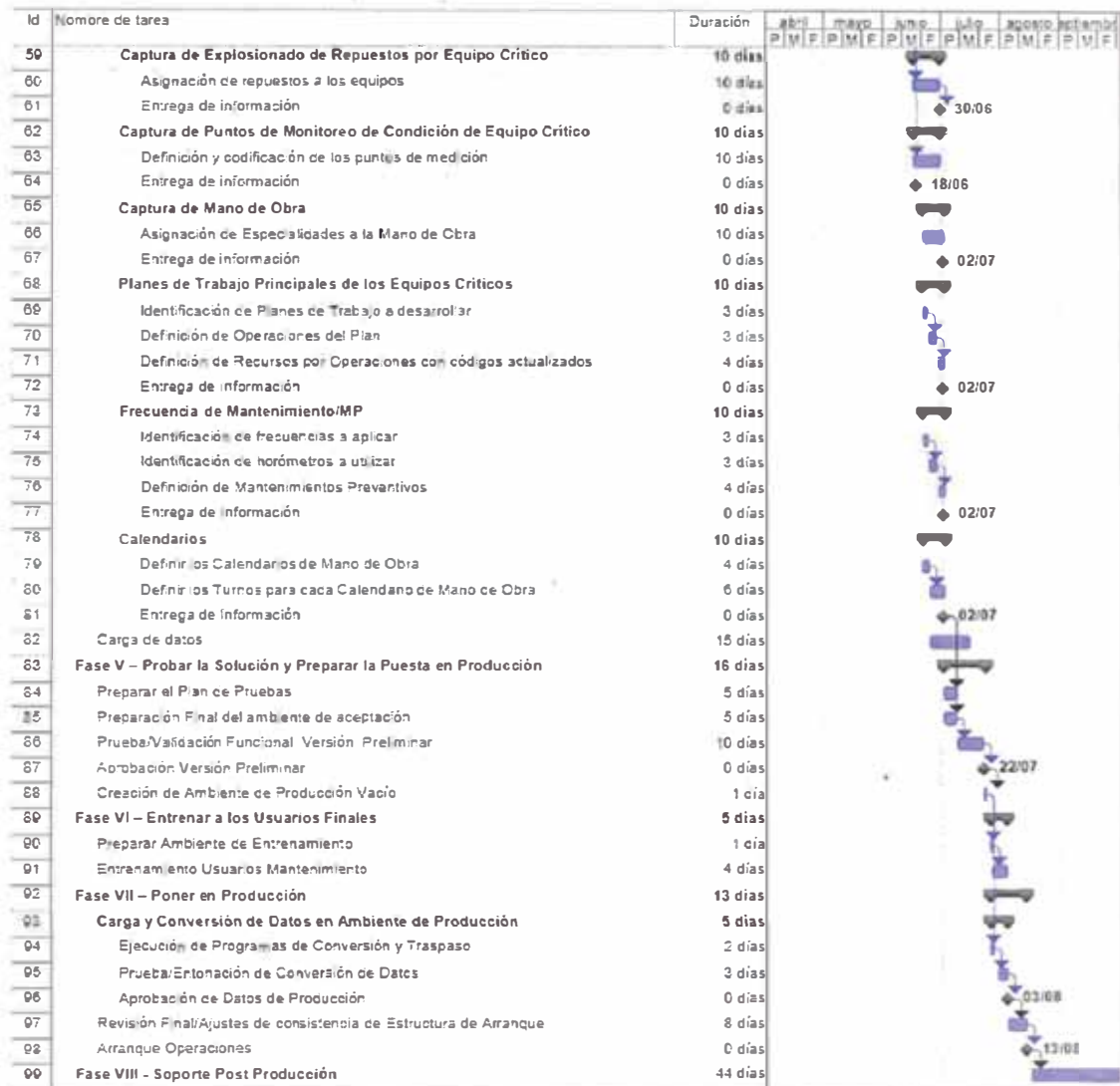


Figura 26. Cronograma detallado de implementación
Elaboración propia de la Empresa Petrolera

Este cronograma tentativo tiene que ser corroborado y/o corregido por la empresa contratista que vaya a implementar Maximo 5.2.