



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**PLANEACION ESTRATEGICA Y PROGRAMACION DEL
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
CESAR AVILA VERDE**

ASESOR: ING. EMILIO JUAREZ MARTINEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a Dios por haber permitido que se cruzaran en mi camino todas las personas, de las que he aprendido y las que han puesto su interés en que yo aprenda; y que en este momento omito sus nombres por carecer de espacio y para no faltarles al respeto por este motivo.

A mis padres el Sr. Jacinto Ávila Torres, la Sra. Romana Verde Flores y al destino por permitirme el privilegio de haber nacido y llegar hasta este momento.

A mi esposa la Lic. Martha Trigueros Hernández, con quien he compartido momentos muy importantes y quien me alienta a seguir adelante en todas las metas que me propongo.

A mis hijos César y Jesús Ramón Ávila Trigueros quienes son mis motivos para no desmayar en mis objetivos.

A mis hermanos: Sandra, Arturo e Isaac; que a pesar de tener diferentes puntos de vista me han apoyado a su manera y me recuerdan lo importante y la fortuna de tener una familia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme ser parte de ella.

A la FES – Cuautitlán Campo 4, por ser el lugar donde he concretado uno de los sueños más importantes para mis padres, y un logro más en mi vida.

A todos mis profesores, que con su dedicación, esmero y sacrificio, han ayudado a que esto suceda.

A mis amigos de las diferentes áreas de la facultad: profesores, administrativos, intendentes, bibliotecarios, entrenadores deportivos, compañeros de equipo y de clase; quienes con su apoyo y amistad hicieron mas agradable mi estancia en esta etapa de mi vida.

Y a todo mi País pues gracias a todos tengo la fortuna de ser hoy un egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Pública más prestigiada de América Latina y del mundo. De la cual todos quieren ser parte pero solo unos cuantos somos los afortunados.

Con sincero e infinito agradecimiento al Ing. Emilio Juárez Martínez, por su invaluable apoyo y tiempo invertido para la revisión y realización de este trabajo.

Por mi Raza hablará el Espíritu

I N D I C E

Introducción	1
Capítulo 1 Nuevas bases filosóficas para el mantenimiento industrial	2
Evolución del mantenimiento	5
Concepto de servicio y calidad	8
Capítulo II Taxonomía de la conservación industrial	11
Dicotomía de trabajos	12
Conservación	15
Preservación	16
Mantenimiento según COPIMAN	19
Capítulo III Estrategia y táctica del mantenimiento industrial	22
Estructuración de los activos de la empresa	25
Reingeniería del mantenimiento	26
Técnicas modernas de Management	29
Costo óptimo de conservación	32
RIME	33
Capítulo IV Programación del mantenimiento	43
Saturación de la carga de trabajo	43
Determinación de cargas de trabajo y personal necesario	46
Reasignación de funciones y balanceo de cargas de trabajo	46
Determinación de factores para el cálculo de cargas de Trabajo	47
Reglas de programación	52
Indicadores de carga de trabajo	53
Indicadores de programación	54
Conclusiones	56
Bibliografía	57

INTRODUCCION:

En nuestro sistema educativo con orientación tecnológica, es decir en las Universidades donde se imparten las carreras de ingeniería no se tiene elaborado un programa para formar recursos humanos para el área de mantenimiento industrial, teniendo como resultado una industria carente de oportunidades reales para competir en igualdad de condiciones con las empresas de países más industrializados quienes sí han invertido tiempo y recursos para la educación y formación del personal que tendrá la responsabilidad de los activos de sus empresas.

En el mundo de la industria, existe el estigma de que mantenimiento es un departamento que solo se encarga de reparar las fallas, armando y desarmando las máquinas, teniendo como eterno rival al departamento de producción; el cual siempre presionado por el departamento de planeación y así sucesivamente hasta llegar a la, Alta dirección.

Normalmente se ha visto y se sigue viendo al departamento de mantenimiento como la cañería de toda la organización, pues en repetidas ocasiones se amparan en las intervenciones de mantenimiento para justificar con mucha frecuencia sus deficiencias como departamento.

Perdiendo de vista el enfoque de trabajo en equipo muy necesario para el crecimiento de cualquier organización ya sea pública o privada.

Es por eso que en este trabajo se toca el tema de la inclusión de todos los departamentos existentes en la organización, para que se lleve a cabo el trabajo en equipo y se asuman así las responsabilidades correspondientes a cada uno de los involucrados; teniendo como resultado el incremento en la calidad del producto final así además de un clima de bienestar para el personal que labora en la planta, formando verdaderos equipos multidisciplinarios de trabajo que sean capaces de desempeñar sus funciones de manera eficaz y en armonía.

CAPITULO I

Nuevas bases filosóficas para el mantenimiento industrial.

Muchas personas dedicadas al mantenimiento consideran que para obtener un buen producto es suficiente con que las máquinas trabajen adecuadamente por lo que solo hay que mantenerlas en perfectas condiciones. Enorme error y ese es el motivo por lo que nuestra industria continúa a la retaguardia; en nuestras escuelas técnicas y universidades, aun se sigue enseñando y admitiendo que el mantenimiento solo tiene que ver con la máquina, armar, desarmar y componer máquinas. Desde 1950 el pensamiento a este respecto empezó a cambiar drásticamente, al considerar el equipo productor (hombre más máquina), solo constituye el medio para obtener un fin que es el satisfactorio (producto más servicio).

Este es nuestro gran problema, no hemos captado ese movimiento de la historia nos esta mostrando y seguimos llamando equivocadamente mantenimiento a una labor que tiene dos facetas:

Una preservar el equipo

Mantener la calidad del satisfactorio que esta proporciona.

Analicemos en este sentido nuestra historia enfocada al mantenimiento.

Concepto erróneo del mantenimiento industrial.

Se puede considerar que en la actualidad en nuestra industria y a escala nacional la mayor parte del personal de cualquier nivel que se encuentre laborando lo hace en los departamentos de producción y de mantenimiento.

Sus conocimientos para la observación de los recursos de sus fábricas están colocados precisamente en el parte aguas de 1950 y lo que es más peligroso para la industria es que están buscando la solución de sus problemas en ideas y prácticas usadas anteriormente a 1950.

Suponiendo todavía que la máquina es el sujeto del mantenimiento e ignorando el producto o servicio que se pretende conseguir.

Esto sucede porque mantenimiento esta viendo solo las fallas y el bienestar de las maquinas y producción solo la elaboración del producto.

Esta situación se da por consecuencia del equivocado enfoque que tiene el sistema nacional de educación, pues:

Considera al mantenimiento asignatura trivial

Elabora programas con temáticas triviales

Docentes carecen de conocimiento científico e interés

En la industria falta orden coordinación y claridad

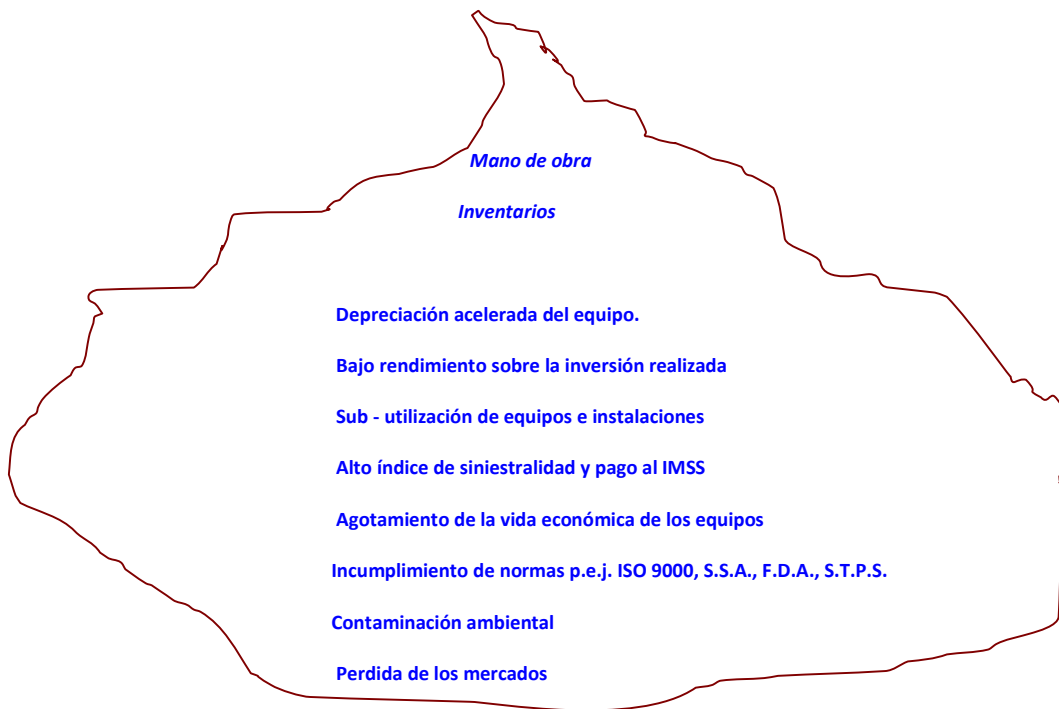
Se tiene una retroalimentación mínima, volviéndose así un círculo vicioso.

Después de analizar la lista anterior se puede observar la causa raíz.

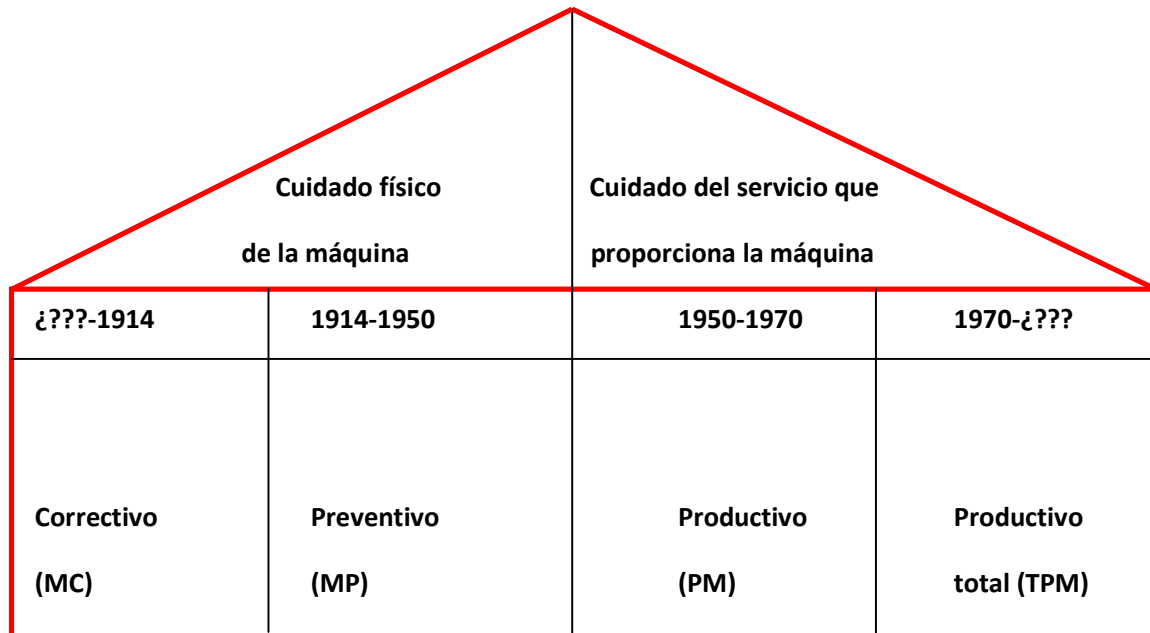
Nuestros sistemas educativos entregan hoy ingenieros y técnicos con conocimientos obsoletos sobre el verdadero concepto de Mantenimiento industrial.

En consecuencia esto hace imposible que nuestra industria mantenga en sus mercados Productos y Servicios de alta calidad, oportunamente y a precios competitivos.

El iceberg de mantenimiento



EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO



Del mantenimiento correctivo (MC) al mantenimiento productivo total (TPM)

Evolución Del mantenimiento

(????? – 1914)

El hombre desde su inicio hasta 1914 utilizó herramientas y máquinas para llevar a cabo con más facilidad su trabajo y acostumbraba repararlas solamente cuando ya le era imprescindible hacerlo, por lo que durante ese lapso a esa labor se le aplicó el nombre de mantenimiento correctivo (MC).

Este trabajo era ejecutado por los propios operadores de las máquinas.

EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO (1914 – 1950)

Con la llegada de la primera guerra mundial, los países beligerantes se vieron obligados a trabajar sus máquinas sin interrupción, dando lugar a una nueva forma de pensar, esto es, hacerle a las máquinas trabajos preventivos para evitar que estas sufrieran paros.

Esto dio origen al nacimiento de los departamentos de producción y de mantenimiento y también al concepto de mantenimiento preventivo (MP).

DIFICULTADES ENTRE DEPARTAMENTOS

Con el inicio de la creación de los departamentos de mantenimiento en 1914, nació esta rivalidad que por razón natural hasta la fecha continúa ya que esta siendo alimentada sin saberlo, por el grupo docente y el industrial.

MANTENIMIENTO (1950 – 1970)

Debido a la necesidad de conquistar mercados y a los trabajos de Deming, Feigenbaun, Crosby etc... buscando pautas de calidad y productividad, cambió la forma de pensar deduciendo que la máquina es un medio y su producto es la razón de ser de la empresa que la usa; por lo tanto se hace evidente de que la industria debe cuidar del **sistema maquina/producto** y no exclusivamente de la máquina, estableciéndose el criterio de mantenimiento productivo (**PM**).

MANTENIMIENTO (1970 - ????????)

La enemistad que desde 1914 se ha desarrollado entre los departamentos de producción y mantenimiento obstaculizando en forma significativa la buena marcha de la industria, trajo como consecuencia la creación del sistema de trabajo llamado mantenimiento productivo total (TPM).

LINEA DEL TIEMPO SIMPLIFICADA									
-120,000	1780	1914	1927	1950	1960	1970	1971	1995	2005
CM	CM	MP	SQC	PM	RCM	CMMS	TPM	5Ss	IC
<p>Esta línea del tiempo, nos proporciona un panorama que desde el punto de vista del mantenimiento estamos considerando desde hace 120,000 años A. C. hasta nuestros días 2008. Las iniciales nos informan los nombres con los que se distinguen las acciones que hicieron posibles los cambios relevantes en los trabajos actualmente llamados de mantenimiento. Es de observarse que consideramos que de esta labor empezó con el pensamiento del hombre y con la aplicación de un correctivo incipiente que fue lentamente desarrollándose hasta el principio de la revolución industrial (1780) en donde se inicio una evolución muy rápida la que aun continúa y la cual tratamos en los siguientes capítulos:</p>									
Capítulos		Nombres							
2	CM	Corrective maintenance (Mantenimiento correctivo)							
3	MP	Preventive maintenance (Mantenimiento preventivo)							
4	SQC	Statistical control of quality (Control estadístico de calidad)							
5	PM	Productive maintenance (mantenimiento productivo)							
6	RCM	Reliability centered maintenance (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)							
7	CMMS	Computarizad maintenance management system (Sistema computarizado para la administración del mantenimiento)							
8	TPM	Total productive maintenance (Mantenimiento productivo total)							
9	5Ss	5 pillars of the visual workplace (Las cinco Eses)							
10	IC	Industrial conservation (Conservación industrial)							

CONCEPTO DE SERVICIO Y CALIDAD

Las industrias luchan por ser empresas de manufactura clase mundial (WCM) y algunas de ellas lo han conseguido.

Estas industrias basan sus actividades en todo el conocimiento humano de mayor nivel que existe en el ámbito mundial y constantemente lo perfeccionan.

Por lo general son 10 o 12 pilares de cultura que lo sostienen a una empresa **WCM**.

EMPRESA WCM

PILARES DE CULTURA QUE SOSTIENEN A UNA WCM

MANUFACTURERA DE CLASE MUNDIAL

10	PM	TMP	CQ	5SS
9	MANTENIMIENTO PROGRAMADO			
8	ADMINISTRACION DEL PRODUCTO			
7	ADMINISTRACION DE ACTIVOS			
6	CONFIABILIDAD			
5	PRESERVACION DE LA CALIDAD			
4	ADISTRAMIENTO DE RECURSOS HUMANOS			
3	ECOLOGIA Y SEGURIDAD			
2	LOGISTICA			
1	KAISEN			

LA BUSQUEDA DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

- El ser humano ha luchado desde sus inicios para poder satisfacer sus necesidades, utilizando su cerebro y experiencias para obtener los satisfactorios que en su evolución necesita o desea.
- El hombre para poder ser productivo y proporcionar calidad a su obra requiere de las máquinas, pero debe estar especializado en su operación y mantenimiento.
- La máquina a diferencia del hombre realiza tareas a gran velocidad y muy exactas pero requiere de un operario preparado para funcionar eficientemente.

EL EQUIPO DE TRABAJO “E”

- La unión del hombre con la máquina es a lo que se llama “equipo de trabajo” o simplemente “equipo”

Hombre + Máquina = Equipo

- Las máquinas modernas cada vez son más rápidas y exactas pero necesitan del cerebro del hombre para funcionar adecuadamente.
- El hombre como operario está obligado a convertirse en un especialista para atender el manejo y la preservación de la máquina moderna.

Existen dos clases de satisfactorios: el producto y el servicio, y siempre que adquirimos un producto se involucra el servicio que el fabricante nos ha prometido encontrar en el.

Producto + Servicio = Satisfactorio

- **Se llama producto al objeto adquirido por nuestro cliente final que cumple con sus expectativas.**
- **Se llama servicio a las diferentes actividades necesarias para que el producto continúe llenando las expectativas esperadas por el cliente.**

El sistema E/S lo forman el equipo de trabajo “E” y el satisfactorio que emana de el “S”.

SISTEMA E/S = E + S

Una industria es efectiva cuando logra el equilibrio entre el equipo que produce (hombre – máquina) y el satisfactorio producido (producto – servicio) o sea en el equilibrio del sistema E/S

LA EFECTIVIDAD INDUSTRIAL

Una industria es efectiva cuando logra el equilibrio entre el equipo que produce (hombre – máquina) y el satisfactorio producido (producto – servicio) o sea en el equilibrio del sistema E/S

CAPITULO II

TAXONOMIA DE LA CONSERVACION INDUSTRIAL

Análisis

- 1.** La razón de ser de las empresas es la de ganar dinero a través de la conquista del mercados realizada con la venta de productos exigidos por estos en la cantidad y calidad adecuadas.

- 2.** para obtener la productividad y calidad necesarias en sus productos, las empresas emplean máquinas cuidando que se conserven trabajando adecuadamente, y no máquinas paradas aunque estén muy bien preservadas. Una máquina trabajando forma un sistema compuesto de dos módulos, el módulo hombre – máquina y el módulo producto o servicio, y es necesario guardar el equilibrio entre ambos durante el trabajo de este sistema.

DICOTOMIA DE TRABAJOS

El primer campo lo componen acciones físicas sobre la máquina, y el segundo esta compuesto por acciones analíticas sobre el comportamiento pasado, actual y futuro de esta con respecto al producto o servicio que proporcionan a fin de evitar que se presenten fallas mientras deba existir el sistema trabajando.

Al hablar del mantenimiento como hasta ahora lo estamos haciendo utilizamos sin saberlo la misma palabra para describir dos cosas diferentes, un procedimiento de trabajo (causas) y un efecto y esto es lo que produce nuestra confusión porque ambas son cosas diferentes ya que el procedimiento esta hecho para interrelacionar causa que produzcan el efecto deseado (producto o servicio). Esto será fácil de solucionar si aprendemos a distinguir cuando estamos dialogando sobre uno u otro enfoque. Debemos estar consientes de que al mencionar cualquiera de las palabras **“mantenimiento preventivo”** o **“mantenimiento correctivo”** automáticamente puede adquirir para nosotros, dos significados diferentes; por un lado expresar solamente el estado en que se encuentra el ítem como lo acabamos de explicar. Por otro lado que es lo más común significa las tareas por desarrollar en un ítem para sostener o cambiar su estado según sea el caso.

LABORES DE PRESERVACION

La preservación está dirigida exclusivamente a atender la máquina y no al producto que esta proporciona.

LABORES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento está dirigido exclusivamente a atender al producto o servicio que proporciona la máquina y no el arreglo de esta.

SOLO EXISTEN DOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es la actividad humana desarrollada en máquinas instalaciones o lugares; cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad del servicio esperada.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es la actividad humana desarrollada en máquinas, instalaciones o lugares; con el fin de asegurar que la calidad del servicio que estos proporcionan, continúe dentro de los límites esperados.

DEFINICIONES COPIMAN

(COMITÉ PANAMERICANO DE INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO)

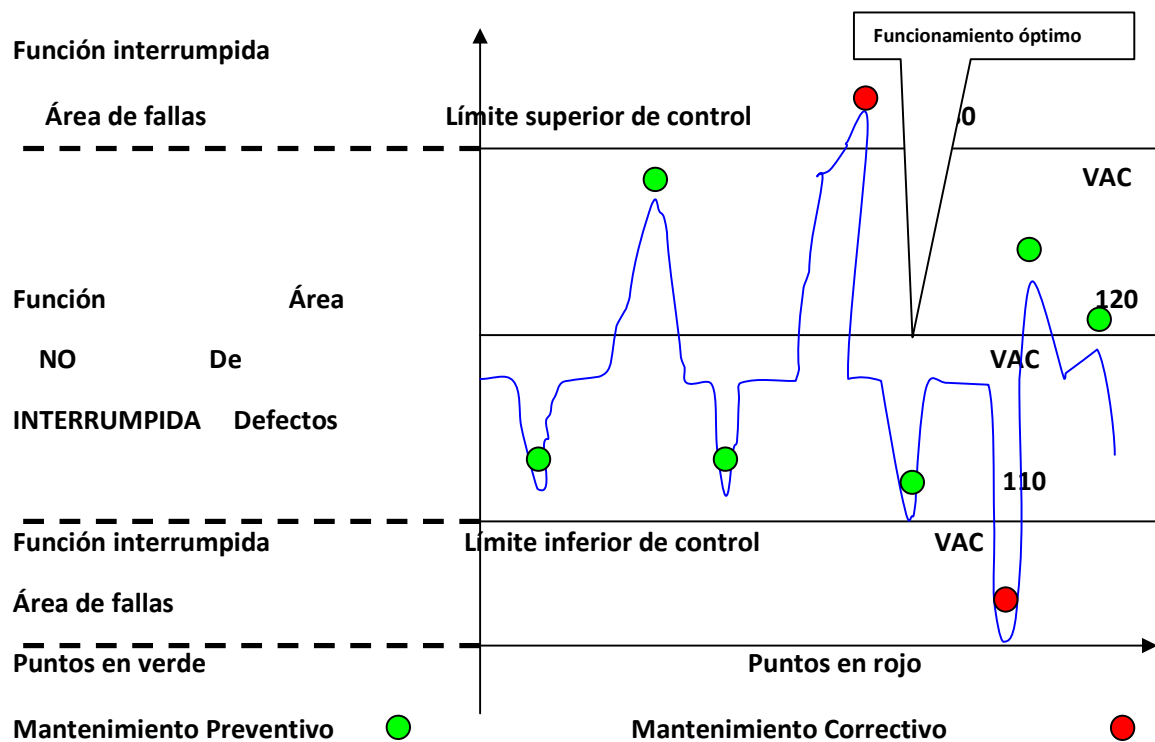
Mantenimiento preventivo. Servicios de inspección control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos tratando de evitar fallas.

Mantenimiento correctivo. Servicios de reparación en ítems con falla.

Ítem. Término general para indicar un equipo, obra o instalación.

Defecto. Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento todavía, pueden a corto o largo plazo provocar su indisponibilidad.

Falla. Finalización de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.



SINTESIS

La falla la produce la máquina al salirse de control porque generalmente el operario no se dio cuenta (error) de que esta le está avisando a través de sus defectos. Por lo tanto la estadística de fallas nos refleja en forma muy aceptable la calidad de las máquinas y operarios que forman nuestro equipo de trabajo.

El personal que debe avocarse a resolver estos problemas es el operario, el de prevención y por parte del proveedor, es el de mantenimiento apoyado en sus **“programas de mantenimiento”**.

La queja la produce el usuario del satisfactorio al reclamarnos que este no se esta comportando según lo pactado. La estadística de quejas nos indica de manera confiable la calidad de nuestro personal de mantenimiento y de los satisfactorios que estamos produciendo. Estos problemas deben ser resueltos precisamente por nuestro personal y programas de mantenimiento auxiliando al operario y personal de preservación del cliente.

CONSERVACION

Conservación: “toda acción humana que mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al optimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano; propiciando con ellos el desarrollo integral del hombre y de la sociedad.

Para cumplir su cometido la conservación se divide en dos ramas, la **preservación** y el **mantenimiento** por lo que apoyándonos con el principio de la conservación que anteriormente obtuvimos.

Mantenimiento: es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio de una calidad esperada.

Mantener la calidad y cantidad de servicio que entrega un recurso o sistema de recursos, dentro de los parámetros esperados, durante su tiempo programado de funcionamiento.

PRESERVACION

Preservación: es la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes en el hábitat humano.

Preservar dentro de límites económicos establecidos, el costo del ciclo de vida (**LCC**) de los recursos de la empresa.

TAXONOMIA

En su sentido más general, la taxonomía (**del griego ταξις, taxis, “ordenamiento” y νομος, nomos, “norma” o “regla”**) es la ciencia de la clasificación.

A la Preservación la consideramos contingente cuando la máquina que estamos operando está manufacturando satisfactorios vitales e importantes y se ha salido de control y empieza a producir satisfactorios con falla por lo que dicha máquina debe de atenderse de inmediato por medio de planes contingentes.

A la preservación la consideramos programada cuándo la máquina que estamos operando, atiende cualquier tipo de satisfactorios (vitales, importantes o triviales) y está dentro de control, no importando los errores y defectos que se vayan sucediendo si estos van siendo corregidos en forma adecuada por lo tanto todo nuestro programa del año puede ser atendido de acuerdo a la planificación predeterminada.

Recordemos que el programa de preservación del año debe emanar de un plan estratégico confeccionado por los altos niveles de planta de las empresas proveedoras y la nuestra y antes de empezar cada año, es necesario planificar lo que el plan estratégico nos ha recomendado y aquí interviene el personal

especialista adecuado de proveedores y nuestro personal operario y de preservación.

En nuestro concepto la preservación programada debe dividirse de acuerdo al grado de habilidades conocimientos, y complejidad de elementos de diagnóstico que tengan que emplearse en el cuidado de los recursos "equipo", por lo que la división resulta con cinco niveles:

1er nivel Preservación autónoma.

2º nivel Preservación autónoma con ayuda esporádica

3er nivel Preservación del departamento de "conservación"

4º nivel Preservación del departamento de "conservación" y terceros.

5º nivel Preservación especializada (proveedores o terceros)

La preservación autónoma esta a cargo del operario de la máquina, el cual como primer responsabilidad debe conocer a fondo su instructivo de operación funcionamiento y tareas de preservación así como tener la habilidad necesaria para ejecutar dichas labores asignadas a él (limpieza, lubricación, pequeños ajustes y reparaciones menores); esto es ejecutado generalmente en el lugar donde se encuentre operando el equipo.

Corresponde a los trabajos asignados a un técnico medio para ayudar eventualmente al operario de la máquina y para el cual se necesita un pequeño taller con sencillos aparatos de prueba y herramientas indispensables para poder proporcionarle al equipo los "**primeros auxilios**" que no requieren de muchos conocimientos y tiempo para su ejecución.

Durante todo su ciclo de vida las máquinas deben ser atendidas por el departamento de conservación de acuerdo al plan táctico o programa del año, planificando cada caso unos dos o tres días antes para estar seguros de que los trabajos se ajustaran a la realidad y contamos con todos los recursos necesarios para hacer el trabajo; ayuda mucho en esta labor la aplicación del (circulo Deming) Planificar, hacer, verificar, actuar y esto se hace en cooperación con los proveedores correspondientes. Otros trabajos de este departamento son la atención a los planes contingentes y a las órdenes de trabajo específicas.

Normalmente y para algunos equipos que exigen frecuentes labores artesanales es económico para las empresas tener personal y talleres propios para atender estos trabajos.

Atendida por terceros con personal y talleres especializados, generalmente al hacer labores de preservación enfocada a áreas específicas de la empresa (aire acondicionado, arreglo de motores de combustión interna o eléctricos, trabajos de ingeniería civil eléctrica, etc). La vigilancia del cumplimiento de estas labores queda a cargo de la jefatura del departamento de conservación.

Dependiendo del equipo, puede llegar el momento en que el tiempo tan grande de funcionamiento que ha tenido y a pesar de haber sido sujeto a trabajos adecuados con los otros cuatro niveles de preservación, es necesario intervenir en la mayor cantidad de sus partes, hacerle una rehabilitación total.

Este quinto nivel de preservación, es ejecutado generalmente por el fabricante del equipo en sus propios talleres, los cuales pueden hacerle cualquier tipo de cambio de diseño, reparación, reconstrucción o modificación. La vigilancia del cumplimiento de estas labores queda a cargo de la jefatura del departamento de conservación.

Al mantenimiento lo consideramos contingente cuando el comportamiento de nuestro producto se ha salido de control y perjudica en forma vital o importante los intereses del cliente o usuario y esto generalmente se nos refleja como quejas de diferente intensidad y de acuerdo con la gravedad del problema que haya

ocasionado; estos casos deben de atenderse de inmediato por medio de planes contingentes.

Al mantenimiento lo consideramos programado cuando el satisfactorio que estamos produciendo o hemos entregado al cliente esta dentro del control, no importando los errores y defectos que se vayan sucediendo si estos van siendo corregidos de manera adecuada; en esta forma nuestro programa de mantenimiento del año puede ser atendido de acuerdo a la planificación predeterminada. Recordemos que también el programa de preservación del año debe emanar de un plan estratégico y que este es necesario planificarlo interviniendo personal especialista de proveedores y el nuestro de mantenimiento.

COPIMAN propone la existencia de solo existen cuatro estrategias de mantenimiento.

1. **mantenimiento preventivo.**
2. **mantenimiento predictivo.**
3. **mantenimiento correctivo.**
4. **mantenimiento detectivo.**

Mantenimiento preventivo; así llamamos a las tareas que hacemos bajo programa para reemplazar o restaurar partes a intervalos fijos. Recordemos que somos los que conocemos al satisfactorio desde su diseño, sabemos como esta integrado y la vida útil de las partes que lo componen y además, hemos desarrollado estos programas para entregarlos a nuestros clientes o usuarios y explicarlos auxiliando a su personal de preservación.

Mantenimiento predictivo; nos referimos a la comprobación hecha en tiempo real por medios electrónicos en ítems vitales para detectar si algo esta mostrando algún defecto o error a fin de proceder de acuerdo a la condición encontrada.

Mantenimiento correctivo; son las labores que se suceden cuando al llevar a cabo nuestro programa de mantenimiento preventivo, descubrimos que algún o algunos ítems que debieran funcionar bien, están trabajando con defecto hay que repararlos o cambiarlos.

Mantenimiento detectivo: aquí nos referimos a la búsqueda de fallos que generalmente nos son evidentes porque se ocasionan en dispositivos de protección o indicadores de funcionamiento (presión, temperatura, acidez, radiaciones, etc.) y solo al hacer pruebas específicamente en estos aparatos nos damos cuenta de que tienen una falla y no lo muestran por haber quedado paralizados en una buena posición.

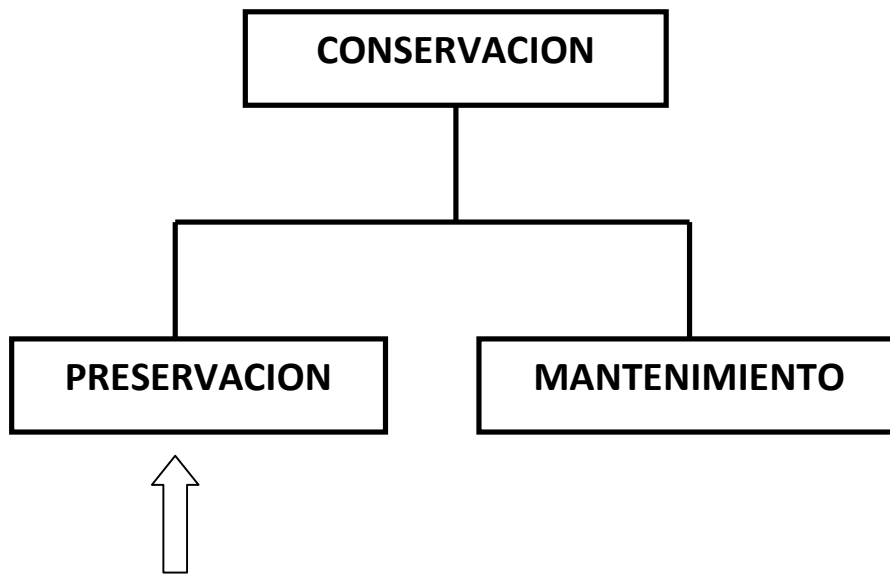
NOTA

En nuestro país nunca se le ha dado la importancia que debe tener la conservación industrial, urge estructurar la estrategia y tácticas que resulten, a fin de realmente usarlas como una herramienta que nos permitirá preparar ingenieros y técnicos que consigan obtener calidad en los productos que elaboren las empresas en donde trabajen y estas puedan competir con ventaja dentro del carácter dinámico que tiene nuestra industria globalizada.

Un muy alto porcentaje del personal de producción y mantenimiento de nuestra industria, todavía no asimila que su obligación esta en cuidar el equilibrio del "sistema máquina/producto" para proporcionar a su cliente final un producto adecuado a las expectativas de este ultimo tanto en calidad como en cantidad y oportunidad.

CAUSA DEL PROBLEMA

ESTAMOS CONFUNDIENDO EL MANTENIMIENTO CON LA CONSERVACION



CAPITULO III

ESTRATEGIA Y TACTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ESTRATEGIA

Labores que se desarrollan en cualquier momento para obtener resultados futuros.

Todo aquello que ve hacia resultados futuros y sin embargo está ocupando nuestro tiempo actual, es una **función estratégica**.

TACTICA

Labores que se desarrollan en cualquier momento para obtener resultados inmediatos.

Todas aquellas actividades que al momento de ser efectuadas se obtenga un resultado ya sea positivo o negativo, se catalogaran dentro de las actividades tácticas.

Toda táctica debe nacer de una estrategia.

Toda estrategia debe nacer de la mejora de los resultados de una táctica.

Esto hace la “mancuerna para el Kaisen”

VISION

Mantenimiento contribuye a muchas áreas de las habilidades operacionales valorar ventajas competitivas:

- **Productividad**
- **Efectividad por costos**
- **Seguridad e integridad del medio ambiente**
- **Calidad**

Ventajas Competitivas

Las habilidades y capacidades para tener mejor rendimiento que nuestra competencia.

Ventajas estratégicas

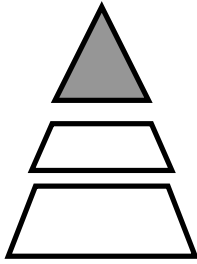
El grupo de recursos y habilidades que son difíciles de emitir, raros y especializados que contribuyen a las ventajas competitivas de la empresa.

Activos estratégicos

Los recursos y habilidades necesarias para crear las ventajas estratégicas.

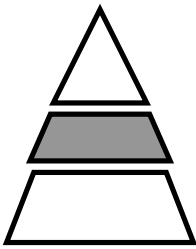
Nivel corporativo

- Alineados con la misión de la empresa
- Dirigidos a lograr ventajas competitivas
- Transmite la plantación estratégica del nivel corporativo de la empresa



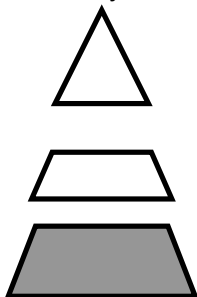
Nivel estratégico

- Define la ventaja competitiva que necesitamos para lograr y sostener las ventajas competitivas de la corporación.
- Provee la guías para el nivel de ejecución para asegurar ninguna desviación de las metas corporativas

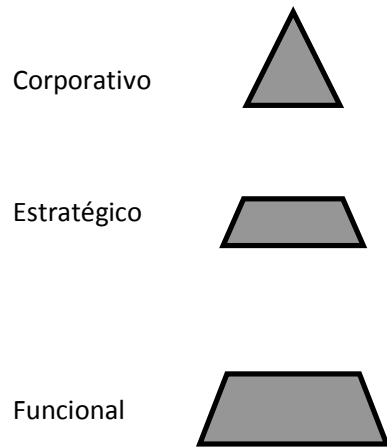


Nivel funcional

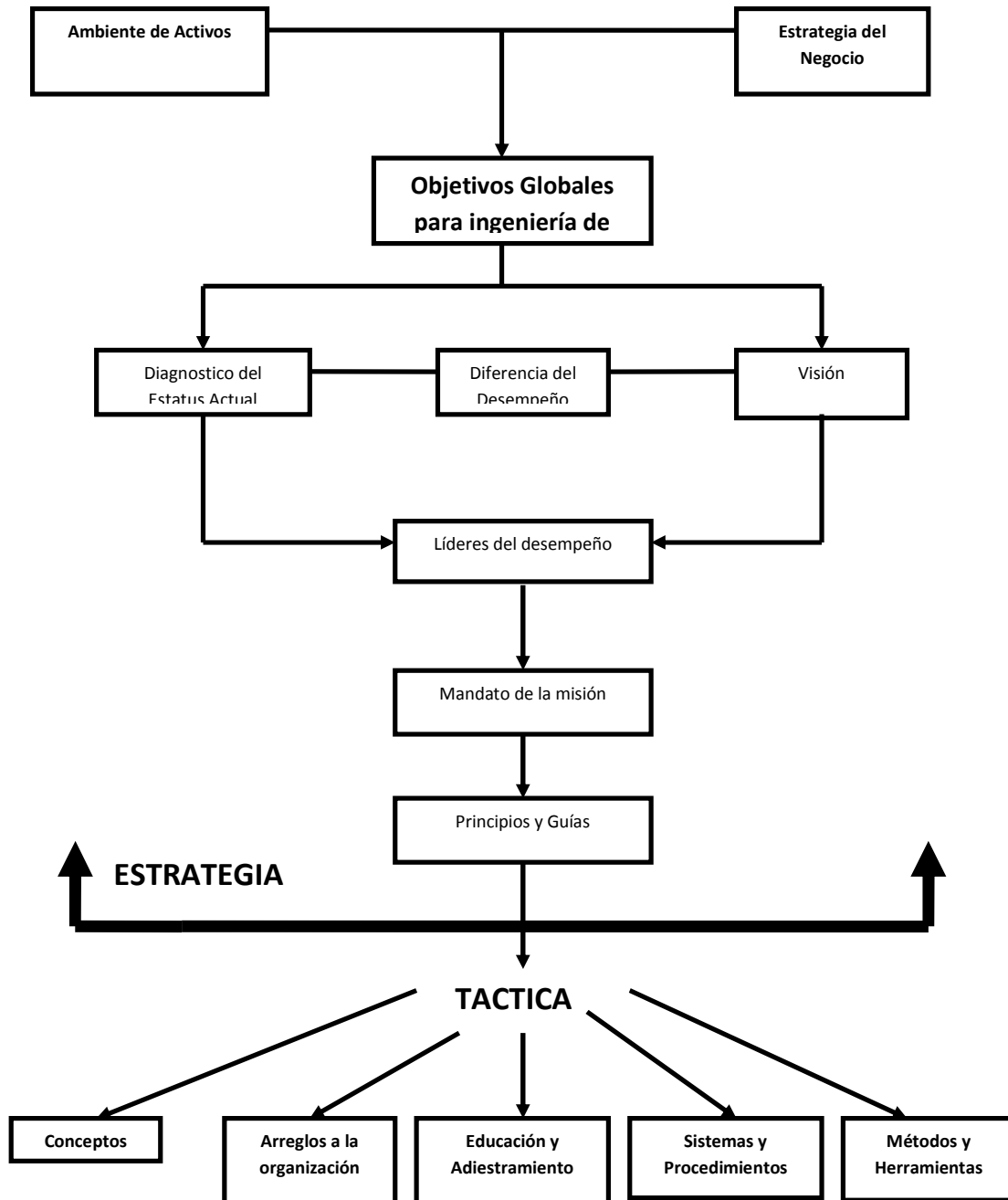
- Provee una guía al rendimiento de los recursos y capacidades que necesitamos para logra las ventajas estratégicas. (activos estratégicos)



Estructuración de la visión de los activos en la empresa



REINGENIERIA DE MANTENIMIENTO



CARACTERISTICAS ENTRE ECONOMIAS DE ALTO Y LENTO CRECIMIENTO

		KAIZEN	INNOVACION TECNOLOGICA
1	Efecto	Largo plazo y larga duración pero sin dramatismo	Corto plazo pero dramático
2	Paso	Pasos pequeños	Pasos grandes
3	Itinerario	Continuo e incremental	Intermitente y no incremental
4	Cambio	Gradual y constante	Abrupto y volátil
5	Involucramiento	Todos	Selección de unos pocos “campeones”
6	Enfoque	Colectivismo, esfuerzos de grupo, enfoque de sistemas	Individualismo áspero, ideas y esfuerzos individuales
7	Modo	Mantenimiento y mejoramiento	Chatarra y reconstrucción
8	Chispa	Conocimiento convencional y estado del arte	Invasiones tecnológicas, nuevas invenciones, nuevas teorías
9	Requisitos prácticos	Requiere poca inversión pero gran esfuerzo para mantenerlo	Requiere grandes inversiones y pequeño esfuerzo para mantenerlo
10	Orientación al esfuerzo	Personas	Tecnología
11	Criterios de evaluación	Procesos y esfuerzos para mejores resultados	Resultados para las utilidades
12	Ventaja	Trabaja bien en economías de crecimiento lento	Mejor adaptada para economías de crecimiento rápido

CARACTERISTICAS MINIMAS PARA UN BUEN DEPARTAMENTO DE CONSERVACION

1. UNA ESTRUCTURA RACIONAL QUE FACILITE LA APLICACIÓN DE LABORES ESTRATEGICAS Y TACTICAS
2. UN INVENTARIO DE RECURSOS FISICOS (MAQUINAS, ETC) JERARQUIZADO EN TRES CATEGORIAS
3. PLANES DE MANTENIMIENTO INTEGRAL ELABORADOS POR ESTE DEPARTAMENTO
4. UN SISTEMA DE INFORMATICA

SINTOMAS DE UNA EMPRESA ENFERMA

Cada persona sin importar el nivel ni el tipo de trabajo tiene una opinión diferente sobre el mantenimiento industrial.

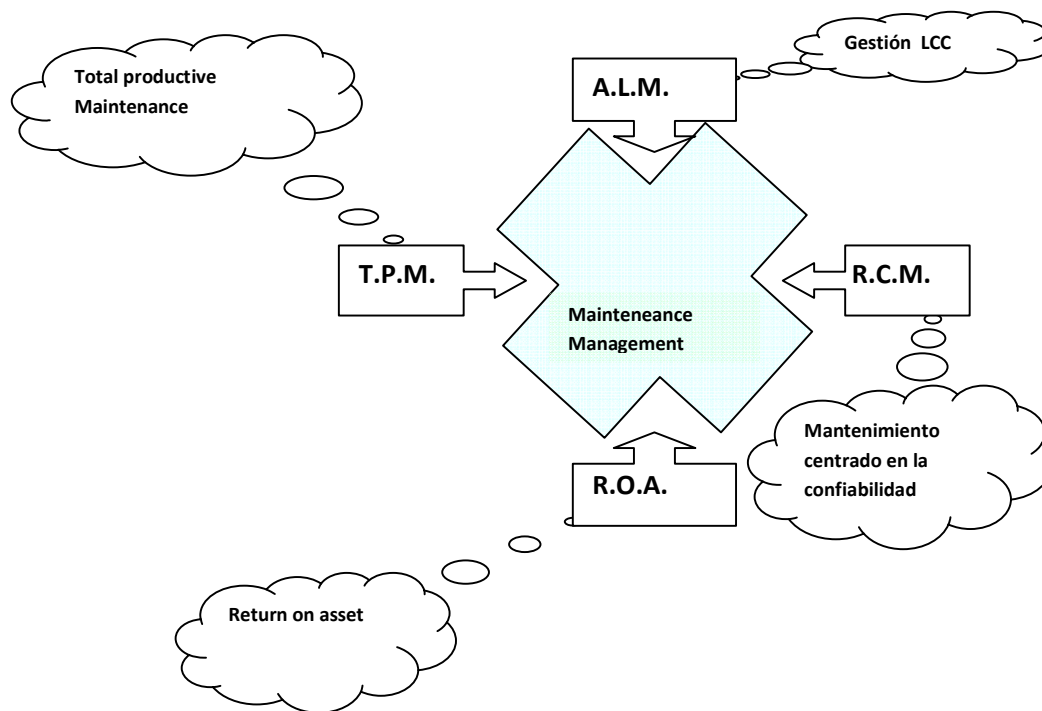
1. se puede detectar fácilmente el rechazo durante las relaciones entre mantenimiento y producción.
2. la planeación estratégica del mantenimiento no existe, las órdenes de trabajo solo son solicitudes del personal de producción.
3. el personal de producción y el de mantenimiento no tienen ni la idea de que ambos deben de pugnar por el equilibrio del sistema: **MAQUINA/PRODUCTO**

RESULTADOS

Se deteriora día a día la cultura del personal de la industria en esta materia.

1. Crecen los problemas originados por los equipos rivales **PRODUCCION vs MANTENIMIENTO.**
2. Se originan **altos costos de producción.**
3. **Se entregan Productos y servicios de media o baja calidad a nuestros clientes.**
4. Se experimenta una **pérdida continua del mercado.**

TECNICAS MODERNAS DEL MANAGEMENT



POSIBILIDAD DE MEJORAR

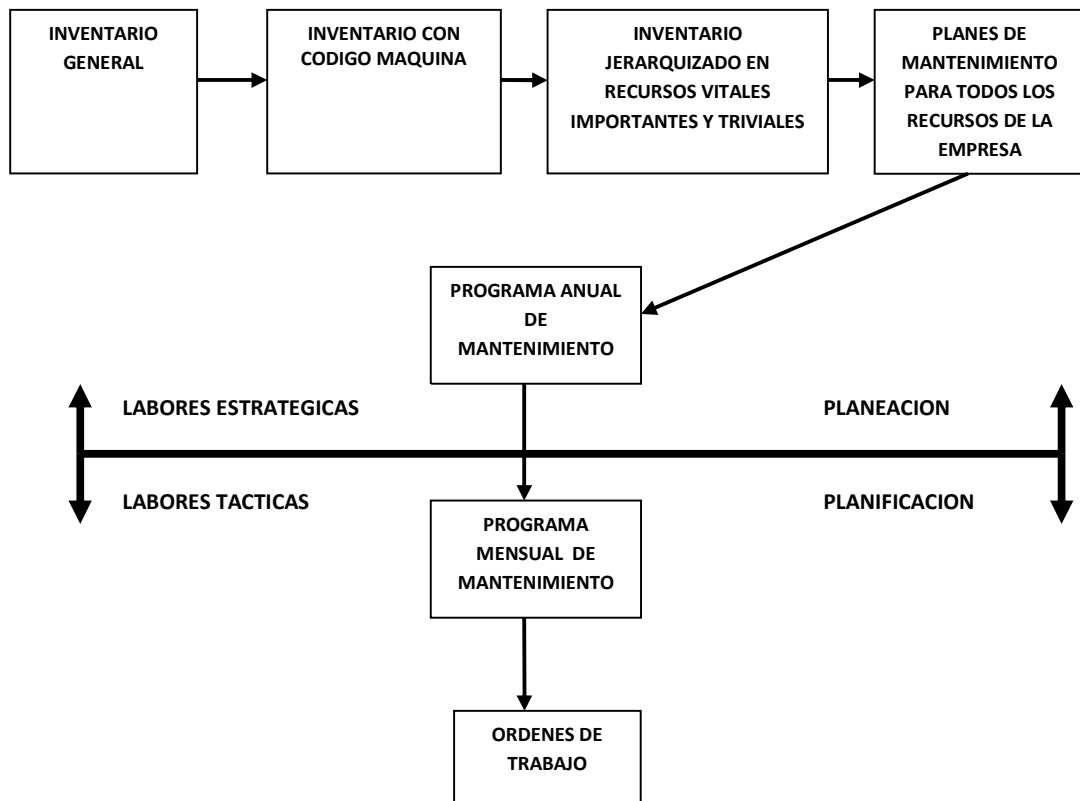
Los indicadores que nos muestran el grado de madurez de una empresa para la administración de sus recursos físicos son los siguientes:

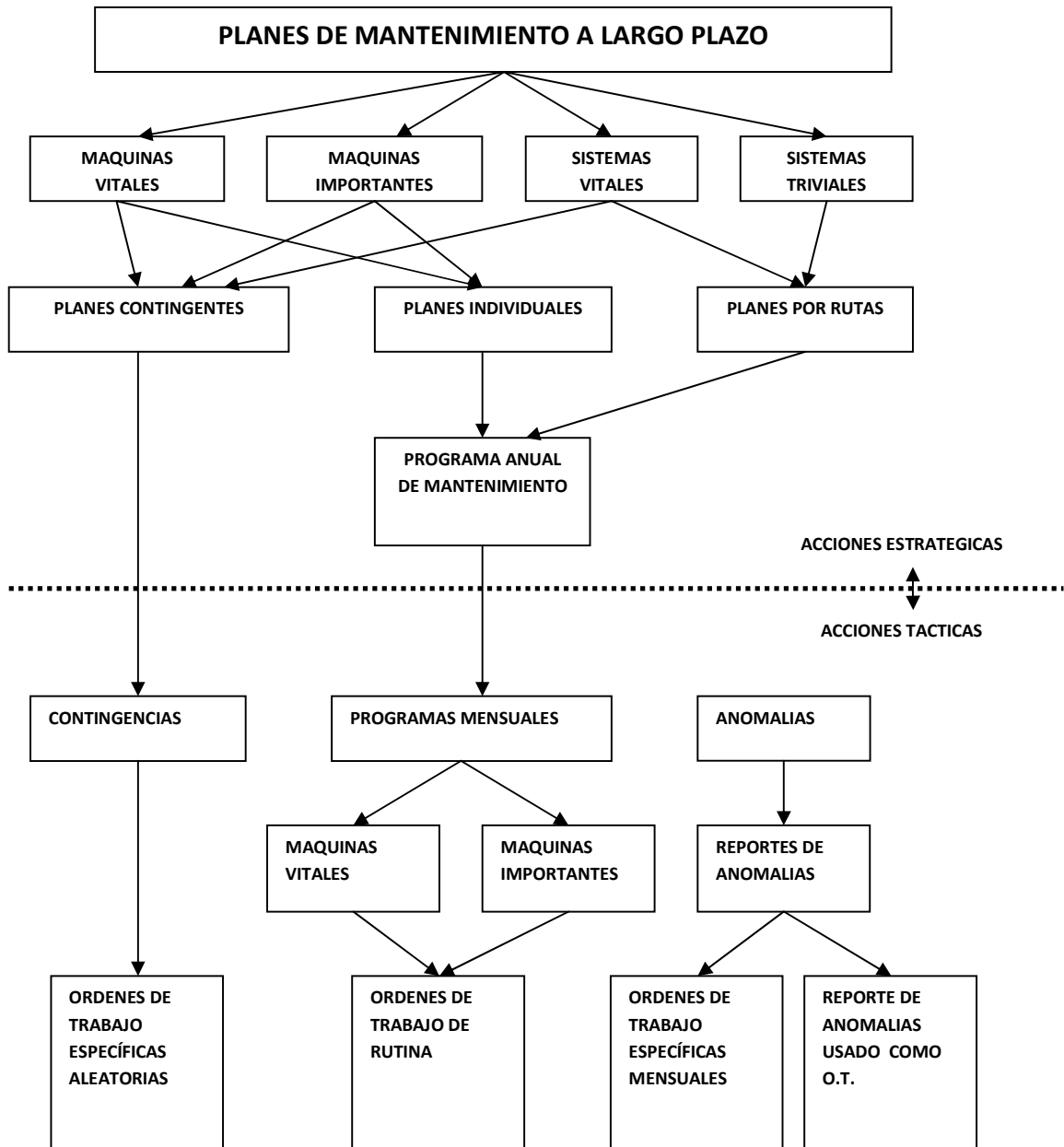
1. **RELACIONES HUMANAS ENTRE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO**
2. **PLANEACION DEL MANTENIMIENTO**
3. **CULTURA DEL MANTENIMIENTO**

REINGENIERIA DE MANTENIMIENTO

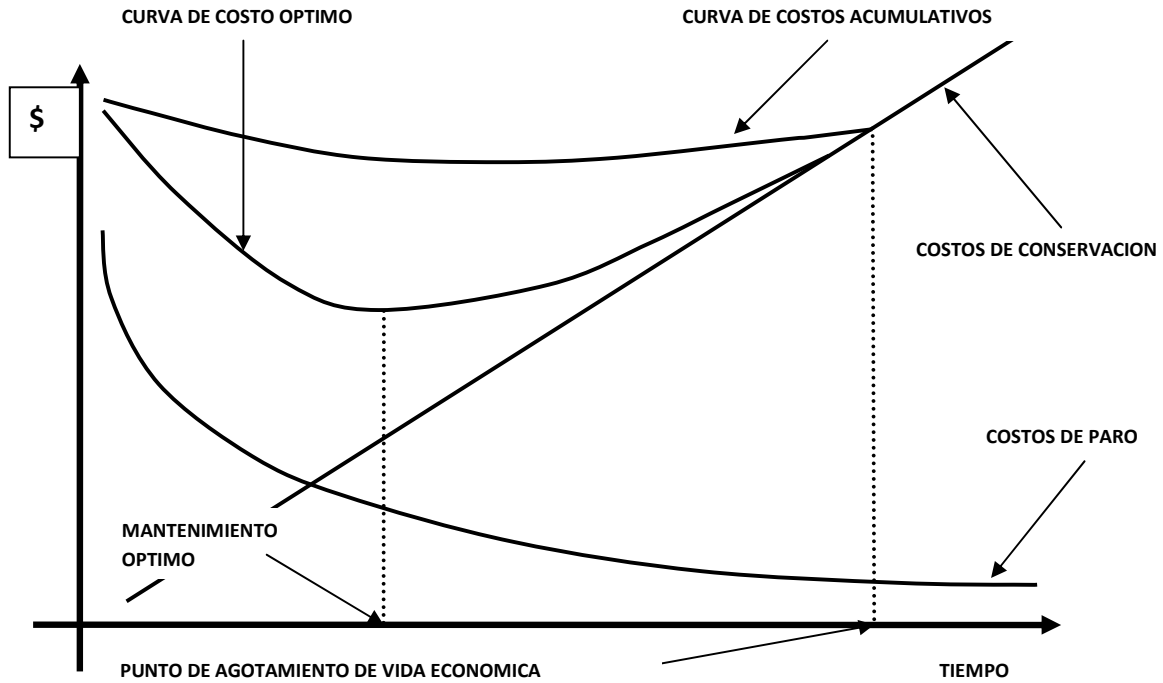
INVENTARIO JERARQUIZADO DE RECURSOS FISICOS

LA JERARQUIZACION DE RECURSOS A MANTENER NOS PERMITE RACIONALIZAR EN GRADO SUMO LA PLANEACION DEL MANTENIMIENTO EN TODA LA EMPRESA.





COSTO OPTIMO DE CONSERVACION



Los departamentos de conservación de la mayor parte de nuestras empresas carecen de un sistema de control que les permita orientar al personal de plantación de la conservación, sobre el grado económico de los trabajos que día a día se están llevando al cabo. Como es sabido, la calidad del servicio que debe proporcionarnos un recurso (equipo, instalación o construcción), está ligada fundamentalmente al costo – beneficio que se obtiene mediante las labores o cuidados que le suministren al recurso en cuestión; mientras mayor sea el número y calidad de dichas labores el funcionamiento del recurso será mejor, hasta llegar a cierto límite que será abordado más adelante.

Cualquier método que se emplee para determinar la cantidad y calidad de las labores que deben proporcionarse, está sujeto a una serie factores, tales como, la calidad de servicio que debe suministrarse al cliente, el tipo de empresa, la habilidad de su personal de conservación y producción, la obsolescencia de sus equipos, la calidad de los mismos, etc.

Para obtener un punto confiable de referencia, es necesario conocer dos factores:

1. Los Costos de Conservación

2. Los Costos de Tiempo de Paro

La interacción de estos nos da el **costo combinado**, y este nos muestra cual es el **costo mínimo de conservación**.

Llamamos **costos de tiempo de paro** a los incurridos por un funcionamiento **fuera de la calidad estipulada** de una máquina, instalación o construcción, a cargo del departamento de conservación, y en ellos se toma en cuenta lo siguiente:

- A. Producción perdida. Aquí debe considerarse el valor de lo que se dejó de percibir por haber quedado el recurso fuera de la calidad de servicio estipulada.
- B. Desperdicio y reelaboración. En este caso consideramos el valor del producto que se hecho a perder o que es necesario reelaborar por estar funcionando mal el recurso, restándole todo aquello que pueda recuperarse.

Deterioro del equipo, instalación o construcción. Aquí consideramos la depreciación excesiva del recurso causada por la mala calidad de la mano de obra de conservación o de operación.

RIME

El **índice RIME (Ranking Index for Maintenance Expenditure)** fue desarrollado por Ramond & Associates Inc. Algunos autores también le llaman **ICGM (Índice de Clasificación para los Gastos de Mantenimiento)**. El **RIME** es una herramienta que permite clasificar los gastos de mantenimiento interrelacionando los recursos sujetos a estos trabajos, con la clase o tipo de trabajo por desarrollar en ellos.

Las aplicaciones para las que sirve este índice **RIME** son:

- a- Jerarquización de la expedición de las órdenes de trabajo de mantenimiento de acuerdo a su importancia relativa.
- b- Elaboración racional del presupuesto anual para los gastos de conservación.
- c- Conduce y orienta mediante el código máquina, a la clasificación de los equipos, instalaciones y construcciones de la empresa, permitiendo que estos sean clasificados como **“críticos”, “importantes”** o **“triviales”**, y por consecuencia definir el tipo y cantidad de trabajo de mantenimiento que se les debe proporcionar.

Este índice está integrado por los siguientes factores **código máquina** y el **código trabajo**.

1. **Código máquina. aquel que identifica a los ítems por atender (equipos instalaciones y construcciones) de acuerdo a la importancia de su falla.**
2. **Código trabajo. Aquel que identifica cada tipo de trabajo a l que se sujetan dichos recursos de acuerdo con sus costos.**

El RIME entonces se obtiene de la multiplicación de estos dos factores. Por tanto, tenemos:

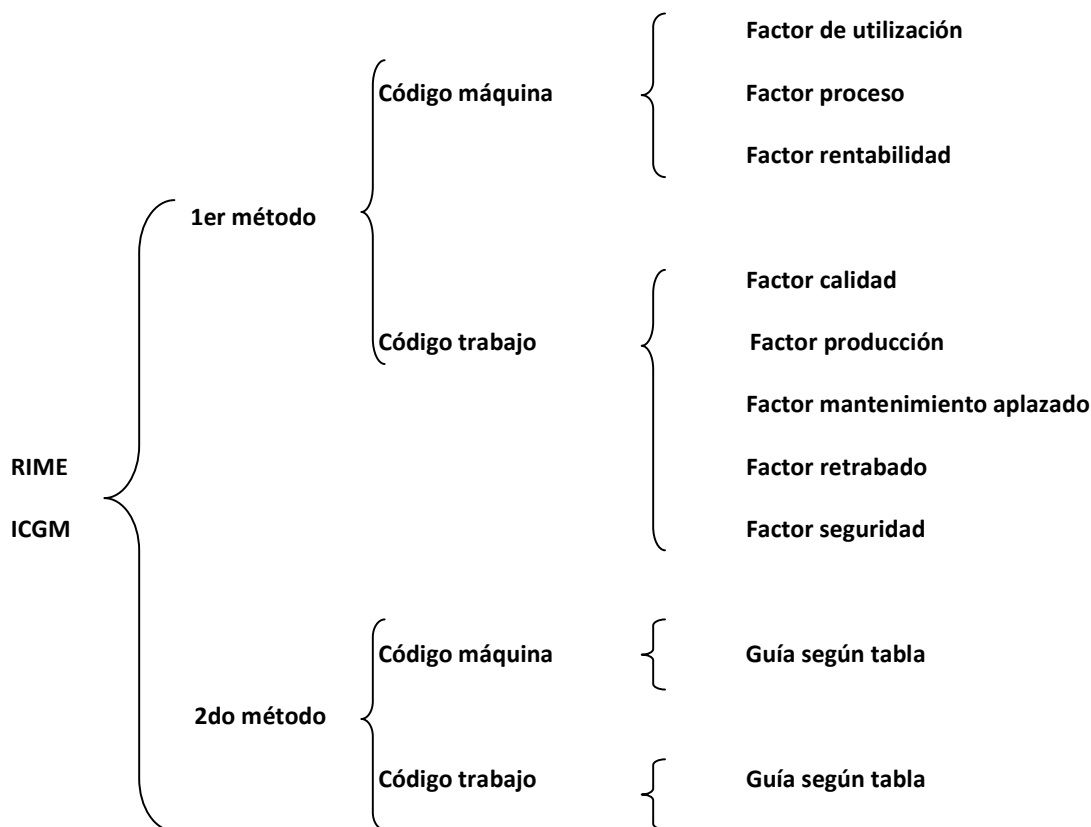
INDICE RIME = Código máquina X Código trabajo.

Existen dos métodos para utilizar el RIME:

En el primer método el ítem (equipo, instalación, edificio.) se le estudian tres componentes para generar el código máquina el porcentaje de utilización el de rentabilidad y el factor de proceso.

Al Código trabajo se le estudian sus costos por pérdida de calidad de producción, de mantenimiento aplazado, por retrabado y por seguridad.

En el segundo método es más sencillo en algunos casos (para jerarquizar el inventario de conservación se requiere contar con archivos históricos y confiables), y consiste en la recreación de dos tablas código máquina y código trabajo según se muestra en las figuras 1 y 2.



Para poder establecer cualquiera de estos dos métodos en la empresa, se requiere estructurar un comité compuesto por personas conocedoras de las funciones de mantenimiento, producción y finanzas, estos tres tipos de especialidades deben tenerse presentes durante todo el tiempo que dure la elaboración del sistema **RIME** y para sus posteriores actualizaciones.

Estudiando el método simplificado.

En el segundo método, el primer paso a dar es que el comité estudie a fondo las tablas de criterios que deben seguirse para calificar el equipo (ver figura 1 criterios para la elaboración del código máquina) y para calificar el trabajo (ver figura 2 criterios para la elaboración del código trabajo).

Al analizar la tabla del código máquina, se puede observar claramente que la calificación más alta (10) se asigna a los artículos que proporcionan el servicio más importante del cual no se puede prescindir y esta va descendiendo de acuerdo a la menor importancia que el producto o servicio que nos está suministrando el ítem.

FIGURA 1 CRITERIOS PARA LA ELABORACION DEL CODIGO MAQUINA

CODIGO MAQUINA	CONCEPTO
10	Recursos vitales. Aquellos que influyen en más de un proceso o cuya falla origina un problema de tal magnitud que la alta dirección de la empresa no esta dispuesta a correr riesgos. Por ejemplo líneas de distribución de vapor, gas, aire, calderas, hornos, subestación eléctrica.
9	Recursos importantes. Aquellos que aunque están en la línea de producción sus función no es vital, pero sin ellos no puede operar adecuadamente el equipo vital y, además no existen máquinas redundantes o de reserva, tales como montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción, etc.
8	Recursos duplicados situados en la línea de producción, similares a los anteriores (9), pero de los cuales existe reserva.
7	Recursos que intervienen en forma directa en la producción, tales como: dispositivos de medición para control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales, máquinas de inspección, etc.
6	Recursos auxiliares de producción sin reemplazo, tales como: equipo de aire acondicionado para el área de pruebas equipos móviles, equipo para surtir materiales en almacén, etc.
5	Recursos auxiliares de producción con reemplazo, similares al punto anterior pero que si tienen reemplazo.
4	Recursos de embalaje y pintura, tales como: compresoras, inyectoras de aire, máquinas de pintura de acabado final, y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que además, se tenga reemplazo.
3	Equipos generales, unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicio, etc.
2	Edificios para la producción y sistemas de seguridad, alarmas, pasillos, almacenes, calles, estacionamiento, etc.
1	Edificios e instalaciones estéticas. Todo aquello que no participa directamente en la producción : jardines, campos deportivos, sanitarios, etc.

La tabla código máquina que de aquí resulte, en principio tendrá un gran parecido con esta pero lo que va a cambiar son los ejemplos que vamos a poner en cada uno de los diez puntos que la forman ya que el comité tiene que diseñarlas de acuerdo a las necesidades de la fábrica, el tipo de esta, sus recursos, sus procesos de fabricación y en suma, todo aquello que la singularice; no se tendrían resultados si se trata de adaptar una tabla código máquina de otra empresa a la propia.

Al analizar la tabla del código trabajo, se puede observar que la calificación más alta (10) se asigna a los trabajos que originan mayor costo (por pérdida de calidad, de producción, de mantenimiento aplazado, por retrabado y por seguridad) y esta va descendiendo de acuerdo a la menor importancia del costo.

FIGURA 2 CRITERIOS PARA LA ELABORACION DEL CODIGO TRABAJO

CODIGO TRABAJO	DESCRIPCION DE TRABAJOS POR EFECTUAR
10	Paros: Todo aquello que se ejecute para atender las causas de perdida del servicio de la calidad esperada, proporcionado por las máquinas, instalaciones y construcciones, vitales e importantes. O aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar pérdidas de vidas humanas o afectaciones a la integridad física de los individuos.
9	Accione preventivas urgentes: todo trabajo tendiente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el punto anterior (10) y que pudieran haber surgido por inspecciones, pruebas, avisos de alarmas, etc.
8	Trabajos de auxilio a producción: Modificaciones tendientes a optimizar la producción o surgidas por cambios de producto o por mejorar el mismo. Etc.
7	Acciones preventivas no urgentes: Todo trabajo tendiente a eliminar a largo plazo los paros o conceptos analizados en el punto (10); lubricación, atención de desviaciones con consecuencias a largo plazo, trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva, etc.
6	Acciones preventivas generales: Todo trabajo tendiente a eliminar paros, acciones preventivas urgentes, acciones preventivas no urgentes y que no hayan visualizado posibles fallas.
5	Accione rutinarias: Trabajos en máquinas o equipos de repuesto, en herramientas de mantenimiento y en atención a las rutinas de seguridad.
4	Acciones para mejoría de la calidad: todo trabajo tendiente a mejorar los resultados de producción y de mantenimiento.
3	Acciones para la disminución del costo: Todo trabajo tendiente a minimizar los costos de producción y mantenimiento y que no este considerado en ninguna de las anteriores categorías (mejora del factor de potencia eléctrica en la fábrica, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en verano, etc.)
2	Acciones de salubridad y estética: Todo trabajo tendiente a asegurar la salubridad y mantenimiento de muebles e inmuebles y en donde el personal de limpieza no puede intervenir, debido a los riesgos o delicadeza del equipo por atender (pintura, aseo o desinfección de lugares como subestación eléctrica, salas de computación, etc.).
1	Acciones de aseo y orden: Trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones del departamento de mantenimiento.

La tabla código trabajo que de aquí resulte, también tendrá un gran parecido con esta pero va a tener ponderados los trabajos de acuerdo con su tipo y costo para nuestra propia empresa.

Ahora el comité levanta un inventario de ítems que contenga, todo lo que debe ser atendido para asegurar un funcionamiento adecuado de la empresa. Aquí aparecerá todo tipo de máquinas, edificios, jardines, caminos, etc.

El comité llevará a cabo las juntas que sean necesarias, a fin de analizar cada una de las unidades contenidas en el inventario y a la luz del código máquina de nuestra empresa se darán valores de acuerdo con su importancia relativa.

JERARQUIZACION DEL INVENTARIO A CONSERVAR

Al inventario así calificado se le aplicará el principio de pareto para poder conocer cuales son las máquinas vitales y las más importantes ya que las triviales que son la mayoría (aproximadamente el 80%) las trataremos siempre con mantenimiento correctivo programado.

De aquí se desprende el inventario jerarquizado cuyo ejemplo se muestra abajo.

EJEMPLO DE INVENTARIO JERARQUIZADO POR CODIGO MAQUINA

RECURSOS POR MANTENER	NUM. IDENTIF.	CODIGO MAQUINA	% ACUM	CLASIF.
Sistemas para extinción de incendios	SCI501	10	6/30	VI
Compresor 100 H.P.	CA221	10	=	TA
Subestación eléctrica	SE001	10	20.0%	LES
Chiller Titan	CT120	9		
Chiller Trane	CTR008	9		
Chiller portátil	CP010	9		
Extrusora 1	EXT1	8	3/30	IM
Extrusora 2	EXT2	8	= 10%	POR
Extrusora 4	EXT4	8		TANTES
Unidad de prueba estadística de ajustes	PE222	6	21/30	
Transportador almacén	TA023	6	=	
Montacargas	M183	5	70.0%	T
Soldadora ultrasonica	SA016	5		
Andamios electromecánicos	A012	4		
Bomba de vacío Leybolt 1	BV023	4		R
Bomba de vacío Leybolt 2	BV024	4		
Bomba de vacío BUSH	BV025	3		
Camioneta de entrega	C018	3		I
Selladoras para corte 1	S/N	3		
Selladoras para corte 2	S/N	3		V
Selladoras para corte 3	S/N	3		
Selladoras para corte 4	S/N	2		
Selladoras para empaque 1	S/N	2		I
Selladoras para empaque 2	S/N	2		
Selladoras para empaque 3	S/N	2		
Selladoras para empaque 4	S/N	2		A
Oficinas Generales	O123	2		
Alarmas de seguridad	S/N	1		L
Equipo colector de polvo	S/N	1		
Lámparas de patio de carga	S/N	1		E
				S
TOTALES	30		100%	

En este orden de ideas ahora tenemos el trabajo completo del comité y lo constituyen tres documentos principales.

A- Tabla de criterios de la empresa con el código máquina Fig. 1

B- Tabla de criterios de la empresa con el código Trabajo Fig. 2

C- Inventario jerarquizado con el código máquina Fig. 3

Por último, se hace notar que los códigos **RIME** no son constantes durante toda la vida útil de las máquinas, ya que estas pueden cambiar de labor, de producto, de volumen de producción y en fin, tener cualquier cambio que aumente o disminuya la importancia y calidad del producto o servicio que deben proporcionar. Se debe hacer una publicación mensual sobre la variación de los códigos; este es un trabajo sencillo y que produce la continuidad necesaria para contar con un **RIME** confiable.

Otra de las aplicaciones de este sistema es la elaboración racional de nuestro presupuesto anual para los gastos de mantenimiento. Esto se explica fácilmente, si consideramos que si por estudios económicos nuestra Dirección General determinó disminuir el presupuesto de gastos de mantenimiento en un X %, esto nos obligará a considerar los trabajos calificados con los RIME más altos, hasta que estos agoten el presupuesto autorizado.

A fin de facilitar la aplicación del RIME, es recomendable tener anotado el código máquina en las tarjetas de registro de las máquinas y el código trabajo estará en forma de lista, y ambas a disposición del responsable de expedir las órdenes de trabajo de mantenimiento. Por lo que respecta a los ítems vitales y algunos importantes es muy útil que estos tengan marcado su correspondiente código máquina para que todo el personal de producción y mantenimiento extreme su cuidado al intervenir en ellas.

La importancia del **RIME** exige que la Dirección General de la empresa este convencida e involucrada en la adopción de este procedimiento de trabajo y es necesario que ella autorice la documentación presentada por el comité a fin de darle el valor de una orden que todos los involucrados deben de obedecer.

RAZONES

- 1.** El servicio que estos surten no causa impacto sobre la productividad y calidad del producto.
- 2.** Es más económico atender su conservación por rutas que en forma aleatoria; ya que la ejecución de por ejemplo una sola orden de trabajo expedida para atender una ruta a fin de hacer el cambio de lámparas, balastros, apagadores y contactos, la cual por razón natural solo tiene un tiempo de preparación y uno de terminación es más adecuado que atender a estos eventos cada vez que se suceden, lo cual nos obligará a emitir en cada caso una orden de trabajo por cada evento o en su defecto trabajar con “Ordenes de Trabajo Abiertas”, pero en ambos casos se multiplicaran los tiempos usados para la preparación y terminación del trabajo.
- 3.** La economía impacta en forma considerable a toda empresa pues los recursos triviales representan más de 70% de sus enseres por conservar.

CAPITULO IV

PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

- Saturación de las cargas de trabajo
- Reglas de programación
- Indicadores de programación

SATURACION DE CARGA DE TRABAJO

METODOLOGIA

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION

El primer paso consiste en llevar una reunión con el jefe del área estudiada con objeto de explicar el objetivo del proyecto así como el procedimiento a utilizar en el desarrollo del mismo. Al mismo tiempo se recaba la estructura del área así como el número de puestos y personas que la integran.

Después de seleccionado el personal se llevan a cabo las entrevistas con las personas que ocupan los puestos en los cuales se registran las actividades y demás información complementaria en el formato diseñado para tal fin y que se muestra más adelante.

Determinación de las frecuencias y tiempos estándar. La determinación de los tiempos estándar se realiza de la siguiente forma.

Se suman las lecturas cronometradas y se obtiene el promedio. Al tiempo anteriormente determinado se le nivela de acuerdo a la eficiencia (ritmo de trabajo) con que se haya ejecutado la operación (aplicación del factor de valorización de la actuación), de esta forma se ajusta el tiempo al 100% de eficiencia y al resultado se le llama "Tiempo Ajustado Neto", es decir es el tiempo que una persona con habilidad /esfuerzo promedio le debe llevar en ejecutar dicha operación **SIN DESCANSO**.

Ejemplo:

Si un mecánico, requirió 065 minutos para realizar una operación y esta la ejecutó a un ritmo de trabajo de 80% entonces el tiempo de trabajo neto es $0.65 \times 0.80 = 0.52$ minutos.

El tiempo obtenido anteriormente lo tenemos que ajustar a la eficiencia que hemos establecido como "**Normal**" para trabajos de mano de obra indirecta y que es de 75%, es decir al tiempo ajustado neto obtenido en el ejemplo anterior se debe dividir entre la eficiencia establecida como normal ($0.52 / 0.75 = 0.69$) y de esta manera obtenemos el "**Tiempo Normal**", que es el tiempo para ejecutar la operación trabajando a un 75% y sin concesiones.

Finalmente al tiempo calculado anteriormente se le deben agregar las concesiones **P.D.S.** para obtener el tiempo estándar. Para este ejemplo es de 13% y por lo tanto el Tiempo Estándar es $0.69 \times 1.13 = 0.779$ minutos.

En resumen las fórmulas y nomenclaturas para el cálculo de Tiempos estándar son las siguientes:

$$TP = TL/NL$$

$$TAN = TP \times FN$$

$$TN = TAN / 0.75$$

$$TS = TN \times 1.13$$

Donde:

TL = Suma de Tiempos Cronometrados

NL = Número de lecturas registradas

TP = Tiempo Promedio

FN = Factor de Nivelación

TAN = Tiempo Ajustado Neto

0.75 = Eficiencia establecida como normal para este estudio

1.13 = Factor por concesiones P.D.S.

TS = Tiempo Estándar

Las frecuencias se determinan de dos formas

1. Se elabora su determinación por medios estadísticos con la información que cuentan las áreas estudiadas y que son generadas como consecuencia del desarrollo de las funciones y actividades normales. Tales registros, reportes, listados, archivos, etc. Estas fueron seleccionadas, agrupadas y analizadas para determinar las frecuencias de acuerdo a la prioridad requerida.

2. Por estimación conjunta con el responsable del área o de las personas de los puestos estudiados. Aquí podemos citar los que se dan con motivo de trabajos especiales, esporádicos etc. Y de los cuales no se tienen registros.

Integración de puestos. La siguiente fase es la integración de los resultados de cada puesto y se realiza en el formato "Descripción de Funciones" en la cual se registran las funciones en orden secuencial de cómo se desarrolla el trabajo en el puesto (dentro de lo posible) adecuando las frecuencias por día o en su equivalente diario cuándo son frecuencias que se realizan con otras frecuencias (semanal, mensual, anual, etc.) La multiplicación de las frecuencias por su respectivo tiempo unitario nos permite calcular el tiempo diario requerido para el desarrollo de cada actividad (en minutos).

Determinación de cargas de trabajo y personal necesario.

Para el cálculo de la carga de trabajo simplemente basta dividir la suma de los minutos requeridos por día en cada puesto entre los minutos disponibles por día y multiplicar el resultado por 100. Para obtener la carga de trabajo en porcentaje, debido a que el personal de mano de obra indirecta representa complejidades por su evaluación se estableció que un 90% de saturación de la carga de trabajo es un índice aceptable y fue el que se utilizó en este estudio, ya que por otra parte el 10% restante compensa situaciones especiales como pueden ser repeticiones parciales de trabajo, actividades de frecuencia y tiempo difícilmente definibles, etc. De esta forma el personal requerido y su carga de trabajo correspondiente a diferentes niveles de producción bastará con una regla de tres simple para proyectar las funciones variables de del puesto hasta los niveles deseados para obtener los minutos requeridos y de esta forma realizar nuevamente el cálculo de personal necesario y su carga de trabajo respectiva.

Es importante por tanto reconocer que para cualquier nivel de producción Base se están considerando estas cargas de trabajo.

Reasignación de funciones y balanceo de cargas de trabajo.

Una vez determinadas las cargas de trabajo y personal necesario es factible en algunos casos realizar una reasignación de funciones entre puestos afines para efecto de del balanceo de las cargas de trabajo y como consecuencia de esto también es posible una fisión de puestos desapareciendo uno de estos. Las limitaciones y consideraciones son las siguientes:

- Situación sindical, es decir tomar en cuenta la repercusión de un puesto sindicalizado y si es posible la propuesta.
- Que los puestos sean de la misma área.

- Que las funciones reasignadas sean compatibles y afines en cuanto a responsabilidad, ejecución y categoría del puesto.
- Que la fusión de puestos o reasignación de funciones no afecte negativamente el funcionamiento del área estudiada.

En caso de que la fusión de puestos o reasignación de funciones genere actividades adicionales, estas deberán evaluarse para efecto de que estén incluidas en las nuevas cargas de trabajo.

Determinación de factores para el cálculo de cargas de Trabajo. Los factores utilizados para el cálculo de las cargas de trabajo son las siguientes:

- Concesiones **P.D.S.**
- Eficiencia establecida como normal para mano de obra indirecta.
- Porcentaje máximo de saturación de las cargas de trabajo.
- Total de minutos disponibles.
- Total de días considerados como laborables por semana, mes y año.

Para efecto de explicación se describe en el orden mencionado con anterioridad.

Concesiones P.D.S. Este concepto incluye las tolerancias que se otorgan por concepto de **(P) necesidades Personales, (D) Descanso por el esfuerzo requerido en la actividad y (S) Suplementarios que se utilizan para compensar imprevistos.** A este respecto es importante mencionar que debido a que los tiempos están determinados para la ejecución de una actividad una sola vez, es decir en la práctica, este tipo de situaciones se cubre por el concepto denominado Suplementarios. Como ejemplo podemos mencionar que al sacar copias se cronometra desde que se prepara el material, se traslada la persona hasta la copiadora, saca las copias y regresa a su lugar, sin embargo durante la operación puede sufrir contratiempos como en el caso de que se le caigan, sacar una copia de más por equivocación etc. El concepto de suplementarios no cubre obviamente otro tipo de contratiempos que con cierta frecuencia se presentan en la práctica y que

generalmente son de mayor duración. Para cubrir este tipo de contratiempos se estableció una saturación máxima para las cargas de trabajo del 90%.

Las concesiones PDS son tolerancias que se agregan al tiempo normal y cuyo desglose y cálculo para este estudio es el siguiente:

P = Concesiones por necesidades personales.

D = Concesión por Fatiga.

S = Concesión por suplementarios debido a actividades a cíclicas.

El tiempo estándar calculado y que incluye las concesiones PDS es tal que lo que puede mantener una persona con habilidad y esfuerzo promedio para realizar una actividad a lo largo de una jornada de trabajo normal.

$$\mathbf{PDS = P + D + S}$$

$$\mathbf{D = (I + II) III + IV}$$

Donde:

$$\mathbf{P = 4\%}$$

$$\mathbf{S = 3\%}$$

$$\mathbf{I = 1.3\%}$$

$$\mathbf{II = 3.0\%}$$

$$\mathbf{III = 1.0\%}$$

$$\mathbf{IV = 1.5\%}$$

$$\mathbf{D = (1.3 + 3.0)1 + 1.5 = 5.8\%}$$

Por lo tanto

$$\mathbf{PDS = 4 + 5.8 + 3 = 12.8\% = 13\%}$$

$$\mathbf{PDS = 13\%}$$

Eficiencia normal. Basados en la experiencia hemos establecido que para los trabajos de mano de obra indirecta, a un ritmo de trabajo del 75% es considerado como normal puesto que por tratarse de actividades relativamente repetitivas no podemos esperar una eficiencia uniforme y constante como sucede en el caso de la mano de obra directa, en la cual por la naturaleza de las actividades se puede llegar a tener alta eficiencia.

Porcentaje Máximo de Saturación de las cargas de Trabajo. Debido a que existen situaciones “especiales “ de trabajo de duración irregular y frecuencia indefinida, las cuales no se alcanzan a cubrir con el porcentaje otorgado por la tolerancia correspondiente; es por ello que hemos estimado que un 90% de saturación de carga de trabajo es un buen índice para cubrir estas situaciones en el caso particular que nos trata.

Minutos Disponibles. Los minutos disponibles utilizados para los estudios generalmente son calculados por el departamento de ingeniería industrial.

Primer turno = 510 minutos disponibles /persona/día

Segundo turno 480 minutos disponibles/persona/día

Para efectos del estudio y aplicados a las áreas bajo estudio, estos trabajan normalmente primero y segundo turnos.

La formula para determinar la carga de trabajo es la siguiente:

$\%CT = (\text{Minutos Requeridos}/\text{Minutos Disponibles}) \times 100$

Recordemos que los minutos requeridos son los que se necesitan para ejecutar las actividades originadas en un periodo determinado (día, semana, mes, año etc.) y se obtiene de multiplicar el tiempo unitario de cada una de las funciones por la frecuencia respectiva, los minutos requeridos en nuestro caso aplicando la formula están referidos a día. Se puede utilizar cualquier otro periodo para llegar al mismo resultado, pero teniendo cuidado de referir los minutos disponibles al mismo periodo.

Total de Días considerados como laborables por semana, mes, y año. De acuerdo a la información obtenida del calendario oficial de trabajo de la empresa, para efectos de cálculo de cargas de trabajo hemos considerado lo siguiente:

242 Días laborables por año.

20.166 Días laborables/mes (242/12 meses)

4.65 días laborables/semana (de Lunes a Viernes)

Debido a que la mayoría de los cálculos en la práctica se manejan con números decimales, esto no debe preocuparnos puesto que las diferencias son despreciables.

ANEXOS

I CONCESION POR ESFUERZO MENTAL

CONCEPTO	VALOR
<i>POCO</i>	<i>0.8</i>
<i>REGULAR</i>	<i>1.3</i>
<i>MUCHO</i>	<i>3.0</i>

II CONCESION POR ESFUERZO FISICO

CONCEPTO	VALOR
<i>MUY POCO</i>	<i>1.0</i>
<i>POCO</i>	<i>3.6</i>
<i>REGULAR</i>	<i>5.4</i>

MUCHO	7.2
DEMASIADO	9.0

**III PORCENTAJE DEL TIEMPO DE ESPERA DEL
OPERARIO RESPECTO AL TIEMPO TOTAL DE
LA OPERACION**

%	FACTOR
0 – 5	1.00
6 – 10	0.90
11 – 15	0.80
16 – 20	0.71
21 – 25	0.61
26 – 30	0.54
31 – 35	0.45
36 – 40	0.39
41 – 45	0.32
46 – 50	0.25
51 – 55	0.20
56 – 60	0.15

**IV CONCESIONES POR MONOTONIA
TIEMPO DE CICLO DE CADA OPERACION**

M – CICLO	%
0.00 – 0.05	7.8
0.06 – 0.25	5.4

<i>0.26 – 0.50</i>	<i>3.6</i>
<i>0.51 – 1.00</i>	<i>2.1</i>
<i>1.01 – 4.00</i>	<i>1.5</i>
<i>4.01 – 8.00</i>	<i>1.0</i>
<i>8.01 – 12.00</i>	<i>0.6</i>
<i>12.01 – 16.00</i>	<i>0.3</i>
<i>MAS DE 16</i>	<i>0.1</i>
<i>CICLO NO DETERMINADO</i>	<i>1.0</i>

REGLAS DE PROGRAMACION

- Como bien saben, todos los presupuestos resultantes de la planeación son susceptibles a ser usados como referencia para el control, pero se debe recordar que el abuso de datos hace perder objetividad; por tanto es necesario establecer solamente los indicadores de control necesarios y adecuados, para que proporcionen la información que nos permita el uso oportuno de acciones correctivas; esta información debe tener características tales como:
 - **Confiable.**
 - **Periódica.**
 - **Fácilmente interpretable.**
 - **Debe proporcionar datos comparativos.**

No hay que olvidar que los indicadores de control tienen la misión única de mostrar tendencias de desempeño con respecto a los presupuestos escogidos y es conveniente que puedan usarse combinadamente, ya que en forma unitaria proporcionan información muy deficiente; los indicadores de control se catalogan en:

1 Carga de trabajo

2 De planeación

Indicadores de control

3 De productividad

Indicadores de carga de trabajo.

Estos informan todo lo relativo al trabajo de conservación programado que tienen el departamento y que está representado por las rutinas y órdenes de trabajo elaboradas por el centro de planeación y control; su común denominador es el tiempo u horas – hombre con que se califica cada uno de los documentos arriba mencionados. El trabajo puede estar colocado en cualquiera de los siguientes eventos:

. **Trabajos programados:** Se deben considerar aquí todos los trabajos existentes, independientemente de que estén en espera de ser asignados, en proceso, rezagados o interrumpidos, ya que es necesario reprogramar los que por cualquier causa tengan problemas de ejecución, tomando nuevas fechas en las cuales se considere posible ejecutarlos, de otra forma se caería en el hecho de que todo trabajo no programado sale automáticamente del control.

. **Trabajos en espera de ser asignados.** Son trabajos que no se pueden poner en proceso por falta de mano de obra, materiales, herramientas o tiempo ocioso del recurso por atender.

. **Trabajos en proceso.** Se consideran todos los trabajos que se están llevando a cabo, para los cuáles existe todo lo necesario para seguir desarrollándolos; es conveniente tener un remanente correspondiente a dos o tres semanas-cuadrilla para cubrir fluctuaciones que de otra manera ocasionarían pérdidas en mano de obra.

. **Trabajos rezagados.** Son trabajos que por motivos imprevistos van efectuándose con una programación más lenta que la esperada.

. **Trabajos interrumpidos.** Se consideran aquellos trabajos que por cualquier causa tuvieron que interrumpirse y quedaron en la espera de la solución del problema que les permita continuar su proceso.

. **Trabajos terminados.** Son los trabajos que han llegado felizmente a su término y solo esperan ser documentados (requisitados)

. **Trabajos requisitados.** Son aquellos trabajos terminados y que ya han cumplido con los requisitos contables necesarios y que quedarán archivados para posibles aclaraciones o toma de datos estadísticos.

Indicadores de programación

Indicadores de planeación

. Estos indicadores permiten detectar la eficacia de nuestra planeación del trabajo, basándose en la interrelación de carga de este.

Nivel del cumplimiento de la planeación (%) = trabajos ejecutados/trabajos programados x 100

Eficacia en la planeación (%) = Hr-Hm Reales/ Hr-Hm Proyectadas x 100

FLOAT TIME RATIO (FTR)

Teniendo codificado cada equipo por su respectivo código máquina. Una vez que se recibe una orden de trabajo se codifica el trabajo y la multiplicación de ambos códigos como se había mencionado en RIME, nos dará el orden de expedición de las órdenes de trabajo.

Evaluación de Reglas de programación.

1. Nivel de trabajo pendiente en horas hombre.
2. Nivel de trabajo pendiente en trabajos.
3. Nivel trabajo pendiente en actividades.
4. Atraso en horas hombre.
5. Atraso en trabajos.

FTR = MARGEN / TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO

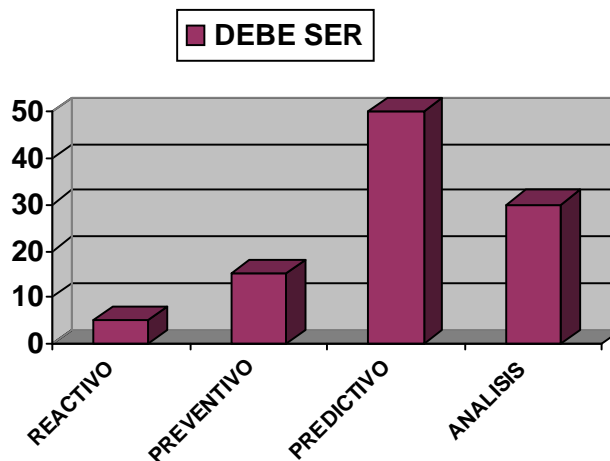
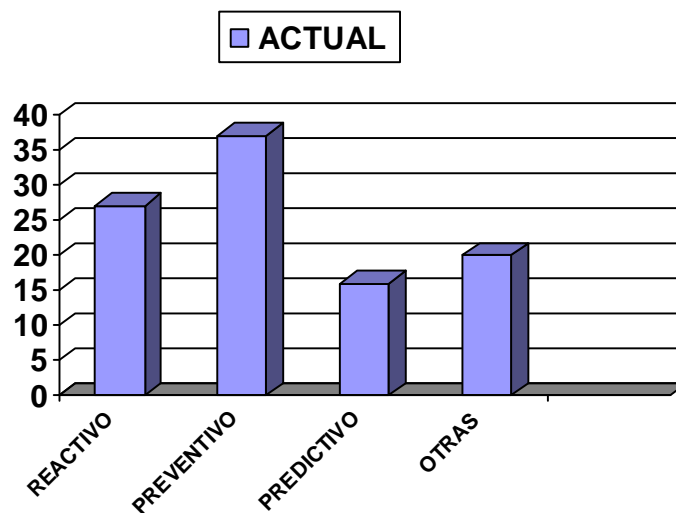
1. Si los trabajos A y B tienen diferentes FTR; programe primero el trabajo con FTR más bajo.

2. Si estos tiene el mismo FTR; programe primero el trabajo con la mayor cantidad de horas-hombre.
3. Si estas tiene además del mismo FTR, el mismo número de horas-hombre programe primero aquel con el mayor número de actividades.

Estratificación de prioridades recomendadas

Prioridad 1	Emergencias 5%
Prioridad 2	Urgencias 15%
Prioridad 3	Rutina 80%

Estratificación de prioridades



CONCLUSIONES

Este trabajo tiene como finalidad presentar las bases para una planeación desde un punto de vista del mantenimiento, involucrando a todos los departamentos para hacer mas efectiva la aplicación de nuestro plan maestro de mantenimiento, además de contar con el respaldo de todos y cada uno de los departamentos de la empresa.

Además de alcanzar un nivel más óptimo en el aprovechamiento de los recursos materiales (maquinaria y equipo), materias primas pues se reducen considerablemente los desperdicios por ajustes de arranque o cambio.

Este proyecto tendrá alcances diferentes entre cada planta pues depende de la capacidad de liderazgo que tengan el Gerente o Jefe de mantenimiento; para poder vender a la Dirección, que esta es una propuesta adecuada y rentable que tendrá como resultado el incremento en la producción y calidad del producto final; aunado a un aprovechamiento más óptimo del potencial que posee el personal de mantenimiento. Y reforzando con esto el trabajo en equipo entre todos los departamentos de la empresa.

Bibliografía.

Taller de planeación estratégica y programación del mantenimiento industrial.

Ing. Carlos López de León

Sistemas Integrales de Mantenimiento.

Organización y gestión del mantenimiento

García Garrido Santiago

Madrid

Díaz de Santos c2003

Organización y liderazgo del mantenimiento

Campbell, John Dixon

Madrid

TGP Hushin c2001

Análisis ocupacional del mantenimiento industrial

Consejo de normalización y certificación de competencia laboral

LIMUSA NORIEGA EDITORES