

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**



**“OPTIMIZACION DE LA DISPONIBILIDAD DE LA PERFORADORA  
SKS12 – REEDRILL EN UNA MINA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentado por:

**ROBERTO JOSE TORREJON REYES**

Lima – Perú

2007

### **Agradecimiento**

A DIOS por brindarme la vida y las oportunidades.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y sus miembros distinguidos (docentes, trabajadores y alumnos) por haberme formado como profesional en la especialidad de Ingeniería Industrial.

Al sector minero en especial a mi empresa por darme la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en una mina de clase mundial.

### **Dedicatoria**

A mi familia por su apoyo invaluable,  
incondicional y constante.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
<b>1 ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
1.1 DIAGNOSTICO ESTRATEGICO	7
1.1.1 FORTALEZAS Y DEBILIDADES	8
1.1.2 OPORTUNIDADES Y RIESGOS (AMENAZAS)	9
1.2 DIAGNOSTICO FUNCIONAL	9
1.2.1 PRODUCTOS	9
1.2.2 CLIENTES	10
1.2.3 PROVEEDORES	10
1.2.4 PROCESOS	14
1.2.5 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	15
1.2.6 FODA DE MANTENIMIENTO	17
<b>2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>19</b>
2.1 MANTENIMIENTO	19
2.2 TPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	25
2.3 5S's: LA ORGANIZACIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO	37
2.4 MEJORAMIENTO CONTINUO	46
2.4.1 METODO DE SOLUCION DE PROBLEMAS	47
2.4.2 HERRAMIENTAS SOLUCION DE PROBLEMAS	57
<b>3 PROCESO DE TOMA DE DECISIONES</b>	<b>71</b>
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	71

3.2	ALTERNATIVAS DE SOLUCION	86
3.3	METODOLOGIA DE SOLUCION	87
3.4	TOMA DE DECISIONES	91
3.5	ESTRATEGIAS ADOPTADAS	92
<b>4</b>	<b>EVALUACION DE RESULTADOS</b>	<b>97</b>
4.1	COMPARACION ANTES Y DESPUES	98
4.2	CUANTIFICACION DE LA MEJORA	103
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>104</b>
5.1	CONCLUSIONES	104
5.2	RECOMENDACIONES	105
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>106</b>
	<b>GLOSARIO DE TERMINOS</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>109</b>

## DESCRIPTORES TEMÁTICOS

1. Mejora Continua
2. Método de Solución de Problemas
3. Mantenimiento
4. Mantenimiento de Maquinaria Pesada
5. Equipo o Maquinaria Pesada
6. Optimización de la Gestión de Mantenimiento

## RESUMEN

El presente trabajo es la aplicación práctica del método de solución de problemas en una empresa minera, específicamente en la flota de perforadoras.

El problema identificado es el hecho de no alcanzar la meta ofrecida en la disponibilidad de dicha flota, esta situación genérica se lleva a un plano más específico y sobre el cual se tiene el control, es así que a través de data histórica se determina el potencial a mejorar: “Excesivas horas de parada por intervención de Mantenimiento”.

Se conforma un equipo multidisciplinario dentro del área de mantenimiento para analizar las causas, determinar las causas raíces, plantear iniciativas e implementarlas, durante esta etapa se realiza un seguimiento específico para identificar que la iniciativa realmente elimina la causa raíz, para continuar con la iniciativa y las demás de lo contrario se volverá a evaluar las causas raíces.

Las iniciativas se implementaron y se obtuvieron los valores esperados, es una metodología práctica, fácil de aplicar y que fomenta el trabajo en equipo.

## INTRODUCCIÓN

El área de mantenimiento en los diversos sectores se ha convertido en un proceso muy importante, por que de ellos depende las horas disponibles de los equipos para la producción.

Si hablamos del sector minero específicamente este no solo es importante por las horas disponibles que debe brindar para cada de uno de los equipos, es también importante por el impacto que tiene en sus costos respecto a los costos operativos o costos de producción.

Estos costos básicamente son elevados por los repuestos.

En este mundo competitivo lo que se busca es tener los menores costos operativos a nivel de empresa para poder obtener mejores ganancias al finalizar un periodo.

El análisis de la reducción de costos y las mejoras son en principio internas, es decir sobre aquellas actividades sobre la cual se tiene el control total para mejorarlo o redefinirlo si fuera necesario, cualquiera que fuera la decisión es necesario realizarlo siguiendo una metodología con la finalidad de asegurarse de obtener los resultados esperados.

El objetivo de este trabajo es la aplicación de la metodología del método de solución de problemas en la industria minera, específicamente para la flota de perforadoras SKS12 Reedrill.

En capítulo I, se plantea los antecedentes del sector minero y del área de mantenimiento en dicho sector.

En el capítulo II, se da un buen marco teórico de los conceptos de mejora continua, 5S's (Orden y Limpieza), el Método de Solución de Problemas, Herramientas de Calidad, etc. Básicamente el trabajo se basa en la metodología de la aplicación del Método de Solución de Problemas de la empresa.

En el Capítulo III, se hace el planteamiento del problema, "Excesivas horas de parada por intervención de mantenimiento", se establecen valores iniciales (KPI's), se plantea las alternativas de solución (iniciativas), y se implementan.

En el capítulo IV, se evalúan los resultados obtenidos y se comparan con los iniciales, finalmente se cuantifican. Obteniéndose un ahorro en un año de 76,089.38 Dólares.

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1 DIAGNOSTICO ESTRATEGICO**

El sector minero en el Perú es uno de los de más crecimiento en los últimos años, actualmente contribuye con más del 50% del total exportado por el país (60.57% en febrero del 2006).

La mayoría de las empresas mineras en el Perú son de capital extranjero, sobre todo aquellas que tienen un panorama más amplio, es decir visión, lo que les lleva a tener un Plan Estratégico para sus operaciones.

A continuación desarrollamos en forma genérica el análisis FODA.

### 1.1.1 FORTALEZAS Y DEBILIDADES

#### FORTALEZAS

- Recursos Abundantes (El Perú es un país rico en mineral, pero no rico en minería)
- Buen Material (Ley / Cantidad)
- Atractivo para la Inversión
- Oferta de Mano de Obra
- Buena Capacidad Tecnológica (Tecnologías en Producción y Desarrollo)
- Buen retorno de la inversión (Incremento de los metales en el mundo)
- Materiales polimetálicos (En el Perú existente una gran diversidad de metales)

#### DEBILIDADES

- Mala imagen
- Actividad de alto riesgo
- Mano de obra no calificada
- Actividad de alto impacto ambiental

### 1.1.2 OPORTUNIDADES Y RIESGOS (AMENAZAS)

#### OPORTUNIDADES

- Desarrollo del Sector
- Buen Desarrollo tecnológico
- Generación de Empleo
- Globalización

#### RIESGOS (AMENAZAS)

- Agotamiento de los recursos minerales
- Conflictos entre las comunidades y las empresas
- Aparición de otros productos sustitutos
- Política del Gobierno (Estatización del Sector)

## 1.2 DIAGNOSTICO FUNCIONAL

La empresa minera a desarrollar presenta una organización lineal con todos sus trabajadores y la política de puertas abiertas, así como una comunicación efectiva a través de diferentes mecanismos (Correo, Portal, Revistas, Periódicos Murales).

### 1.2.1 PRODUCTOS

La empresa en estudio, produce el Dore que es una aleación de Oro y Plata.

## 1.2.2 CLIENTES

Toda la producción se exporta.

## 1.2.3 PROVEEDORES

Los principales proveedores de la empresa son los siguientes:

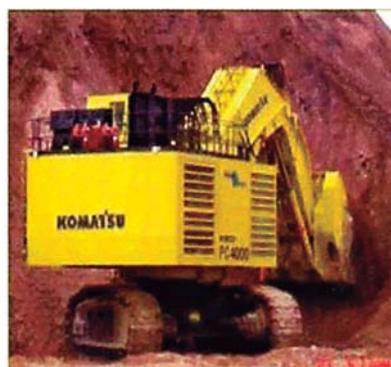
KOMATSU Provee las Maquinarias y Equipos Principales de Producción.

Lista de Equipos Principales:

- ✓ (04) Perforadoras SKS12 – REEDRILL



- ✓ (02) Pala Hidráulica PC4000-6 – KOMATSU



- ✓ (01) Cargador Frontal WA1200-3 – KOMATSU



- ✓ (10) Camión 730E – KOMATSU



- ✓ (01) Cargador Frontal Pequeño WA500-3 – KOMATSU



- ✓ (06) Tractor de Orugas D375A-5 – KOMATSU



- ✓ (02) Tractor de Ruedas WD600-3 – KOMATSU



- ✓ (04) Moto niveladoras GD825A-2 – KOMATSU



- ✓ (03) Excavadoras PC300LC-7 – KOMATSU



- ✓ (02) Retroexcavadoras WB140-2 – KOMATSU



mitsui Maquinarias del Peru Brinda el servicio y soporte técnico para el correcto mantenimiento de los principales equipos de producción.

Shell Lubricantes Proporciona los lubricantes y el servicio de análisis de los aceites para un óptimo cambio de los mismos en los equipos.

Así mismo proporciona el combustible necesario para los Equipos (Abastecimiento).

Neuma Peru S.A. Servicio de mantenimiento de Llantas de Equipo Pesado

EXSA Proporciona los materiales para el proceso de Voladura.

Mitsui Automotriz Servicio de Equipo Liviano (Camionetas)

TRC (Transporte Rodrigo Carranza) Empresa dedicada al transporte de los materiales e insumos.

Empresa de Transportes Linea Transporte de Personal.

#### 1.2.4 PROCESOS

La operación de la mina a tajo abierto comprende las siguientes operaciones unitarias:

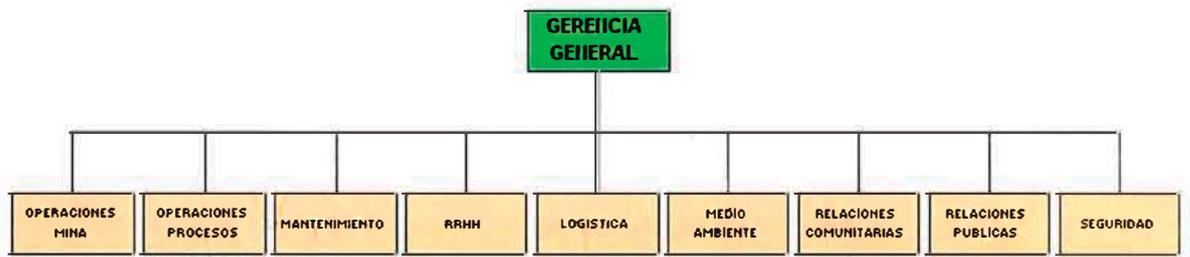
- **Perforación.-** La perforación de los taladros de voladura se realiza con perforadoras SKS12 REEDRILL utilizando brocas especiales. Este proceso involucra realizar mallas de perforación.
- **Voladura.-** Para el proceso de voladura se utiliza un explosivo denominado "anfo", el mismo que se carga en los agujeros perforados con la ayuda de un camión especializado.
- **Carguío.-** El carguío es realizado mediante las Palas Hidráulicas de 21 m<sup>3</sup> y el Cargador de 20.0 m<sup>3</sup> de capacidad en el cucharón respectivamente. Esta operación es distribuida de acuerdo a un plan de producción.
- **Acarreo.-** El acarreo de material se realiza con una flota total de 10 Camiones de 190 Ton. de Capacidad nominal. Este acarreo, tiene 2 aplicaciones:  
Una Del Tajo hacia la chancadora primaria, y  
Dos Del Ore Bin hacia la cancha de lixiviación.

- **Descarga y chancado de mineral.-** El mineral transportado es descargado en el sistema de chancadoras que esta compuesta por una chancadora giratoria [primaria] y dos chancadoras cónicas [secundarias] MP800.
- **Transporte de mineral.-** Luego del chancado el mineral es transportado por un sistema de fajas hacia el Ore Bin. De esta caja el mineral nuevamente es descargado en los camiones para finalmente ser trasladados y descargados en las pilas de lixiviación.
- **Procesamiento del mineral.-** Se procesa el mineral en la cancha de lixiviación con solución cianurada y a través del proceso de Merrill Crowe se obtiene el Doré.

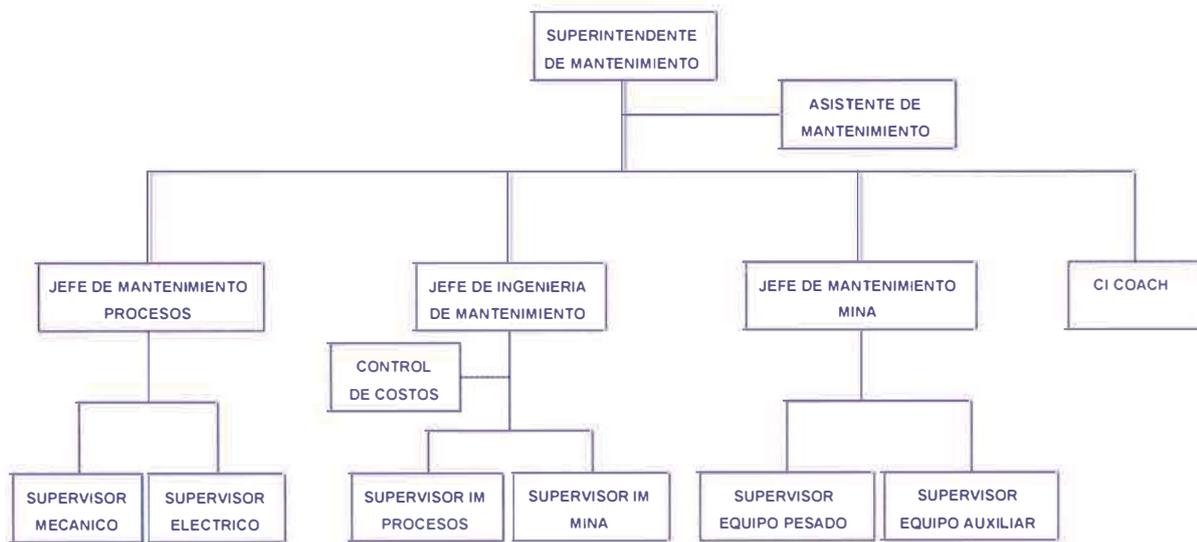
#### 1.2.5 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa es una transnacional, sus acciones se cotizan en las principales bolsas de valores del mundo, tiene operaciones en América, Australia y Africa.

La empresa se encuentra en crecimiento con la visión de ser la primera compañía de producción de oro en el mundo.



## ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO



## FODA DE MANTENIMIENTO

### **FORTALEZAS**

- Balance adecuado entre experiencia y juventud.
- Organización “Plana” y política de puertas abiertas.
- Total compromiso con las metas de producción.
- Proceso interno para el desarrollo de nuevos lideres.
- Visión, Misión y valores de mantenimiento claramente definidos.
- Sinergia interna con áreas internas de Mantenimiento.

### **OPORTUNIDADES**

- Alcanzar la excelencia operacional de Mantenimiento basándose en la gestión de la confiabilidad de los equipos.
- Formar una Organización “CI Embedded” – desarrollo del “Alto Toolbox”.
- Sinergia con otras operaciones de gran minería (Master Mechanic).

### **DEBILIDADES**

- Personal de la zona con escasa experiencia en gran minería.
- Insuficiente capacitación formal en equipos críticos – desarrollo de “know how”.
- Insuficiente entrenamiento en manejo de cuentas contables.

## **AMENAZAS**

- El soporte técnico y logístico de Komatsu (MITSUI) no preparado para soportar a una operación grande.
- Tiempo de respuesta de proveedores no de acuerdo con estándares "World Class".
- Crisis mundial de caucho (Llantas y fajas).
- La ubicación de la zona de operaciones con alta incidencia de descargas eléctricas.
- Pérdida de personal altamente calificado.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 MANTENIMIENTO

##### Definición

Mantenimiento es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

##### Objetivos

Los objetivos de la gestión de Mantenimiento son:

- ✓ Cero Incidentes y Accidente de Medio Ambiente
- ✓ Cero Incidentes y Accidentes en Seguridad
- ✓ Optimizar la Disponibilidad
- ✓ Optimizar la Confiabilidad
- ✓ Reducir los Costos
- ✓ Maximización de la vida de la máquina.

## Evolución del Mantenimiento

Mantenimiento Correctivo o A la Rotura, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.) Mantenimiento productivo total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

El RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

Gerencia de Activos El juego de disciplinas, métodos, procedimientos y herramientas para optimizar el impacto total de costos, rendimiento y exposición al riesgo en la vida de un negocio asociados con confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, eficiencia, longevidad y regulaciones de cumplimiento en seguridad y medio ambiente de los activos físicos de la empresa.

Indicador o Índice: Es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo- calidad y plazos.  
[Hernández Cruz y Navarrete Pérez, 2001]

- Pocos, pero suficientes para analizar la gestión.
- Claros de entender y calcular.
- Útiles

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de mantenimiento, siempre con la mirada puesta en lo que se desea alcanzar con el mantenimiento, son las siguientes:

- para conocer rápidamente como van las cosas; y
- por qué

Es por ello que los índices deben:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y su afectación a la producción.
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer unos valores plan o consigna que determinen los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

## EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

EVOLUCION, EN LA QUE CADA TIPO DE MANTENIMIENTO ABSORBE EL ANTERIOR Y LE AÑADE VALOR



## 2.2 TPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

### Definición

El TPM es un sistema para gestionar los equipos. La gestión del equipo es el conjunto de actividades que evita los defectos de calidad y averías, elimina la necesidad de ajustes en las equipos, y hace el trabajo más fácil y seguro para los operarios.

El mantenimiento se lleva a cabo en forma de cooperación activa con el personal de producción. El operador adquiere conocimientos que desde luego le hacen más valioso, y asume responsabilidades que contribuyen a mejorar considerablemente la disponibilidad de su equipo.

El nivel de satisfacción y la moral del personal se elevan y se crea un auténtico sentido de “**propiedad**” sobre el equipo, el producto y la operación en general de la organización.

Los elementos de conocimiento técnico adquiridos por el operador le dan gran satisfacción personal y seguridad en el trabajo.

En conclusión, la definición del TPM en 5 puntos:

- Enfocado a conseguir el uso más eficaz del equipo.
- Crea un sistema PM amplio y global.
- Involucra a personas de todos los departamentos relacionados con el equipo.
- Requiere el apoyo y cooperación de todos: desde la dirección hacia abajo.
- Promueve y pone en práctica actividades PM basadas en pequeños grupos autónomos.

### **Objetivos**

En conjunto, la implementación tiene tres objetivos que a todos interesan: Hacer la operación...

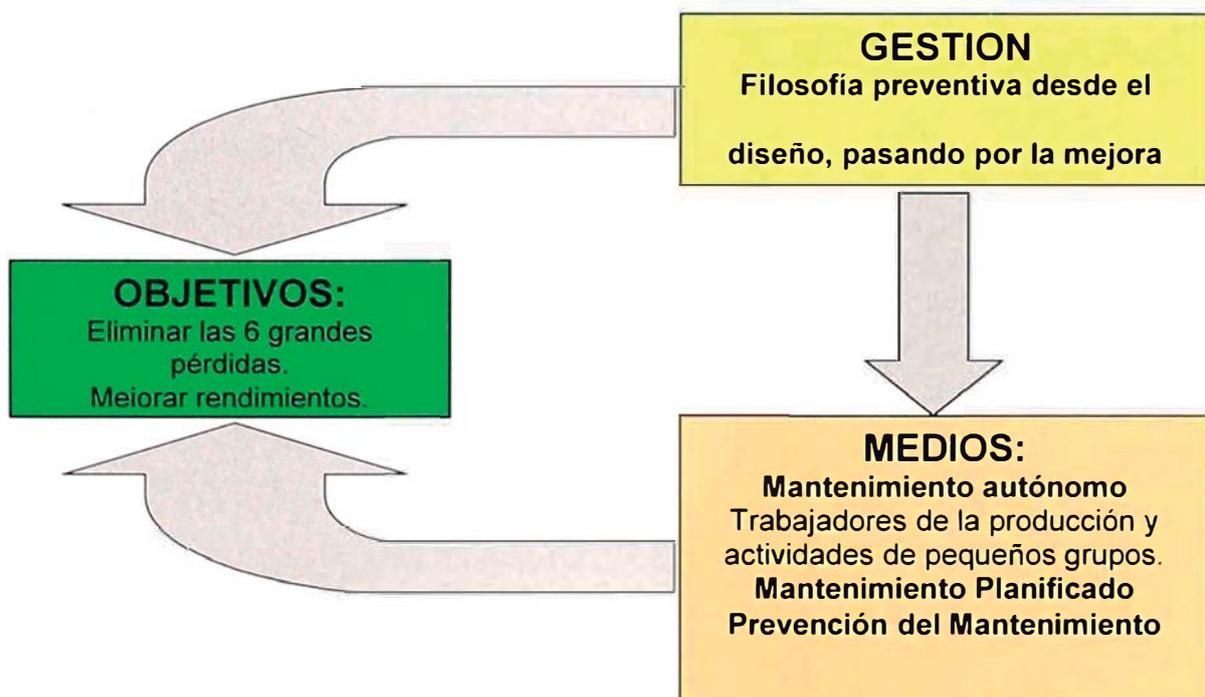
- Más fácil.
- Más segura.
- Más productiva.

## Características

El TPM presenta tres características importantes:

- **Eficacia total:** La búsqueda de eficacia económica o rentabilidad.
- **PM total:** La prevención del mantenimiento y mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo.
- **Participación total:** El mantenimiento autónomo por la actividad de operadores o pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

Como se muestra en el siguiente gráfico:



## **Metas**

- Eliminar y/o minimizar cada una de las 6 *grandes pérdidas*.
  
- Cero Accidentes.
  
- Aumentar la eficacia de los equipos de manera que cada parte del equipo pueda ser operada óptimamente y mantenida en ese nivel, a través de dos tipos de actividad:
  - Cuantitativamente: Aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
  
  - Cualitativamente: Reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.

## Las 6 Grandes Pérdidas

Las 6 grandes pérdidas tienen distintas características y objetivos, que a continuación se describen en el siguiente cuadro:

<b>Tipo</b>	<b>Pérdidas</b>	<b>Características</b>	<b>Objetivo</b>
<b><i>Tiempos muertos y de vacío.</i></b>	<b>1. Averías</b>	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos.	Eliminar
	<b>2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos</b>	Tiempos de paro del proceso por preparación de equipos o útiles necesarios para su puesta en marcha.	Reducir al máximo.
<b><i>Pérdidas de velocidad del proceso.</i></b>	<b>3. Funcionamiento a velocidad reducida.</b>	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño.	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño.
	<b>4. Tiempo en vacío y paradas cortas.</b>	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.	Eliminar

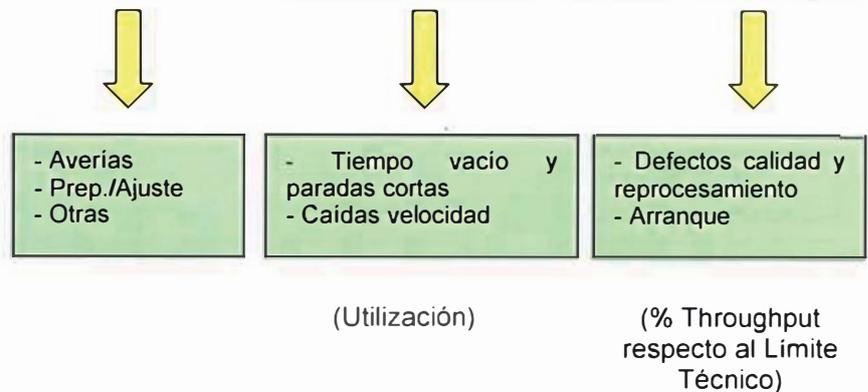
<b>Productos o procesos defectuosos.</b>	<b>5. defectos de calidad y repetición de trabajos.</b>	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y, consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.	Eliminar productos y procesos fuera de tolerancias.
	<b>6. Puesta en marcha.</b>	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Eliminar o minimizar según exigencias técnicas.

### Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

El TPM no se limita solamente a las averías, sino también está involucrado en aumentar la eficacia total del equipo, mejorando todos los factores relacionados:

- **Disponibilidad.-** Tiene en cuenta las pérdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajustes y otras pérdidas por paradas, Las paradas en general tienen incidencia directa en las pérdidas de tiempo y la disminución de la producción.
- **Rendimiento.-** Tiene en cuenta las pérdidas por tiempos en vacío, por reducción de velocidad y paradas cortas, la mejora de este coeficiente implica, evidentemente la eliminación de estas pérdidas.
- **Calidad.-** Tiene en cuenta las pérdidas derivadas de la producción de productos de calidad inferior a la esperada, debido a que incrementa el tiempo de pérdidas, al reprocesar los productos, puesta en marcha de la maquinaria. Las medidas a tomar que reduzcan la cantidad de productos defectuosos ayudaran en el incremento del coeficiente de calidad.

Efectividad global del equipo = disponibilidad x Tasa de rendimiento x tasa de calidad

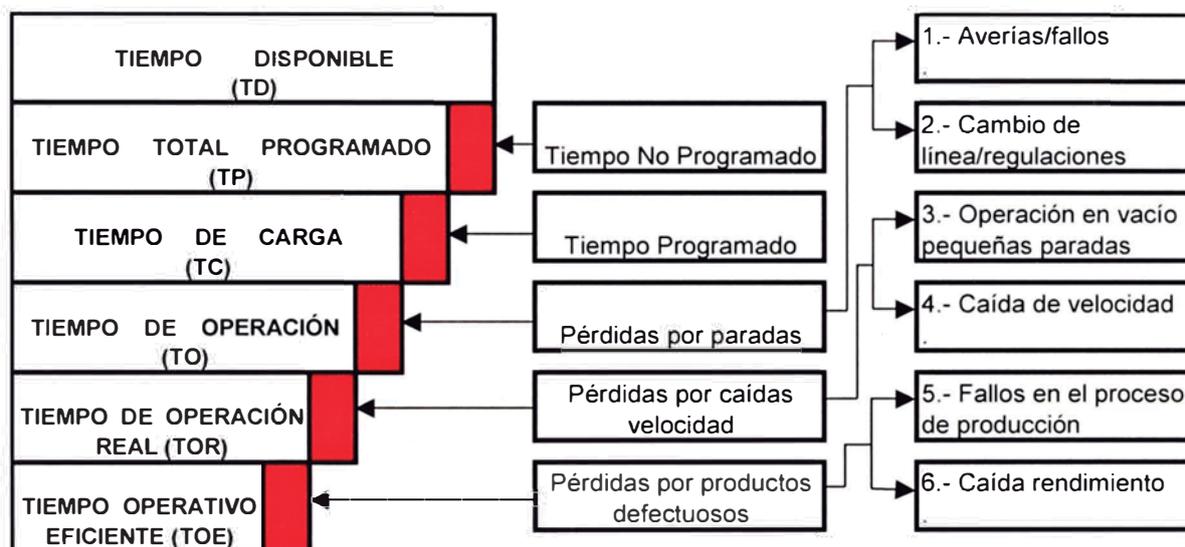


La expresión de eficiencia global de los equipos, incluye a todas las pérdidas que el TPM intenta reducir y/o eliminar, por tanto un incremento en dicho coeficiente, se entiende como aumento de la productividad, reducción de fallos, de accidentes, aumento del ciclo de vida del equipo, de la rentabilidad, etc. Todo esto se verá manifestado en “procesos productivos más rentables” y la obtención de “productos de mayor calidad”, con lo cual se podrán alcanzar los objetivos siguientes:

- Mejora de la productividad del personal.
- Mejoras incidentes en la calidad de los productos.
- Reducción de los costos de mantenimiento por averías.
- Reducción de stock de repuestos.
- Incremento de la seguridad laboral.
- Aumento de la participación del personal.
- Reducción de la contaminación.
- Puestos de trabajo más ordenados y limpios.

## Medición de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

Se muestra el esquema básico para la determinación del coeficiente global de los equipos.



A continuación se mostrará la secuencia a seguir para la obtención del coeficiente de eficacia de los equipos.

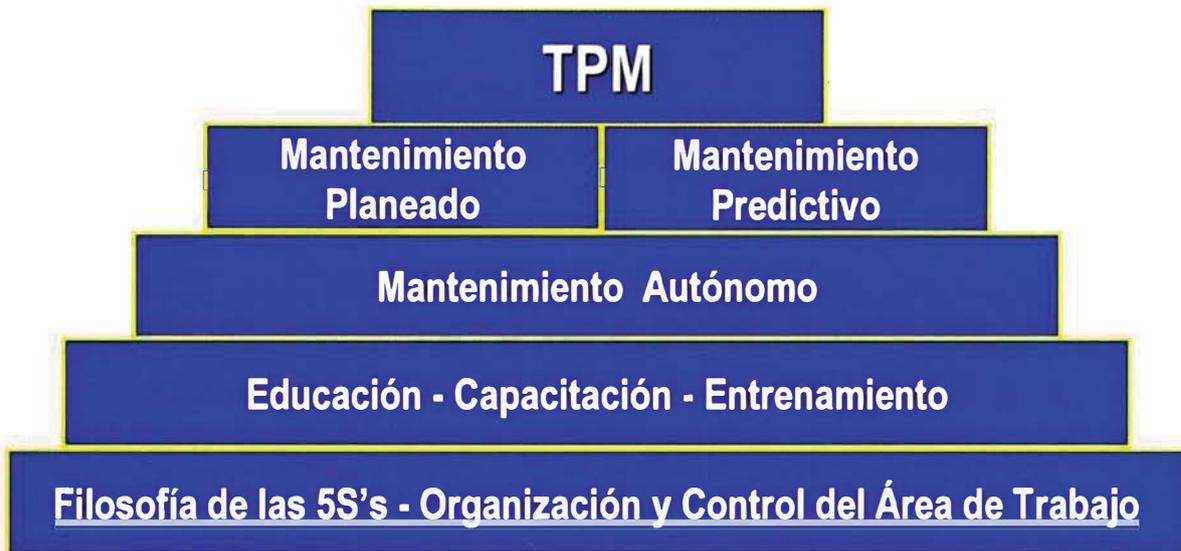
- **Cuantifique el tiempo de análisis.**- Antes de proceder a realizar el cálculo, decida que período de tiempo analizará y cuantos equipos incluirá en el análisis.- En el ejemplo tenemos 9672 horas ( 31 días x 24 horas x 13 camiones) de tiempo disponible.
- **Identificar el tipo de pérdida.**- Identifique y Cuantifique la pérdida, luego agrupe de acuerdo al tipo de pérdida( tome como referencia el cuadro anterior).

- **Grafique la distribución de las pérdidas.**- Teniendo las pérdidas agrupadas, proceda a graficar distribuyendo de acuerdo a cada categoría.
- **Calcule los ratios.**- Con los tiempos calculados proceda a hallar los ratios, como se muestra en la tabla.

Modelo de Utilización Neta Volquetes 785C						
Tiempo Total Disponible (TD)	=	9672.0			Tiempo Calendario	9672.0
						9672.0
Tiempo Total Programado (TP)	=	9517.9			Tiempo No Programado	descansos fenados refrigerio c. de gdía
						100.9 53.2
					<b>154.1</b>	154.1
Tiempo de Carga (TC)	=	9309.9			Mantenimiento Programado	preventivo predictivo
						208
					<b>208</b>	208
Tiempo de Operación (TO)	=	8720.9			Averías/ Preparación/ paradas	averías traslado al taller traslado al gnlo combustible
						503.6 1.3 1.5 82.6
					<b>589</b>	589
Tiempo de Operación Real (TOR)	=	8491.4			Pérdida de Velocidad	disparo insp. Rapida stand by
						12.9 14.6 24.8
						2.6 7.2 4.5 159.2 3.7
					<b>229.5</b>	229.5
Tiempo Operativo Eficiente (TOE) =		8486.8			Falla por Calidad	atoros en chancadora arreglo de piso
						0.6 4.0
					<b>4.6</b>	4.6

- **Analice los ratios.**- Luego de hallar los ratios proceda a realizar el análisis pertinente y plantee alternativas para lograr que el coeficiente de eficacia global de los equipos presente un mayor valor al obtenido.

## Estructura del TPM



### ¿Cómo lograr la Implementación?

- Todos los cambios que se requieren para adoptar las nuevas disciplinas son posibles a base de una implementación gradual.
- Cualquiera que sea el plan, debemos comenzar por un solo equipo o estación de trabajo.

Se debe seleccionar mediante este criterio:

- ✓ Que sea una operación importante dentro del proceso
- ✓ Que sea visible para todos los elementos de la organización
- ✓ Que se conozcan las condiciones reales previas al esfuerzo
- Se debe hacer una amplia difusión del apoyo que la alta gerencia está dando a la implementación y hacer notar que se trata de un cambio permanente de proceso y de actitud.

- Se debe informar ampliamente de los beneficios que hay para cada quién, a fin de motivar la participación.

### **¿Cuáles son los beneficios?**

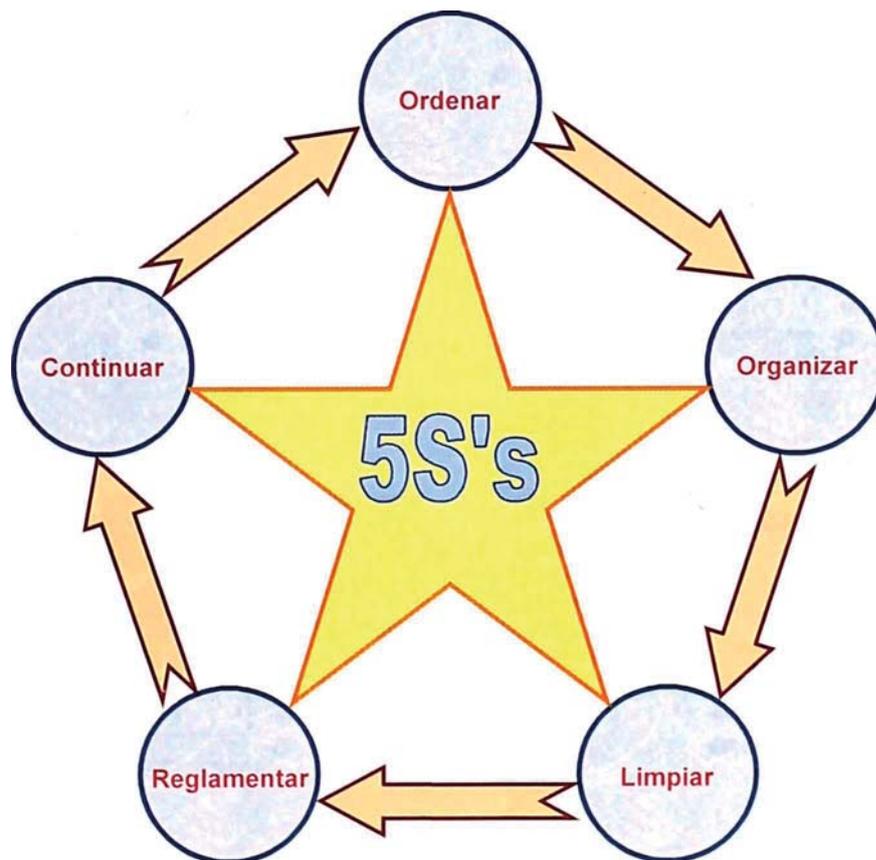
- Asegurar la permanencia de la empresa en el mercado y por tanto la fuente de trabajo.
- Mayor nivel de capacitación y entrenamiento hacen a todos los empleados, más valiosos dentro y fuera del ambiente de trabajo.
- La Manufactura Esbelta es El Presente y El Futuro de la Industria de Clase Mundial.
- Mayor productividad siempre se traduce en beneficios que se extienden a todos los elementos de la organización y a la comunidad.

## 2.3 5S : LA ORGANIZACIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO

### Definición

Son 5 palabras en japonés

- Seiri – Seleccionar (Técnica de la Tarjeta Roja)
- Seiton - Todo en Su lugar
- Seiso - Super Limpieza
- Seiketso – Estandarización
- Shitsuke – Sostenimiento

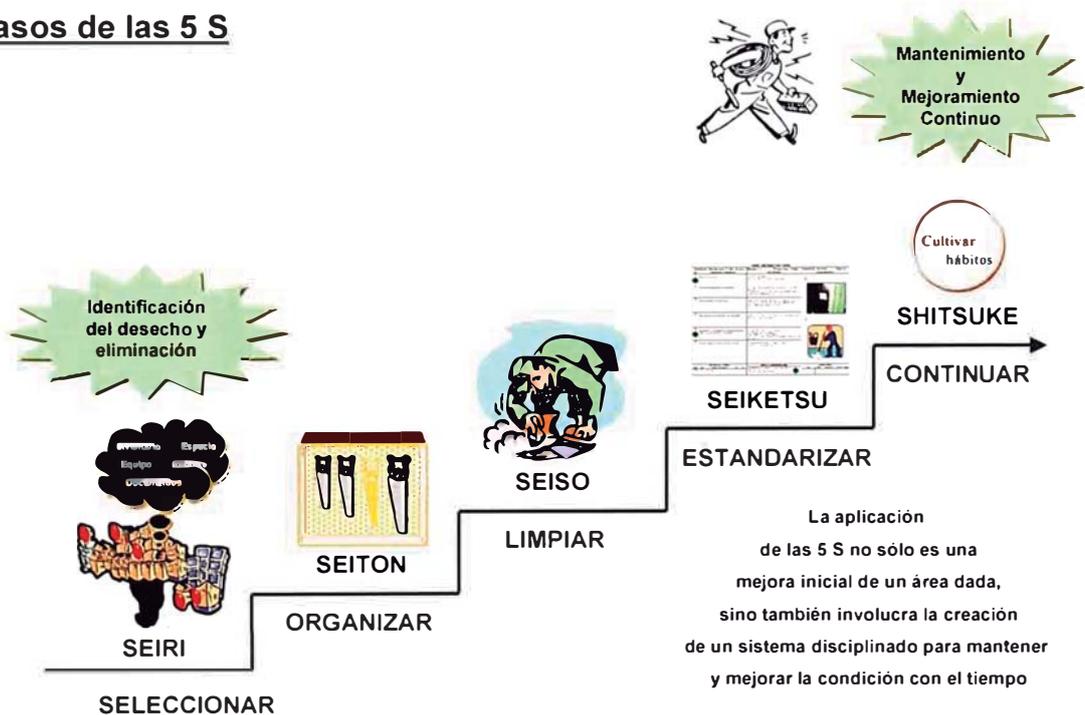


## Objetivo

En esencia, se trata de...

- Eliminar del área de trabajo lo que no pertenece a ella.
- Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material que sí se necesita.
- Hacer una limpieza excepcional.
- Establecer las nuevas condiciones como normales.
- Sustener el esfuerzo para no perder lo avanzado.

## Pasos de las 5 S



- **Seiri (Seleccionar): “Diferenciar los elementos necesarios de los innecesarios en el lugar de trabajo y descartar los innecesarios”**

- Reduce los problemas de flujo de trabajo.
- Mejora la comunicación en el lugar de trabajo.
- Mejora la calidad.
- Incrementa productividad.
- Utiliza las etiquetas rojas para identificar los artículos innecesarios.



### Técnica de la Etiqueta roja:

- ✓ Desarrollar el criterio por definir los artículos necesarios vs. los innecesarios.
- ✓ Desplegar los equipos multifuncionales sobre el proyecto de etiqueta roja para romper los existentes paradigmas
- ✓ Alguien más que el operador deberá colocar las etiquetas (incluyendo gerencia, staff, otros operadores).

UBICACIÓN		ETIQUETA ROJA	
<b>CATEGORÍA:</b>			
<input type="checkbox"/> Materia Prima	<input type="checkbox"/> Herramientas	<input type="checkbox"/> Mueble	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> WIP	<input type="checkbox"/> Suministros	<input type="checkbox"/> Material de oficina	
<input type="checkbox"/> Concluido	<input type="checkbox"/> Equipos	<input type="checkbox"/> Libros / Revistas	
<b>DÍA ETIQUETADO:</b>		<b>ETIQUETADO POR:</b>	
<b>NOMBRE DEL ARTÍCULO:</b>		<b>ARTÍCULO #:</b>	
<b>CANTIDAD:</b>	<b>VALOR (USD):</b>	<b>TOTAL:</b>	
<b>RAZÓN:</b>			
<input type="checkbox"/> Innecesario	<input type="checkbox"/> No urgente	<input type="checkbox"/> Desconocida	
<input type="checkbox"/> Defectuoso	<input type="checkbox"/> Material sobrante	<input type="checkbox"/> Otros	
<b>RESPONSABLE DE LA SECCIÓN:</b>			
<b>ACCIÓN:</b>			
<input type="checkbox"/> Eliminar	<input type="checkbox"/> Mover al almacén de etiqueta roja		
<input type="checkbox"/> Desahogar	<input type="checkbox"/> Otros		
<b>ACCIÓN TOMADA:</b>	<b>DÍA:</b>	<b>SIGLAS:</b>	

- **Seiton (Organizar):** *“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”*
  - Planear un esquema óptimo.
  - Reconfigurar el área para igualar al esquema óptimo.
  - Usa cintas de suelo para marcar las nuevas ubicaciones de todos los equipos, racks, materiales de producción, etc., así como los pasillos.

- Determinar la mejor ubicación para herramientas y otros artículos pequeños. Las herramientas deben colocarse al alcance de la mano y deben ser fáciles de recoger y regresar a su sitio.
- Marcar y etiquetar todas las ubicaciones.
- Construir racks ó tablas con siluetas de los artículos más usados.
- Almacenar artículos más cercanos a su punto de uso.



- **Seiso (Limpiar): “Mantener limpias las equipos y los lugares de trabajo”**
  - Mantener limpio el lugar de trabajo y los equipos: Se pueden descubrir muchos defectos de funcionamiento y problemas de operación si todo está limpio, y es fácil de reconocer estos problemas para su pronta solución.
  - Mantener las cosas en óptimas condiciones para que puedan ser usados en cualquier momento.
  - Los ambientes de trabajo limpios evitan la frustración y el stress.
  - La limpieza diaria debe ser parte de la rutina de trabajo.



- **Seiketsu (Estandarizar): “Extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores”**
  - Para realizar esto continuamente, la gerencia debe diseñar sistemas y procedimientos que aseguren la continuidad.
  - Se debe definir lo que se necesita hacer en una base regular para mantener el área de trabajo.
  - Es necesario determinar la frecuencia proyectada – clasificar como diario, semanal, mensual, semestral (puede usarse otro incremento de tiempo).
  - Es importante decidir quién debe ser el responsable. Es muy fácil hacer el paso 1 (Seiri) una vez y realizar algunos mejoramientos, pero sin esfuerzo por continuar tales actividades muy pronto la situación volverá a lo que era originalmente.

WORK INSTRUCTION FORM						
Department	Manufacturing	Area	Machining	Operation	1	
Product	Type			Wt/Qty	Prepared By	John Smith
Page 1 of 1						
NO.	OPERATOR SEQUENCE	KEY POINTS	ILLUSTRATIONS			
1	Wipe off work surface	Use 70% Isopropanol and a rag Wipe off 1. Safety Labels 2. Area from the Lubricant	1			
2	Wipe down work and tool's on work surface	Wipe down all surfaces in the designated to clean 2. Don't separate to disassembly parts 3. Clean the all the tool's 4. Wash/assemble on in their designated to clean 5. get the coating material from the tool's	2			
3	Wipe off the cutter machine of COOL	1. Clean all external surface of the cutter with 70% Isopropanol 2. Wipe off coolant from the tool's with the rag 3. Wipe off the coolant from the tool's with the rag 4. Wipe off the coolant from the tool's with the rag	3			
4	Wipe the oil on the face of the cutter machine (FIDM)	1. Clean the oil on the face of the cutter machine 2. Wipe it up 3. Clean the machine with the rag	4			
5	Remove the oil on the face of the cutter machine 2. Wipe it up 3. Clean the machine with the rag	1. Change the oil on the face of the cutter machine 2. Check the oil level 3. Change the oil on the face of the cutter machine 4. Check the oil level 5. Change the oil on the face of the cutter machine 6. Check the oil level 7. Change the oil on the face of the cutter machine 8. Check the oil level 9. Change the oil on the face of the cutter machine 10. Check the oil level	5			
6	Wipe down work and tool's on work surface	1. Wipe down all surfaces in the designated to clean 2. Don't separate to disassembly parts 3. Clean the all the tool's 4. Wash/assemble on in their designated to clean 5. get the coating material from the tool's	6			
RECORD OF CHANGE		SAFETY CONSIDERATIONS		SIGNATURES		
Date	Rev	Change Description	By	TL	Date	Signature

- **Shitsuke** (Continuar): “*Construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5’s mediante el establecimiento de estándares y seguir los procedimientos en el lugar de trabajo*”

- Hábito: La intersección de Conocimiento, Habilidades y Deseos.

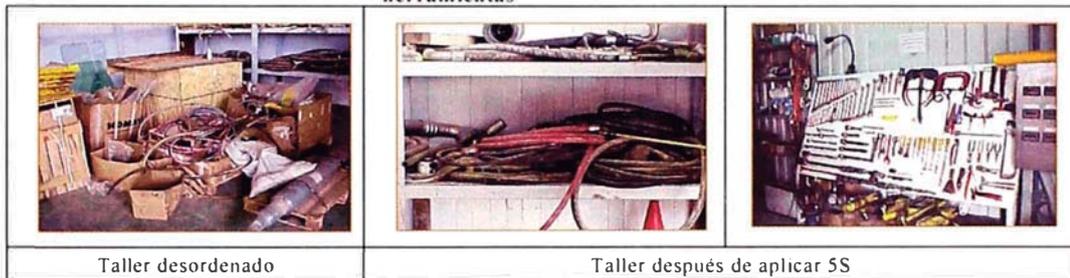


*“Nosotros lo hacemos repetidamente. La excelencia no es un acto pero sí un hábito”. – Aristóteles*

## Ejemplo de las 5 S



- **Sólo** las herramientas requeridas deben estar presentes en el área
- Las herramientas más importantes deben estar localizados más cerca
- Dibujar la silueta de las herramientas
- Todas las herramientas deben estar en óptimas condiciones, libre de suciedad
- Realizar un inventario y crear una hoja de control de herramientas
- Revisar las condiciones de las herramientas con la hoja de control



## 2.4 MEJORAMIENTO CONTINUO

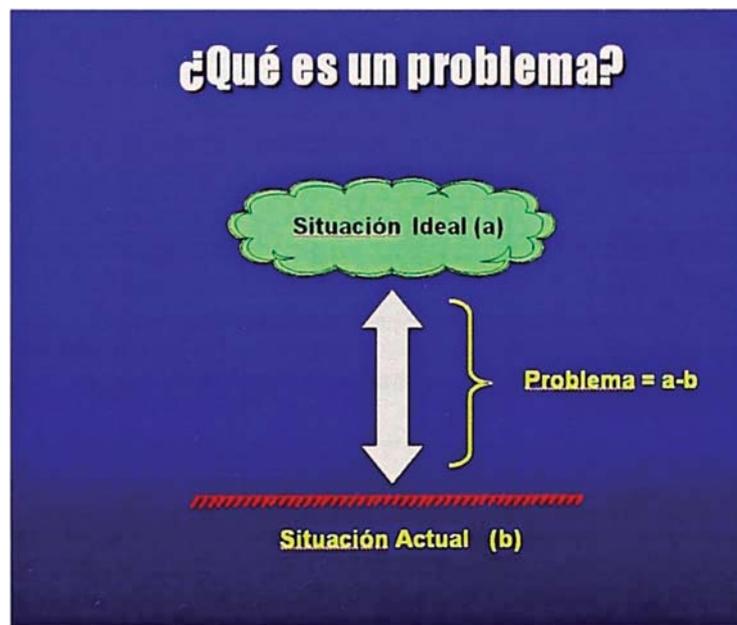
Los japoneses tienen una palabra para el mejoramiento continuo que denominan Kaizen. Es un principio, una manera de vivir, que abarca todas las actividades en la empresa, se ha dicho que la estrategia kaizen es el concepto más importante en la administración japonesa y la clave de su éxito competitivo de Japón. El principio kaizen, es el mejoramiento en todas las áreas de una empresa incluyendo: costos, tiempos de entrega, seguridad, aumento de conocimientos del empleado, relaciones con los proveedores, creación de nuevos productos y productividad. Así cualquier actividad cuyo objeto sea el mejoramiento queda bajo la sombrilla del kaizen.

El mejoramiento continuo se concentra en mejoras pequeñas, frecuentes y graduales en un lapso prolongado y con muy poca inversión de capital. La mejora continua es un modo de pensar orientado al proceso y no un método orientado a los resultados. Requiere la participación de todo el personal, muchas mejoras son el resultado de conocimiento y experiencia de los trabajadores de base, el personal y no las tecnologías son lo más importante.

El fundamento del mejoramiento continuo en la filosofía kaizen es el empleo de un método para la resolución de problemas y el uso de herramientas estadísticas que se describen a continuación:

### 2.4.1. MÉTODO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En la solución de problemas, los equipos de mejora continua identifican, analizan y resuelven problemas con un método estructurado y ordenado, dicho método consta de 7 sub-pasos y varias actividades:



Paso		Sub- Paso	Diagrama
1	DIAGNOS-TICAR OPORTUNI-DADES Y FIJAR METAS	Identificar y seleccionar el problema	<pre> graph TD     A[Identificar el problema] --&gt; B[Entender el problema]     B --&gt; C[Analizar las causas]     C --&gt; D[Generar y priorizar soluciones]     D --&gt; E[Implementar las soluciones]     E --&gt; F[Evaluar resultados]     F --&gt; G[Estandarizar]     F --&gt; C     F --&gt; E </pre>
		Entender el problema y fijar metas	
2	GENERAR Y EVALUAR IDEAS	Analizar las causas	
		Generar y priorizar soluciones	
3	PLAN DE IMPLEMENTACION	Implementar las soluciones	
		Evaluar resultados	
		Estandarizar	

**Paso 1. Selección del problema.-** Este paso tiene como objetivo la identificación y selección de los problemas de calidad y productividad del departamento o unidad bajo análisis, y comprende el desarrollo de las siguientes actividades:

- Aclarar los conceptos de calidad y productividad en el grupo.
- Elaborar el diagrama de caracterización del área en estudio, en términos generales: clientes, productos y servicios, atributos de los mismos, principales procesos e insumos utilizados.
- Definir en qué consiste un problema de calidad y productividad como desviación de una norma: deber ser, estado deseado, requerido o exigido.
- Listar en el grupo los problemas de calidad y productividad en la unidad de análisis (aplicar tormenta de ideas).
- Preseleccionar las oportunidades de mejora, aplicando técnica de grupo nominal o multivotación.
- Seleccionar de la lista anterior las oportunidades de mejora que mayor impacto tienen en los resultados de la empresa.

**Paso 2. Cuantificación y entendimiento del problema.-** En este paso se precisa mejor la definición del problema, su cuantificación y la posible subdivisión en subproblemas o causas.

Se trata de afinar el análisis del problema realizando las siguientes actividades:

- Establecer el o los tipos de indicadores que darán cuenta o reflejen el problema y, a través de ellos, verificar si la definición del problema guarda o no coherencia con los mismos, en caso negativo debe redefinirse el problema o los indicadores.
- Estratificar y/o subdividir el problema en sus causas-síntomas.
- Cuantificar el impacto de cada subdivisión y darle prioridad utilizando la matriz de selección de causas y el gráfico de Pareto, para seleccionar el (los) estrato(s) o subproblema(s) a analizar.
- Sólo en casos extremos a falta de datos o medios ágiles para recogerlos se podrá utilizar, para avanzar, una técnica de jerarquización cualitativa como la técnica de grupo nominal, con un grupo conocedor del problema.

**Paso 3. Análisis de causas raíces.-** El objetivo de este paso es identificar y verificar las causas raíces específicas del problema en cuestión, aquellas cuya eliminación garantizará la no recurrencia del mismo. Por supuesto, la especificación de las causas raíces dependerá de lo bien que haya sido realizado el

paso anterior. Para dicho efecto se deberán realizar las siguientes actividades:

- Para cada subdivisión del problema seleccionado, listar las causas de su ocurrencia aplicando la tormenta de ideas
- Agrupar las causas listadas según su afinidad (dibujar diagrama causa-efecto). Si el problema ha sido suficientemente subdividido puede utilizarse la sub agrupación en base de las 4M o 6M (material, machine, man, method, moral, management), ya que estas últimas serán lo suficientemente específicas.
- Cuantificar las causas para verificar su impacto y relación con el problema, jerarquizar y seleccionar las causas raíces más relevantes. En esta actividad pueden ser utilizados los diagramas de dispersión, gráficos de Pareto, matriz de selección de causas.
- Durante el análisis surgirán los llamados problemas de solución obvia que no requieren mayor verificación y análisis para su solución, por lo que los mismos deben ser enfrentados sobre la marcha.

**Paso 4. Diseño y programación de soluciones.-** En una organización donde no ha habido un proceso de mejoramiento sistemático y donde las acciones de mantenimiento y control

dejan mucho que desear, las soluciones tienden a ser obvias y a referirse al desarrollo de acciones de este tipo; sin embargo, en procesos más avanzados las soluciones no son tan obvias y requieren, según el nivel de complejidad, un enfoque creativo en su diseño. En todo caso, cuando la identificación de causas ha sido bien desarrollada, las soluciones hasta para los problemas inicialmente complejos aparecen como obvias. Para asegurar que las soluciones eliminen las causas raíces, es necesario desarrollar las siguientes actividades:

- Para cada causa raíz seleccionada debe listarse las posibles soluciones excluyentes (tormenta de ideas). En caso de surgir muchas alternativas excluyentes antes de realizar comparaciones más rigurosas sobre la base de factibilidad, impacto, costo, etc., lo cual implica cierto nivel de estudio y diseño básico, la lista puede ser jerarquizada (para descartar algunas alternativas) a través de una técnica de consenso y votación como la Técnica de Grupo Nominal (TGN).
- Analizar, comparar y seleccionar las soluciones alternativas resultantes de la TGN, para ello conviene utilizar múltiples criterios como los señalados arriba: factibilidad, costo, impacto, responsabilidad, facilidad, etc.
- Programar la implantación de la solución definiendo con detalle las **5W-H** (*what, why, when, where, who, and how*)

del plan, es decir, el qué, por qué, cuándo, dónde, quién y cómo.

- No debe descartarse a priori ninguna solución por descabellada o ingenua que parezca, a veces detrás de estas ideas se esconde una solución brillante o parte de la solución.
- Para que el proceso de implantación sea exitoso, es recomendable evitar implantarlo todo a la vez (a menos que sea obvia e inmediata la solución) y hacer énfasis en la programación, en el quién y cuándo.
- A veces, durante el diseño de soluciones, se encuentran nuevas causas o se verifica lo errático de algunos análisis. Esto no debe preocupar, ya que es parte del proceso aprender a conocer a fondo el sistema sobre o en el cual se trabaja.

**Paso 5. Implantación de soluciones.-** Se busca probar la efectividad de la(s) solución(es) y hacer los ajustes necesarios para llegar a una definitiva y asegurarse que las soluciones sean asimiladas e implementadas adecuadamente por la organización en el trabajo diario. Incluye las siguientes actividades:

- Las acciones a realizar en esta etapa estarán determinadas por el programa de trabajo; sin embargo, además de la implantación en sí misma, es clave durante este paso el

seguimiento, por parte del equipo, de la ejecución y de los reajustes que se vaya determinando necesarios sobre la marcha.

- Verificar los valores que alcanzan los indicadores de desempeño seleccionados para evaluar el impacto, utilizando gráficas de corrida, histogramas y gráficas de Pareto.
- Una vez establecido el programa de acciones de mejora con la identificación de responsabilidades y tiempos de ejecución, es recomendable presentar el mismo al nivel jerárquico superior de la unidad o grupo de mejora, a objeto de lograr su aprobación, colaboración e involucramiento.
- A veces es conveniente iniciar la implementación con una experiencia piloto que sirva como prueba de campo de la solución propuesta, ello nos permitirá hacer una evaluación inicial de la solución tanto a nivel de proceso (métodos, secuencias, participantes) como de resultados.
- A este nivel, el proceso de mejoramiento ya implementado comienza a recibir los beneficios de la retroalimentación de la información, la cual va a generar ajustes y replanteamientos de las primeras etapas del proceso de mejoramiento.

**Paso 6. Establecimiento de acciones de garantía.**- El objetivo de este paso es asegurar el mantenimiento del nuevo nivel de desempeño alcanzado. Es este un paso fundamental al cual pocas veces se le presta la debida atención. De él dependerá la estabilidad en los resultados y la acumulación de aprendizaje para profundizar el proceso. En este paso deben quedar asignadas las responsabilidades de seguimiento permanente y determinarse la frecuencia y distribución de los reportes de desempeño. Es necesario diseñar acciones de garantía contra el retroceso en los resultados, las cuales serán útiles para llevar adelante las acciones de mantenimiento. En términos generales éstas son:

- Normalización de procedimientos, métodos o prácticas operativas.
- Entrenamiento y desarrollo del personal en las normas y prácticas implantadas.
- Incorporación de los nuevos niveles de desempeño, al proceso de control de gestión de la unidad.
- Documentación y difusión de la historia del proceso de mejoramiento.
- Esta última actividad es de gran importancia para reforzar y reconocer los esfuerzos y logros alcanzados e iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento.

- Es en este paso donde se ve con más claridad la importancia en el uso de las gráficas de control, las nociones de variación y desviación y de proceso estable, ya que, para **garantizar** el desempeño, dichos conceptos y herramientas son de gran utilidad.

## 2.4.2. HERRAMIENTAS PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS

Para resolver problemas o variaciones y mejorar la calidad, es necesario basarse en hechos y no dejarse guiar solamente por el sentido común, la experiencia o la audacia. Además, es necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas que pueden ser capaces de resolver hasta el 95% de los problemas existentes en las organizaciones. Existen Siete Herramientas Básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de una organización y son las siguientes:

- a. Hoja de verificación
- b. Diagrama de Pareto
- c. Diagrama de causa efecto
- d. Estratificación
- e. Diagrama de dispersión
- f. Histograma
- g. Gráficos de control

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras técnicas cualitativas:

- h. Diagrama de Flujo
- i. Tormenta de ideas (Brainstorming)
- j. Diagrama de afinidad
- k. Técnica Nominal de Grupo (Nominal Group Technique).

Las mismas que se describen en forma resumida:

**a. Hoja de verificación.-** Una Hoja de Verificación (también llamada "de Control" o "de Chequeo") es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. Esta técnica de recopilación de datos se prepara para que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro.

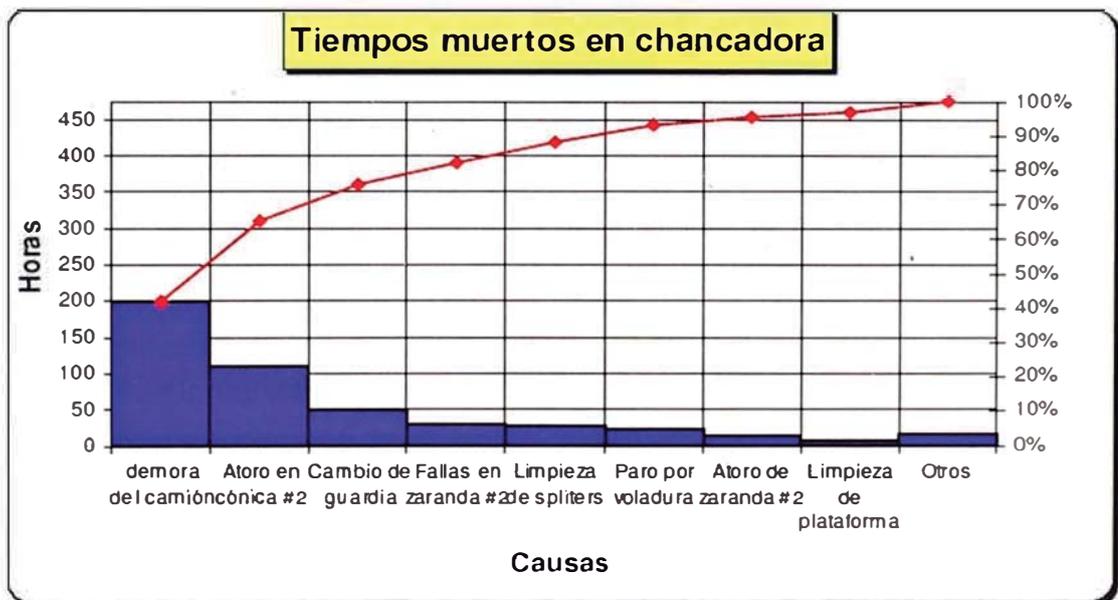
**Ventajas:**

- Supone un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización.
- Las Hojas de Verificación reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

**Utilidades:**

- En la mejora de la Calidad, se utiliza tanto en el estudio de los síntomas de un problema, como en la investigación de las causas o en la recopilación y análisis de datos para probar alguna hipótesis.
- También se usa como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los Gráficos de Control.

**b. Diagrama de Pareto.-** El Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales)



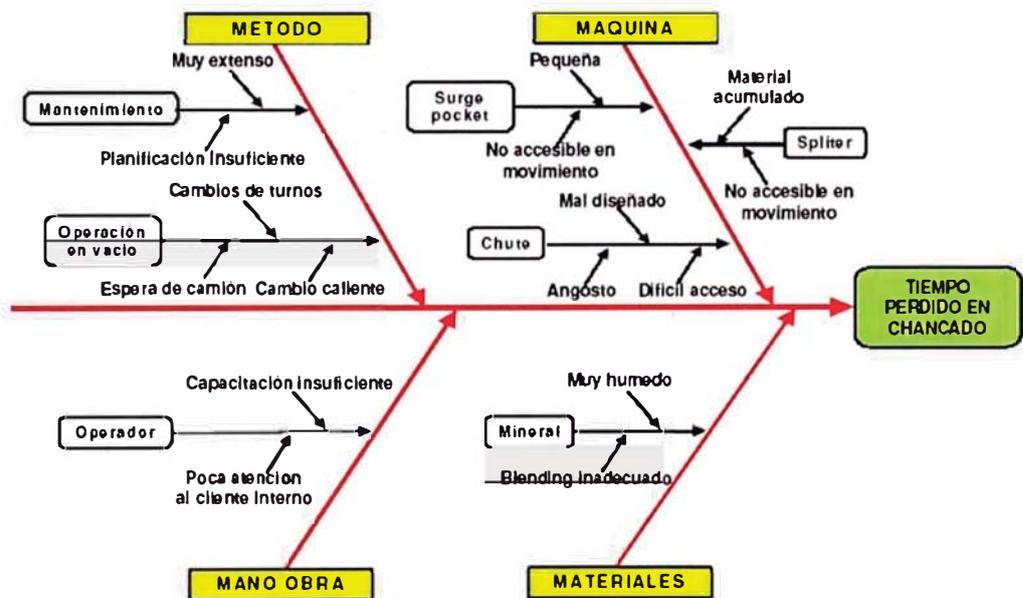
**Ventajas:**

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

**Utilidades:**

- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras causas menos importantes.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Pueden ser asimismo utilizados tanto para investigar efectos como causas.
- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

c. **Diagrama de causa - efecto.**- El diagrama de Ishikawa, o Diagrama Causa - Efecto, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado.



**Ventajas:**

- Permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
- Ayuda a determinar las causas principales de un problema, o las causas de las características de calidad, utilizando para ello un enfoque estructurado.
- Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
- Incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso.

**Utilidades:**

- Identificar las causas - raíz, o causas principales, de un problema o efecto.
- Clasificar y relacionar las interacciones entre factores que están afectando al resultado de un proceso.

**d. Estratificación.-** Es un método consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características, a cada grupo se le denomina estrato. Los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a:

- Personal
- Materiales
- Maquinaria y equipo
- Áreas de gestión
- Tiempo
- Entorno
- Localización geográfica
- Otros

**Ventajas:**

Es muy completa para la calidad de la empresa.

**Utilidades:**

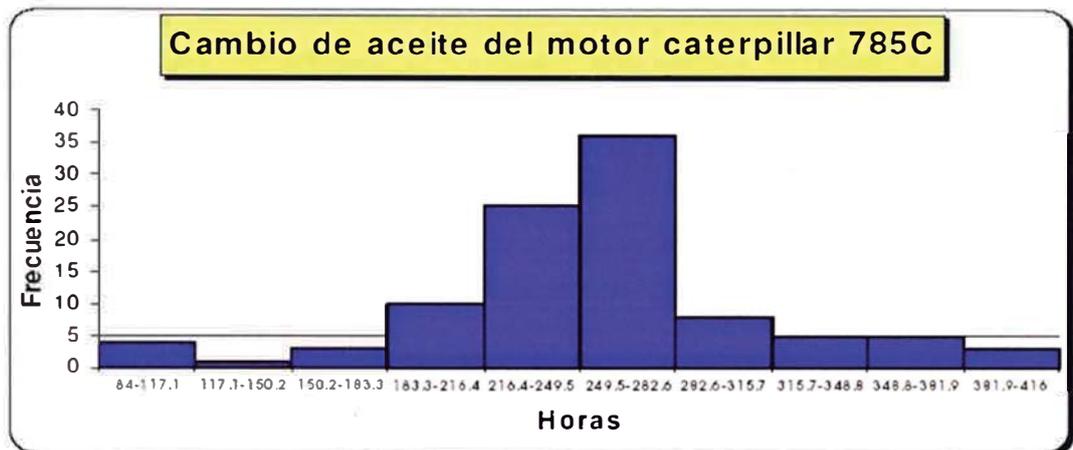
- Permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso .
- La estratificación puede apoyarse y servir de base en distintas herramientas de calidad, si bien el histograma es el modo más habitual de presentarla.

**e. Diagrama de dispersión.-** A veces interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra, en este caso hablaríamos de la existencia de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario, se estaría ante una correlación negativa. Si los valores de ambas variable se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación.

**Ventajas:**

- Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables.
- Suministra los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas.
- Proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación.

f. **Histograma.-** Un histograma es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos.



**Ventajas:**

- Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
- Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.

**Utilidades:**

- El Histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos. Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa y legible.

- Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el Histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.
- Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

**g. Gráficos de control.-** Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

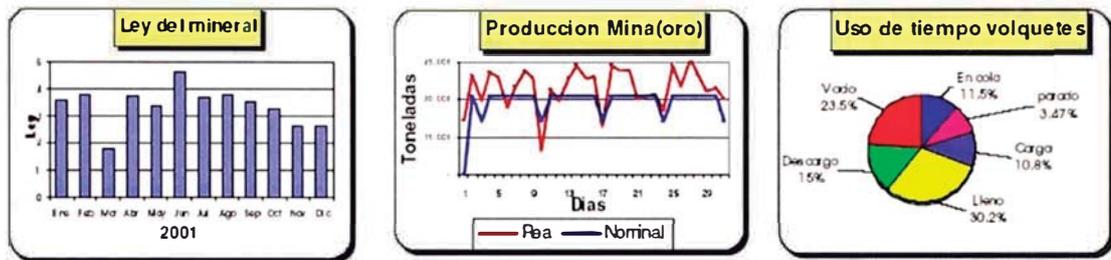


Gráfico de Barras

Gráfico de corrida

Gráfico de torta

- Causas aleatorias de variación. Son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso, de difícil identificación y eliminación.
- Causas específicas (imputables o asignables). Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas. Si pueden ser descubiertas y eliminadas.

Existen diferentes tipos de gráficos de control:

- De datos por variables. Que a su vez pueden ser de media y rango, mediana y rango, y valores medidos individuales.
- De datos por atributos. Del estilo aceptable / inaceptable, si / no.

**Ventajas:**

- Permite distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos, como guía de actuación de la dirección.
- Los gráficos de control son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso.

**Utilidades:**

Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor calidad, menores costes y mayor eficacia.

Proporcionan un lenguaje común para el análisis del rendimiento del proceso.

**h. Diagrama de Flujo.-** Es un diagrama que utiliza símbolos gráficos para representar el flujo y las fases de un proceso. Está especialmente indicado al inicio de un plan de mejora de procesos, al ayudar a comprender cómo éstos se desenvuelven. Es básico en la gestión de los procesos.

**Ventajas:**

- Facilita la comprensión del proceso, al mismo tiempo, promueve el acuerdo, entre los miembros del equipo, sobre la naturaleza y desarrollo del proceso analizado.
- Supone una herramienta fundamental para obtener mejoras mediante el rediseño del proceso, o el diseño de uno alternativo.
- Identifica problemas, oportunidades de mejora y puntos de ruptura del proceso.
- Pone de manifiesto las relaciones proveedor - cliente, sean éstos internos o externos.

**i. Tormenta de ideas (Brainstorming).-** La tormenta de ideas (Brainstorming) es una manera simple de generar múltiples ideas dentro de un equipo de trabajo, con el objeto de identificar las soluciones (o alternativas) a un determinado problema (o tema). Una sesión de tormenta de ideas se desarrolla de la siguiente forma:

- Se acuerda el objeto de la reunión de tormenta de ideas y se pone a la vista de todos los participantes.
- El líder o facilitador de la reunión pide que se expresen todas las ideas posibles relacionadas con el tema;
- Cada idea es anotada sin ser analizada, discutida o criticada;
- Se sigue el proceso hasta agotar las posibles ideas.

A continuación, se revisa la lista total de ideas de modo de asegurar su comprensión por todo el equipo, para luego ser reducidas y resumidas en grupos afines y proceder a la selección final.

La misma herramienta puede lograrse con una metodología más estructurada. Es decir, se hace una primera ronda de generación de ideas, exponiendo los participantes uno a uno por orden de ubicación su idea. Una vez completada la vuelta, se reinicia el proceso y así sucesivamente hasta completar las posibles ideas resultantes.

## CAPITULO III

### PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

#### 3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 3.1.1 Diagnóstico de la disponibilidad de las perforadoras SKS12.

La disponibilidad de una flota de equipos en un periodo determinado, se calcula de la siguiente manera:

$$D = \frac{T T_{\text{Periodo}} - T P_{\text{Periodo}}}{T T_{\text{Periodo}}}$$

Donde:

TT : Tiempo Total (Horas)

$$= \text{N}^\circ \text{ días Periodo} * \text{Horas de Trabajo Diario} * \text{N}^\circ \text{ Equipos}$$

TP : Tiempo de Paradas en el Periodo (Horas)

La disponibilidad se grafica en forma mensual, pero se establece una meta anual, el cual se determina de acuerdo a la proyección de lectura de horómetros elaborada por el departamento de Ingeniería de acuerdo al Plan de Producción [Tabla 1].

**Equipment Estimated Horometer Readings**

Plan Designator  
Revision  
AC-LN-05-100  
Rev. 00

Description	Period Ending	Jan-06	Feb-06	Mar-06	Apr-06	May-06	Jun-06	Jul-06	Aug-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dec-06
	Days in Period	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>Principal/Minor Equipment</b>													
PC4000-6 Hydraulic Shovel Loading Unit No HS01		4,669	5,742	6,295	6,845	7,420	7,982	8,554	9,118	9,670	10,229	10,779	11,340
Loading Unit No HS02		3,945	4,499	5,018	5,571	6,121	6,696	7,258	7,830	8,394	8,946	9,505	10,616
WA1200-3 Front-End Loader Loading Unit No FEL01		5,000	6,105	6,710	7,259	7,788	8,294	8,813	9,326	9,826	10,381	10,879	11,438
730E Off-Highway Truck OHT Unit No T01		6,862	7,873	8,397	8,922	9,463	9,988	10,556	11,099	11,640	12,167	12,689	13,224
OHT Unit No T02		3,385	4,396	4,920	5,445	5,986	6,511	7,079	7,622	8,163	8,690	9,212	9,747
OHT Unit No T03		4,055	5,066	5,590	6,115	6,656	7,181	7,749	8,292	8,833	9,360	9,882	10,417
OHT Unit No T04		6,608	7,139	7,619	8,143	8,668	9,209	9,734	10,302	10,845	11,386	11,913	12,435
OHT Unit No T05		6,006	6,537	7,017	7,541	8,066	8,607	9,132	9,700	10,243	10,784	11,311	11,833
OHT Unit No T06		6,137	6,668	7,148	7,672	8,197	8,738	9,263	9,831	10,374	10,915	11,442	11,964
OHT Unit No T07		6,120	7,131	7,655	8,180	8,721	9,246	9,814	10,357	10,898	11,425	11,947	12,482
OHT Unit No T08		5,885	6,416	6,896	7,420	7,945	8,486	9,011	9,579	10,122	10,663	11,190	11,712
OHT Unit No T09		5,812	6,343	6,823	7,347	7,872	8,413	8,938	9,506	10,049	10,590	11,117	11,639
OHT Unit No T10		531	1,011	1,535	2,060	2,601	3,126	3,694	4,237	4,778	5,305	5,827	6,362
SKS-12 Drill													
Drill No R01		6,176	7,451	8,121	8,769	9,439	10,087	10,757	11,427	12,075	12,745	13,393	14,063
Drill No R02		5,828	6,498	7,103	7,773	8,421	9,091	9,739	10,409	11,079	11,727	12,397	13,045
Drill No R03		5,698	6,368	6,973	7,643	8,291	8,961	9,609	10,279	10,949	11,597	12,267	12,915

Tabla 1 [Fuente: Ingenieria]

De esta tabla se calcula las horas operativas mensuales de cada equipo, es decir se resta el Horometro de un mes menos la lectura del mes anterior [Tabla 2].

Tabla 2 [Fuente: Ingeniería]

**Horas Operativas Mensuales**

Plan Designator : AC-LIN-05:00  
Revision : Rev.00

Description	Period Ending	Dec-05	Jan-06	Feb-06	Mar-06	Apr-06	May-06	Jun-06	Jul-06	Aug-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dec-06
	Days in Period	n/a	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<i>Principal/Allyana Equipment</i>														
SKS-12 Drill			670	605	670	648	670	648	670	670	648	670	648	670
Drill No R01		6.176	6.846	7.451	8.121	8.769	9.439	10.087	10.757	11.427	12.075	12.745	13.393	14.063
			670	605	670	648	670	648	670	670	648	670	648	670
Drill No R02		5.828	6.498	7.103	7.773	8.421	9.091	9.739	10.409	11.079	11.727	12.397	13.045	13.715
			670	605	670	648	670	648	670	670	648	670	648	670
Drill No R03		5.698	6.368	6.973	7.643	8.291	8.961	9.609	10.279	10.949	11.597	12.267	12.915	13.585
			670	605	670	648	670	648	670	670	648	670	648	670

Con estos valores se determina la disponibilidad mensual y se proyecta para el año, como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1** [Fuente: Elaboración Propia]

**Proyección de Disponibilidad Perforadora SKS12 - 2006**

		2006											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
PMs	Número de PMs (c/ 250 Hrs)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Duración	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	<b>Total Horas</b>	<b>30</b>											
INSPECC. Entre PM's (c/ 250 Hrs.)	Número de Inspecciones	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Duración	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Total Horas de Inspección</b>	<b>3</b>											
OTROS	CCM	19	14	19	17	19	17	26	26	25	26	25	26
	Accidentes												
	Fallas												
	<b>Paradas No Programadas</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Días del Mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	Total Horas	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
	<b>Horas Operativas</b>	<b>670</b>	<b>605</b>	<b>670</b>	<b>648</b>	<b>670</b>	<b>648</b>	<b>670</b>	<b>670</b>	<b>648</b>	<b>670</b>	<b>648</b>	<b>670</b>
<b>Horas Parada Mensual</b>		<b>74</b>	<b>67</b>	<b>74</b>	<b>72</b>	<b>74</b>	<b>72</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>72</b>	<b>74</b>	<b>72</b>	<b>74</b>
<b>Ideal</b>	% Parada Estimado Mes	9.9%	10.0%	9.9%	10.0%	9.9%	10.0%	9.9%	9.9%	10.0%	9.9%	10.0%	9.9%
	Disponibilidad Proyectada	90.1%	90.0%	90.1%	90.0%	90.1%	90.0%	90.1%	90.1%	90.0%	90.1%	90.0%	90.1%

En el Cuadro 1 se consideran las siguientes variables:

Mantenimientos Preventivos, a las perforadoras SKS12 se le realiza una intervención preventiva denominada PM, esta se realiza cada 250 Horas Operativas del Equipo, cuya duración en promedio es 10 horas.

Inspecciones, se le realiza una inspección entre PM's, cada 250 horas, cuya duración en promedio es 1 hora.

CCM [Cambio de Componente Mayor], esta referido a los cambios de los componentes mayores, los cuales se listan a continuación, su cambio esta en función a las horas de trabajo en el equipo, los valores de vida de cada componente en principio lo brinda el proveedor.

Componente	Ubicación
Motor Diesel	Central
Turbo	Central
Carrilería	Der.
Carrilería	Izq.
Rueda Guía	Der.
Rueda Guía	Izq.
Mando Final	Der.
Mando Final	Izq.
Compresor de Aire	Central
Cilindro Gato	DD
Cilindro Gato	DI
Cilindro Gato	PD
Cilindro Gato	PI
Cilindro Inclinación Torre	Der.
Cilindro Inclinación Torre	Izq.
Cilindro Pull Down	
Motor de Rotación	Der.
Motor de Rotación	Izq.
Motor de Propulsión	Der.
Motor de Propulsión	Izq.
Cabezal de Rotación	
Mando de Bombas	
Bomba Doble	
Bomba Principal	Der.
Bomba Principal	Izq.

Otros (Paradas No Programadas), se estima un 30% del tiempo total de parada para los primeros 6 meses y un 20% para los últimos 6 meses del año.

Con estos valores se determina entonces que la disponibilidad proyectada es 90%.

En forma similar se determina el Límite Técnico de la Disponibilidad, el cual no considera las Paradas No Programadas, el Límite Técnico considera la situación ideal que nunca se presentará una falla imprevista [Cuadro 2].

**Cuadro 2** [Fuente: Elaboración Propia]

		2006											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
PMs	Número de PMs (c / 250 Hrs)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Duración	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Total Horas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
INSPECC. Entre PMs (c / 250 Hrs )	Número de Inspecciones	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Duración	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Total Horas de Inspección	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
OTROS	CCM	19	14	19	17	19	17	26	26	25	26	25	26
	Accidentes												
	Fallas												
	Paradas No Programadas												
Dias del Mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	Total Horas	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
	Horas Operativas	692	625	692	670	692	670	685	685	662	685	662	685
<b>Horas Parada Mensual</b>		<b>52</b>	<b>-47</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>59</b>
<b>Ideal</b>	% Parada Estimado Mes	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
	Disponibilidad Proyectada	93.0%	93.0%	93.0%	93.0%	93.0%	93.0%	92.0%	92.0%	92.0%	92.0%	92.0%	92.5%

Ahora analicemos la disponibilidad actual:

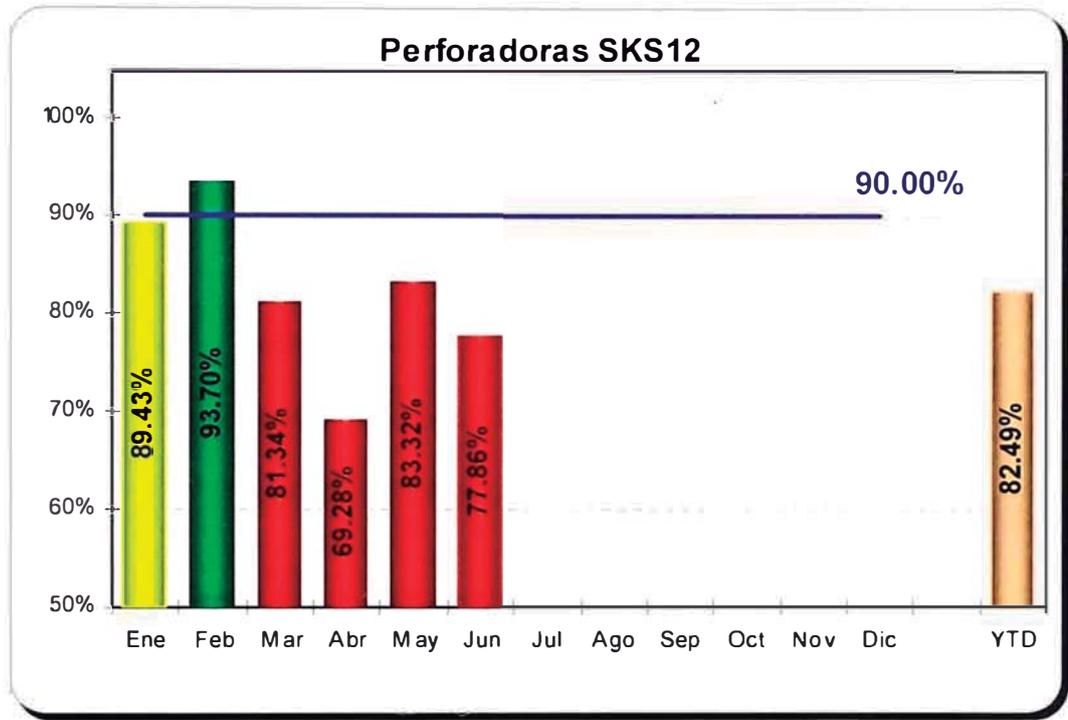


Gráfico 1 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

En el gráfico anterior podemos observar un registro mensual de la disponibilidad de las perforadoras SKS12, el cual tiene un código de colores para cada una de las barras que representa la disponibilidad mensual registrada; las barras son de color verde si llegaron o superaron la meta, en este caso  $\geq$  a 90%, si es menor a 90% y  $\geq$  al 80%(90%) es amarillo y si es menor al 80%(90%) será de color rojo; como se puede apreciar.

Este tipo de cuadros rápidamente puede indicar si el rendimiento de un equipo es el óptimo.

De los valores obtenidos podemos obtener el siguiente gráfico:

Observamos una brecha entre lo que debemos de obtener y lo que realmente obtenemos.

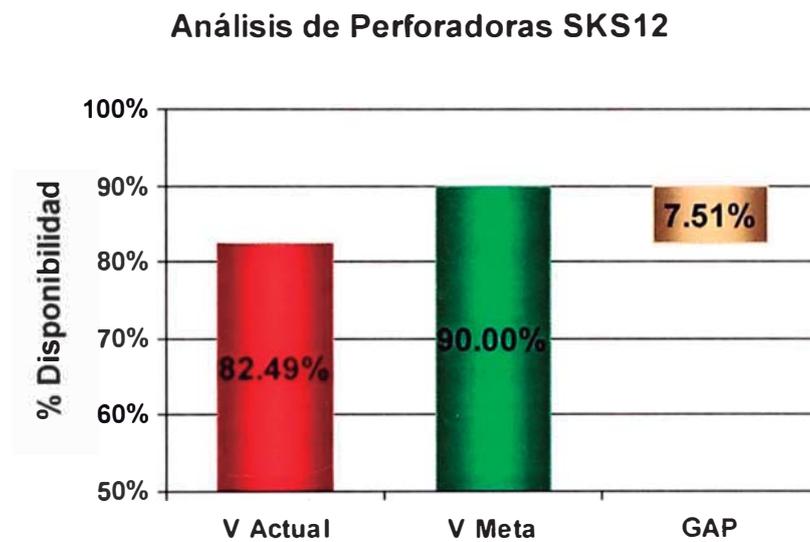


Gráfico 2 [Fuente: Elaboración Propia]

Observamos 7.51% de disponibilidad a mejorar.

Llevemos este valor a su equivalente en horas de parada.

Para ello elaboramos en principio el siguiente cuadro resumen:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	YTD
N° Equipos	4	4	4	4	4	4							4
Horas Totales	2,976	2,688	2,976	2,880	2,976	2,880							2896
Horas Parada	314.58	169.39	555.19	884.73	496.39	637.50							509.63
Meta	297.60	268.80	297.60	288.00	297.60	288.00							289.6
Disponibilidad	89.43%	93.70%	81.34%	69.28%	83.32%	77.86%							82.49%

Cuadro 3 [Fuente: Elaboración Propia]

De este cuadro obtenemos el siguiente gráfico:



Gráfico 3 [Fuente: Elaboración Propia]

Veamos también la Utilización de las perforadoras SKS12.

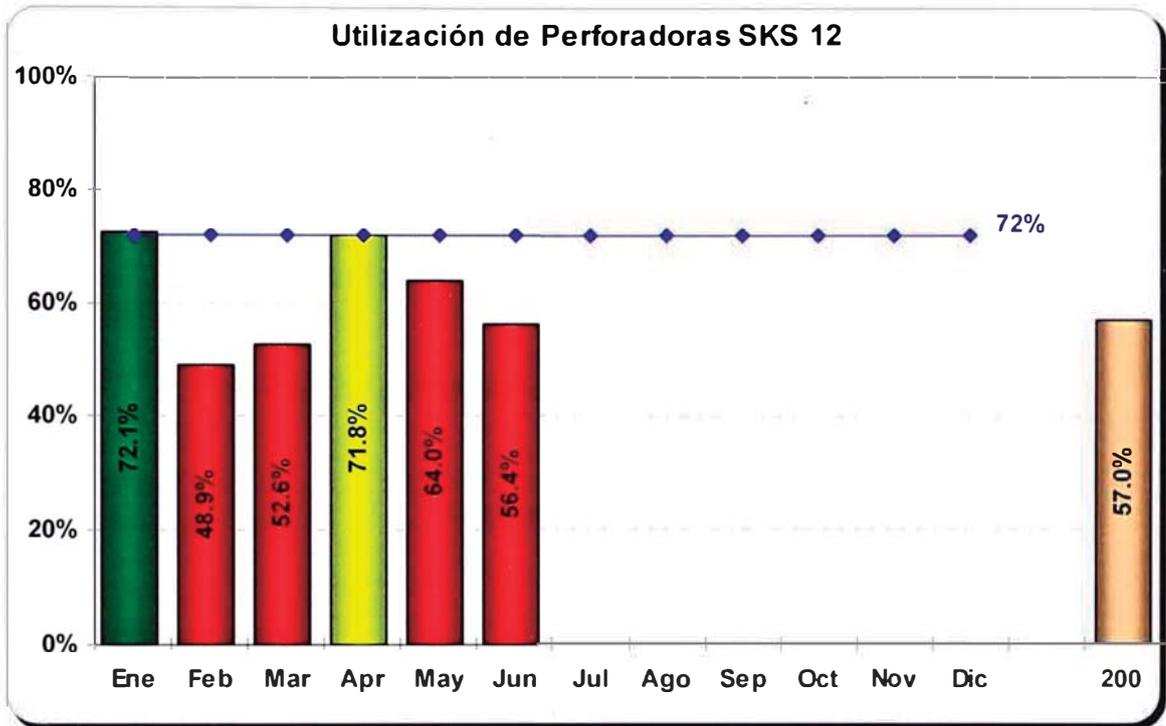


Gráfico 4 [Fuente: Operaciones Mina]

Podemos observar que la utilización de los equipos, no es la óptima respecto a lo programado, lo cual nos indica que debemos de tomar acciones de mejora o iniciativas en forma conjunta con el operador.

De acuerdo a los gráficos anteriores, podemos mencionar que tenemos excesivas horas de parada en las perforadoras SKS12, ahora debemos de realizar un análisis más detallado para ello identificamos los tiempos de parada en los respectivos sistemas del equipo y los graficamos en forma ordenada respecto al sistema que tiene el mayor tiempo [Diagrama de Pareto].

En principio analizaremos el último mes.

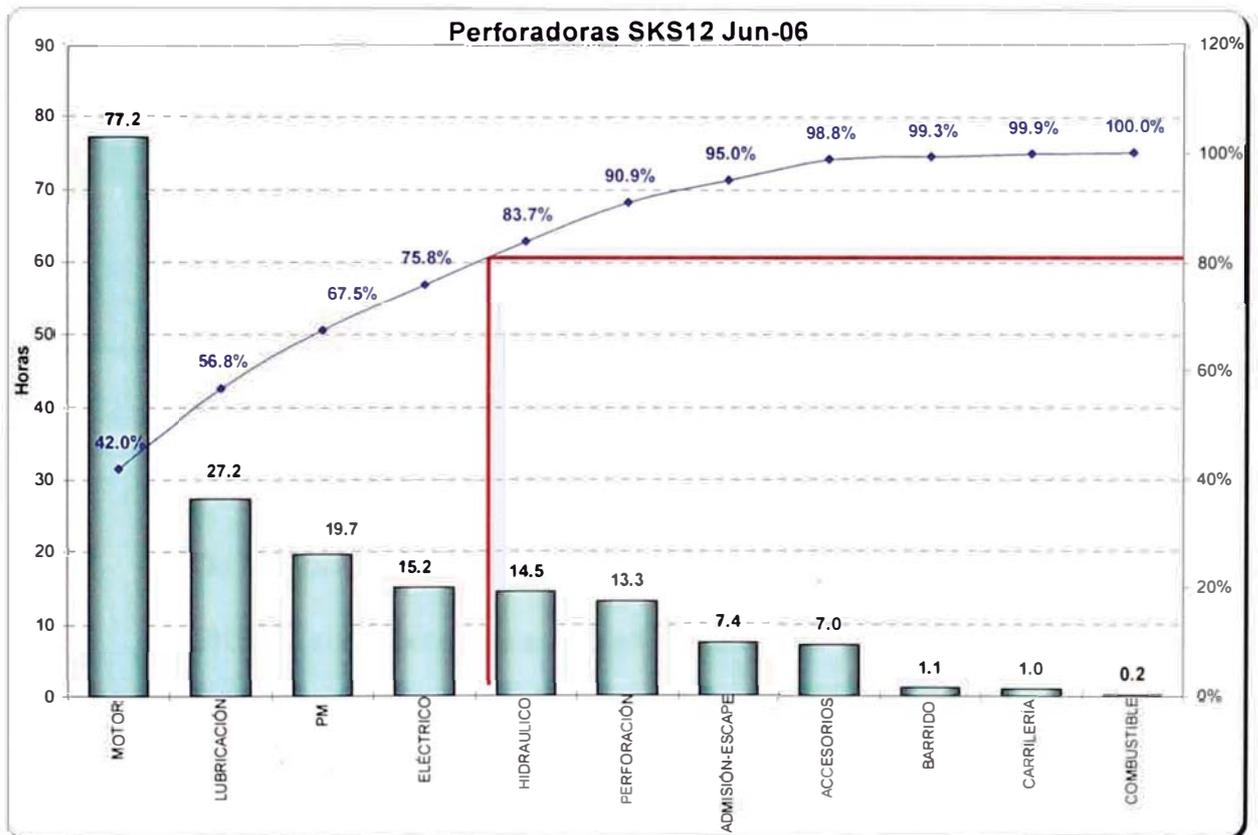


Gráfico 5 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

Luego analizaremos el Acumulado en lo que va del año:

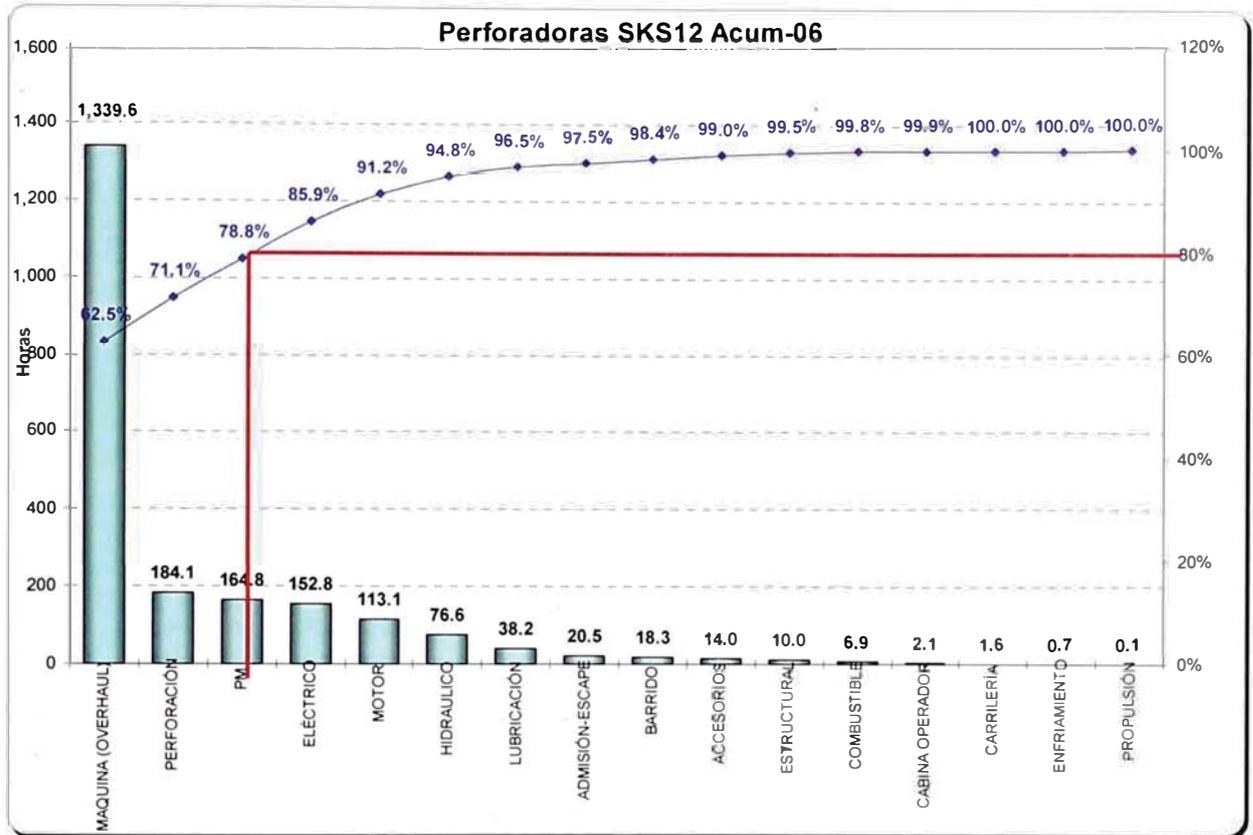


Gráfico 6 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

De los gráficos concluimos que el problema en las perforadoras SKS12 son **Excesivas Horas de Parada por Intervención de Mantenimiento.**

Fijamos la meta:

Del gráfico 2, observamos que existe una brecha de 7.51% de disponibilidad entre el valor actual y el valor meta.

En reunión de trabajo con el personal se acordó llegar a 90% de disponibilidad en un plazo de 12 meses.

Por tanto, llevamos los valores de disponibilidad a valores de Horas de Parada, obteniendo el siguiente gráfico:

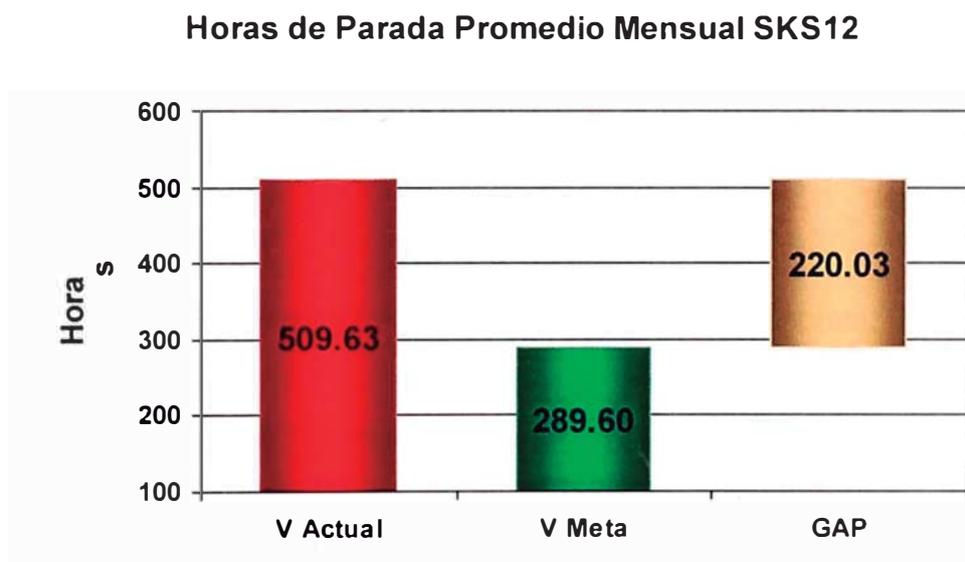


Gráfico 7 [Fuente: Elaboración Propia]

Y cuantificamos el potencial de mejora:

### 3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Las alternativas de solución son las siguientes:

1. Contratar una empresa externa para que nos solucione el problema.
  
2. Formar un equipo de trabajo interno, con los Técnicos de Mantenimiento, aprovechando sus conocimientos y experiencia en los Equipos, pero ello implica tener una metodología.

La empresa brindará la metodología: "Método de Solución de Problemas".

Escogemos la segunda alternativa por las siguientes razones:

- Bajo costo de implementación
  - Personal Propio.
  - Reuniones de trabajo en horario normal.
  
- Desarrollo del recurso humano
  - Capacitación en técnicas de mejora continua
  - Oportunidad de ver el negocio desde un punto de vista mas amplio
  - Trabajo en Equipo

### 3.3 METODOLOGIA DE SOLUCIÓN

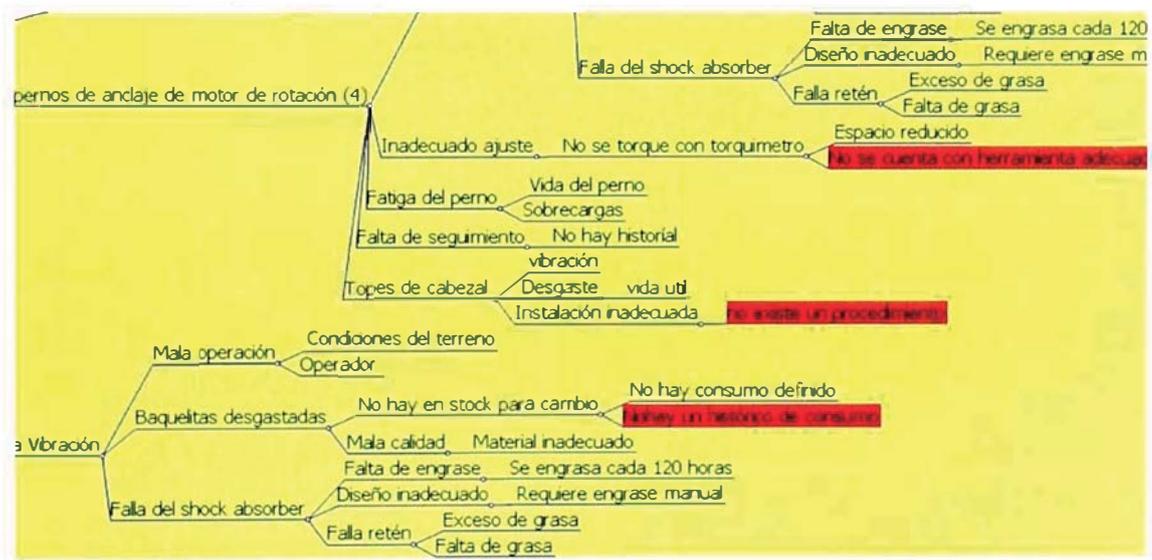
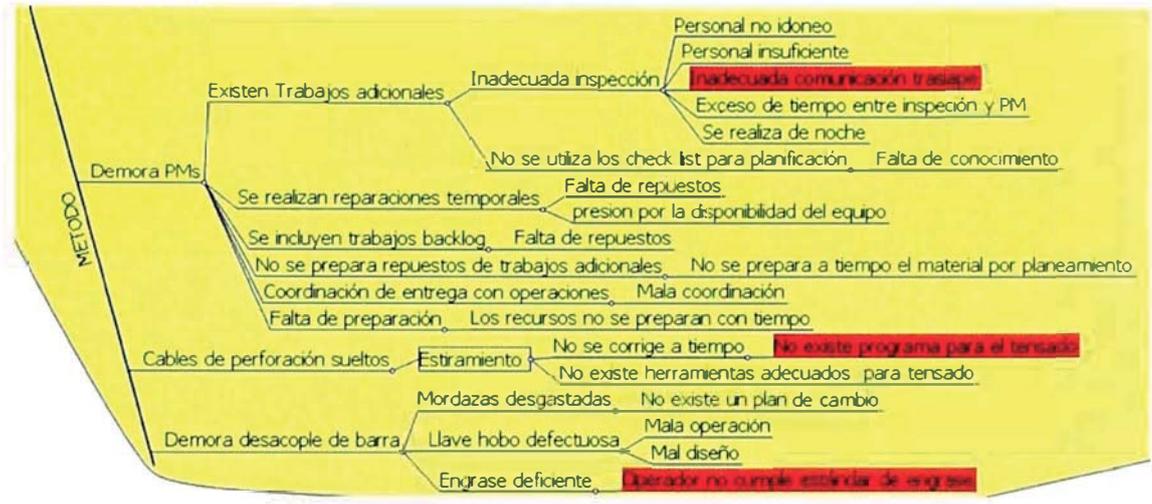
La metodología de solución a aplicar es la siguiente:

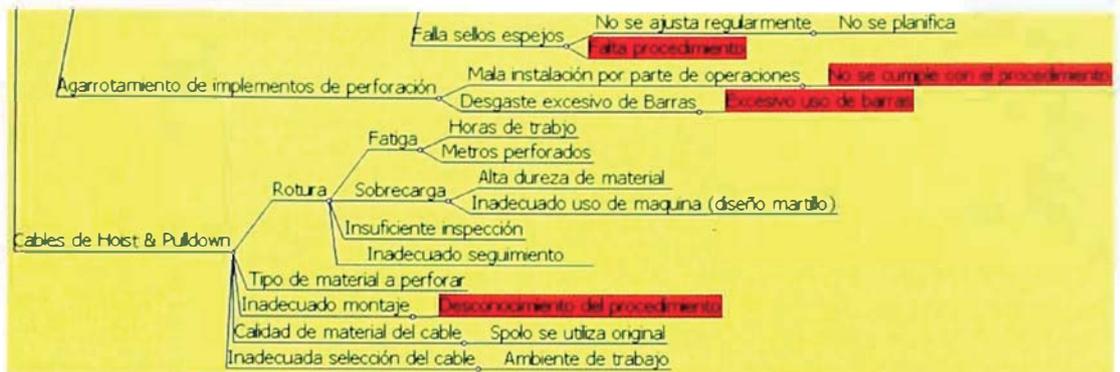
METODO PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS				
Paso	Sub- Paso	Actividades	Diagrama	
1	DIAGNOSTICAR OPORTUNIDADES Y FIJAR METAS	Identificar y seleccionar el problema	Identificar y listar los problemas	<pre> graph TD     A[Identificar el problema] --&gt; B[Entender el problema y fijar metas]     B --&gt; C[Analizar las causas]     C --&gt; D[Generar y priorizar soluciones]     D --&gt; E[Implementar las soluciones]     E --&gt; F[Evaluar resultados]     F --&gt; G[Estandarizar]     F --&gt; C     F --&gt; E                     </pre>
		Seleccionar el problema		
	Entender el problema y fijar metas	Identificar los indicadores del problema y las fuentes de pérdidas		
		Determinar los límites técnicos y el potencial de mejora		
		Fijar metas para los indicadores claves (KPI)		
Establecer el plan de trabajo				
2	GENERAR Y EVALUAR IDEAS	Analizar las causas	Identificar y analizar las causas	
		Confirmar las causas raices		
	Generar y priorizar soluciones	Generar las posibles soluciones		
		Evaluar y priorizar las posibles soluciones		
3	Implementar las soluciones	Implementar las soluciones "Go Do"		
		Elaborar planes de acción		
		Desarrollar el sistema de control de avances		
	Evaluar resultados	Evaluar el resultado de las mejoras		
		Identificar y cuantificar los beneficios		
	Estandarizar	Establecer los nuevos estándares y métodos de control		

Esta metodología ha sido desarrollada en detalle en el Capítulo II, punto 2.4 de este trabajo.



Realizando una ampliación de las causas raíces:





### 3.4 TOMA DE DECISIONES

De todas las posibles causas raíces se determina las principales, aquellas que generaran impacto en nuestro indicador, para cada una de las causas raíces se establece una o más iniciativas.

PROBLEMA: Excesivas Horas de Parada por Intervención de Mantenimiento.		
Nombre del equipo de mejora : Los Perforólogos		
N°	Causas raíces	Iniciativa
1	Problemas con Baquelitas o Padwear	Registrar consumos en reportes de servicio
		Colocar stock según consumo bimensual para 4 Perforadoras 16 Largas y 32 Cortas
		Desarrollar un procedimiento de instalación y cambio
2	Problemas con Topes inferiores y superiores del Cabezal de Rotación	Agregar a check List inspección de holgura de topes del cabezal
		Desarrollar de Instructivo sobre Instalación y cambio
3	Problemas con pernos de Tapa del Cabezal de Rotación	Definir stock de pernos
4	Fugas por sellos espejos de Cabezal de Rotación	Desarrollar instructivo para precarga de sellos espejo de Cabezal de Rotación
5	Problemas con implementos de perforación	Resaltar la importancia de la inspección de mordazas en llave Hobo
		Desarrollar instructivo para Operaciones: Engrase diario del Adaptador de barra. Pegarlo en la Cabina del operador.

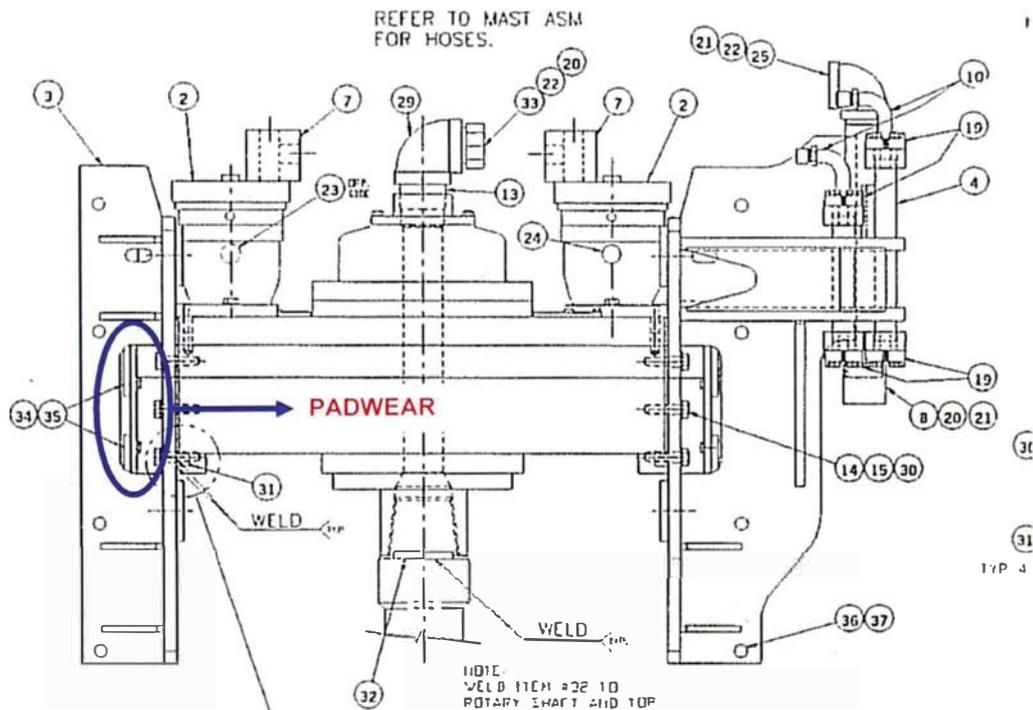
### **3.5 ESTRATEGIAS ADOPTADAS**

Continuando con la metodología se implementan cada una de las iniciativas.

Las iniciativas se desarrollan en forma conjunta con los Técnicos Multifuncionales de Mantenimiento, integrantes del Equipo de Trabajo de Mejora Continua de las perforadoras SKS12.

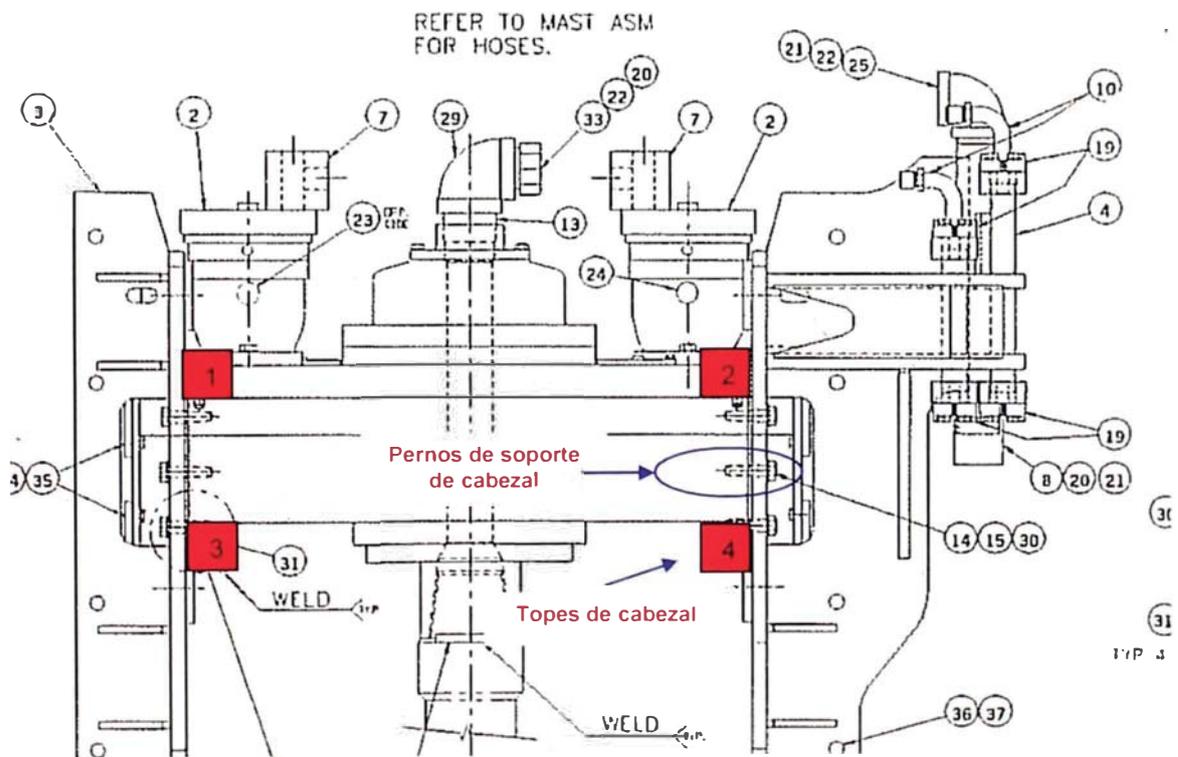
## INSTRUCTIVO N° 1: INSTALACION O CAMBIO DE PADWEAR (TOPES DESLIZANTE)

1. TENEMOS 4 PADWEAR (CORTOS) FRONTALES Y 4 EN LA PARTE POSTERIOR DEL CABEZAL.
2. PARA EL CAMBIO DE CUALQUIERA DE ESTOS SEA FRONTAL O POSTERIOS SE RECOMIENDA EL CAMBIO DE LOS 4 PADWEAR EN CASO DE NO HABER EN STOCK SE RECOMIENDA EL CAMBIO EN FORMA DIAGONAL.
3. TENEMOS 4 PADWEAR (LARGOS) LATERALES DOS A CADA EXTREMO.
4. PARA EL CAMBIO DE CUALQUIERA PADWEAR LATERAL SE RECOMIENDA EL CAMBIO DE LOS 4 PADWEAR EN CASO DE NO HABER EN STOCK SE RECOMIENDA EL CAMBIO EN FORMA DIAGONAL.



## INSTRUCTIVO N° 2: INSTALACION DE TOPES DEL CABEZAL DE ROTACION

1. DESACLOPAR LA BARRA DE PERFORACION
2. RETIRAR TOPES DE CABEZAL (4 TOPES), EL CABEZAL QUEDARA SUJETO POR LOS 6 PERNOS DE ANCLAJE POR AMBOS LADOS.
3. EJERCER PULLDOWN (PRESION DE PERFORACION), NOS AYUDAMOS CON EL ADAPTADOR EJERCIENDO PRECION CON EL SUELO O SOBRE UNOS TACOS EN CHASIS.
4. TENDREMOS QUE APLICAR LA PRESION DE PULLDOWN HASTA LLEGAR A UNA PRESION DE 1800 PSI
5. APAGAR EL EQUIPO DESCONECTAR ECM DE MOTOR Y BATERIAS.
6. LUEGO PROCEDEMOS A SOLDAR LOS TOPES SUPERIORES Y SEGUIDAMENTE LOS TOPES INFERIORES.
7. SE CONECTA LOS ECM Y BATERIAS.
8. PRUEBAS DEL EQUIPO.



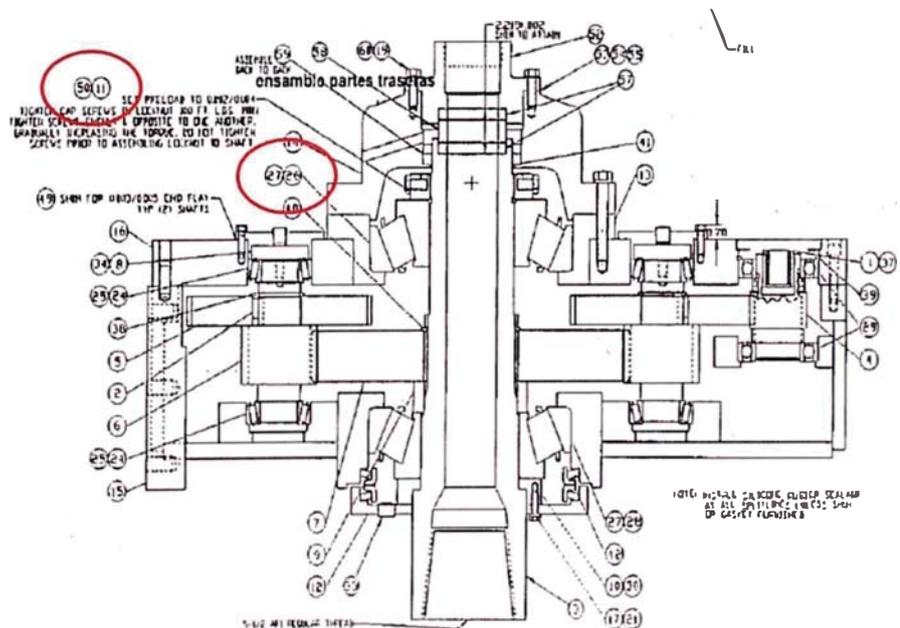
### INSTRUCTIVO N° 3: INSTRUCTIVO PARA PRECARGA DE SELLOS ESPEJO DEL CABEZAL DE ROTACIÓN DE PERFORADORAS SKS12

- A. Ponga el rodamiento recargado de 0.002 a 0.004 ubicando un bloque de madera de 8 x 8, bajo el cabezal de rotación y aplicar carga de peso de 1600 PSI.
- B. Girar la tuerca del bloque (11) hasta que contacte con el cono de rodamiento (26).
- C. Luego aumentar la carga de 1800 a 2000 PSI y ajustar 15° la tuerca del bloque (11)

Se realiza esta variación de aumento de carga debido en que algunas ocasiones el ajuste de 15° de la tuerca requiera mayor fuerza y al modificarlo el ajuste es suave.

- D. Luego ajustar los 4 pernos de la tuerca del bloque (11) en forma opuesta e intercalada y gradualmente aumentar el torque.

Observaciones.- No ajustar los pernos seguros de las tuercas antes de ensamblar la tuerca del bloque del eje.



## INSTRUCTIVO N° 4: PARA ENGRASE EN BARRA DE PERFORACION

**Objetivo: Evitar Amarre en el Desacople**

**Primer Paso:**

Antes de empezar con el desacople de la barra debemos revisar la llave hobo que tenga sus mordazas en buen estado y la llave este totalmente engrasada.

**Segundo Paso:**

Chequear que los bolsillos de la barra donde va la llave en "U" no estén muy desgastados para que no haya mal trabamiento, si en caso estén desgastados por favor llamar a Mantenimiento para corregir.

**Tercer Paso:**

Una vez chequeado estos dos pasos y que todo este bien procedemos al desacople de la barra.

**Cuarto Paso:**

La barra debe ser engrasada tres veces al día : al inicio, mitad y final del turno para evitar el trabamiento y sea mas fácil su desacople ya sea para su cambio o algún otro trabajo.

Se coloca a stock los ítems identificados como críticos a través de un formato entregado por el personal de almacén.

Solicitud de Requerimiento para Ingresar un Artículo bajo Inventario									
<b>Datos del Solicitante</b>									
Nombre	Planner Mantenimiento Mina	Registro		Mina		Departamento	Mantenimiento	Fecha	26/03/2007
<b>Requerimientos</b>									
Acción		Tipo de ítems	Nuevo	Procedencia		Proveedor sugerido			
Equipocomponente	PERFORADORA SKS12	Marca	FEEDRIL	Modelo		Proveedor alternativo			
<b>Relación de Productos</b>	<b>Descripción del Producto</b>	<b>Unid. /Medida</b>	<b>ACCION</b>	<b>Reposición</b>	<b>STOCK</b>	<b>Cerato y CC.</b>	<b>Valor Compra</b>	<b>Código Asig. (uso almacén)</b>	
Número de Parte									
	NP 18842 Mordazas		min 6 mas 12					02ER100673	
	NP 91717 Porta Mordaza		min 6 mas 12					02ER100674	
	NP 120578 Perno de Porta Mordaza		min 10 mas 20					02ER100675	
	NP 12103 Arandela		min 10 mas 20					02ER100676	
	NP 105143 Perno de Mordaza		min 6 mas 12					02ER100677	
	NP 120575 Perno de portamordaza		min 10 mas 20					02ER100678	
	NP 42728 Perno de Porta Mordaza		min 10 mas 20					02ER100350	
<p>El solicitante avisa la justificación del ingreso de los ítems por reposición automática (tendrá una rotación mayor a 1 unidad al día) a excepción de los ítems solicitados por reposición manual, cuya responsabilidad es del usuario solicitante.</p> <p>La información requerida en la cantidad de creación de ítems, debe registrarse en la cantidad, de lo contrario será devuelto al originador.</p> <p>Cuando se solicite un respecto que tiene el mismo fin de un ítem existente en el catálogo de materiales, el originador deberá indicarlo para procesar el remplazo correspondiente cuando el stock del ítem existe sea igual o cero.</p> <p>En ningún caso deberá solicitarse la creación de ítems nuevos que serán usados para prueba.</p> <p>En los campos de color amarillo serán usados en caso de modificaciones u otros cambios.</p>									
<b>Validación de creación/actualización (uso exclusivo de Almacén)</b>									
Nombres y Apellidos:						Firma		Fecha de creación	

## CAPITULO IV

### EVALUACION DE RESULTADOS

#### 4.1 COMPARACION DE ANTES Y DESPUES

**ANTES:** Recordemos el cuadro presentado en el Capitulo III

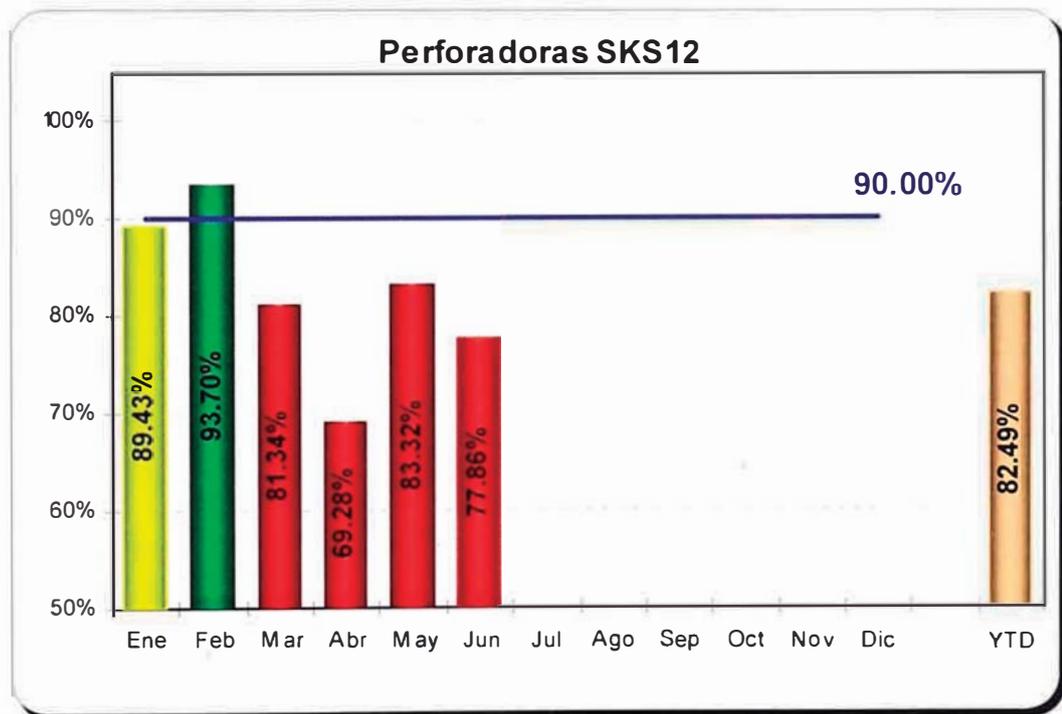


Gráfico 1 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

### Análisis de Perforadoras SKS12

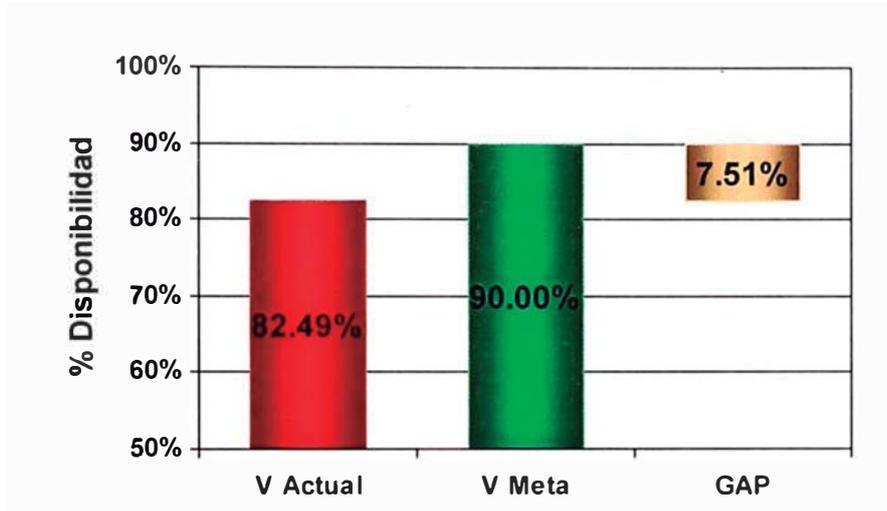


Gráfico 2 [Fuente: Elaboración Propia]

**DESPUES:** Veamos los resultados después de la implementación de las iniciativas:

**Disponibilidad**

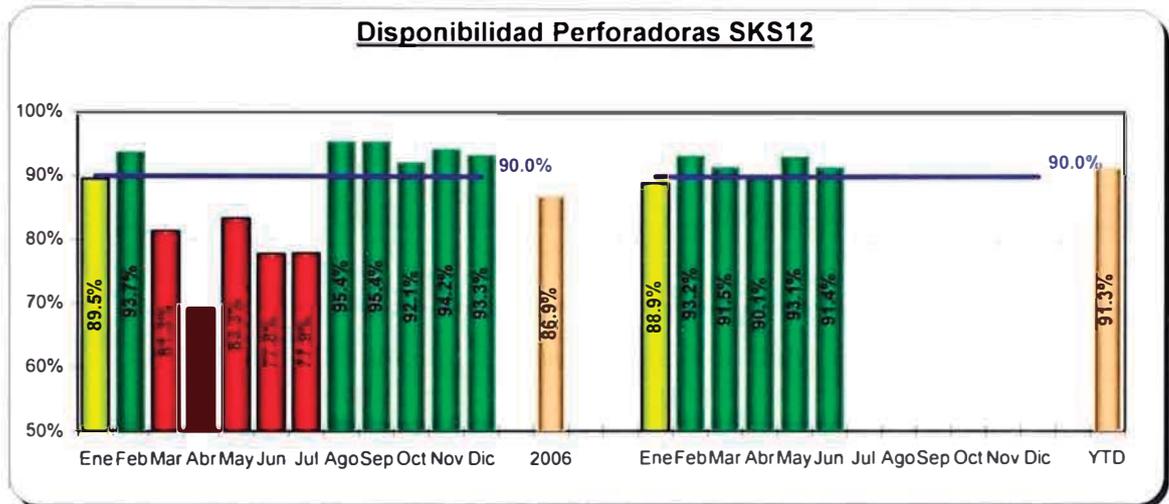


Gráfico 8 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

**Utilización:**

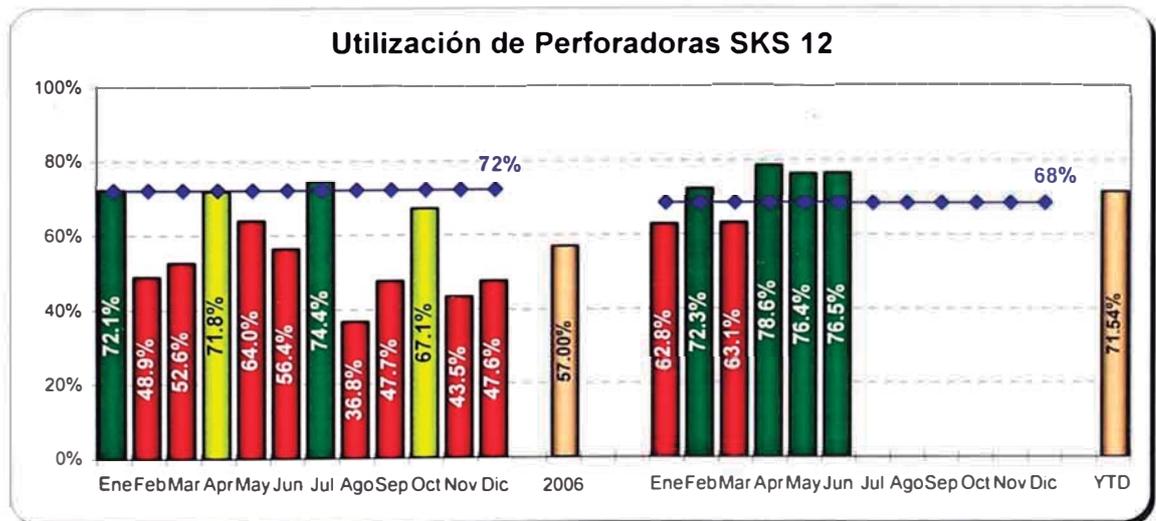


Gráfico 9 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

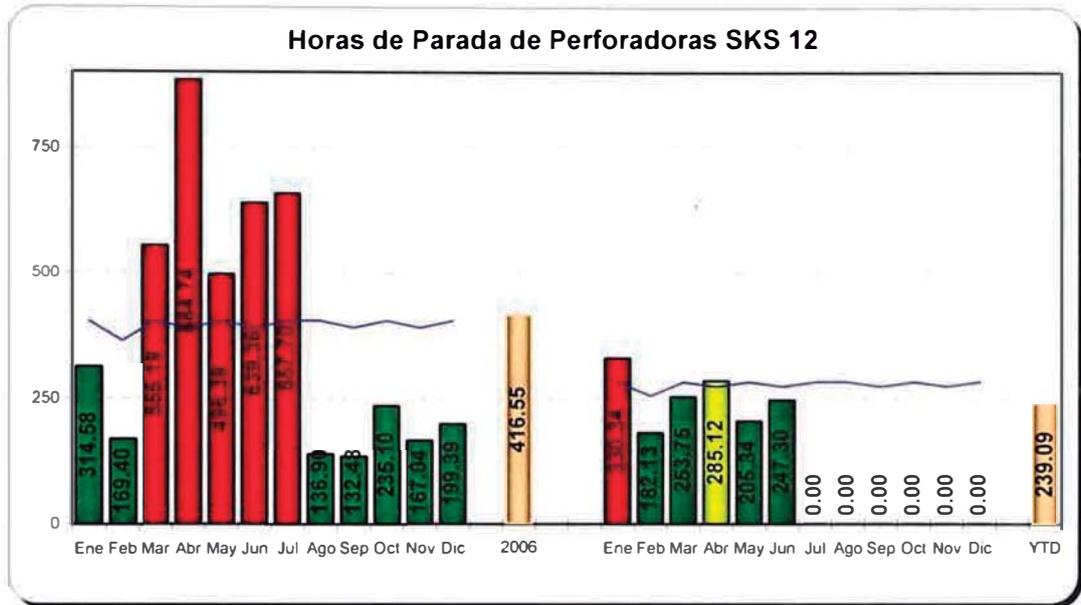


Gráfico 10 [Fuente: Ingeniería de Mantenimiento]

### Horas de Parada Promedio Mensual SKS12 Despues

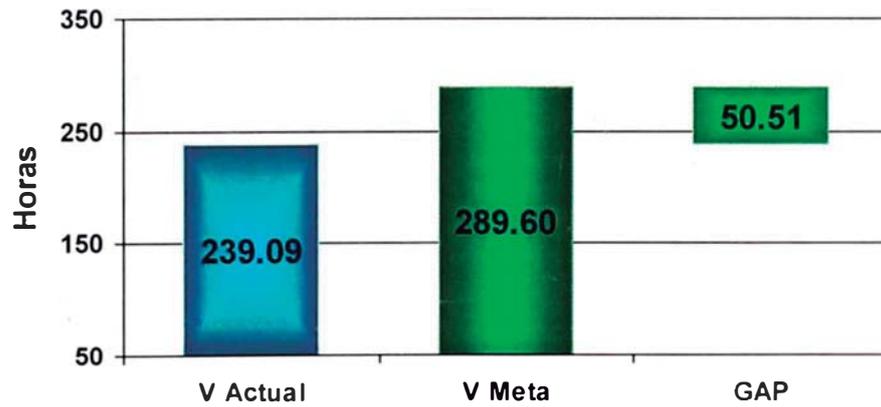


Gráfico 11 [Fuente: Elaboración Propia]

Del gráfico 7, se observa que al inicio del análisis las perforadoras tenían un tiempo promedio de parada mensual igual a 509.63 horas.

Del gráfico 11, después de la implementación de las iniciativas se observa que el tiempo promedio de parada mensual es 239.09 horas, lo cual nos indica una reducción de **270.54** horas.

Recordemos que nuestra meta planteada era llegar al valor presupuestado, es decir 289.06 horas, pero se ha obtenido un mejor valor.

## 4.2 CUANTIFICACION DE LA MEJORA

Obtenemos el costo horario de la perforadora.

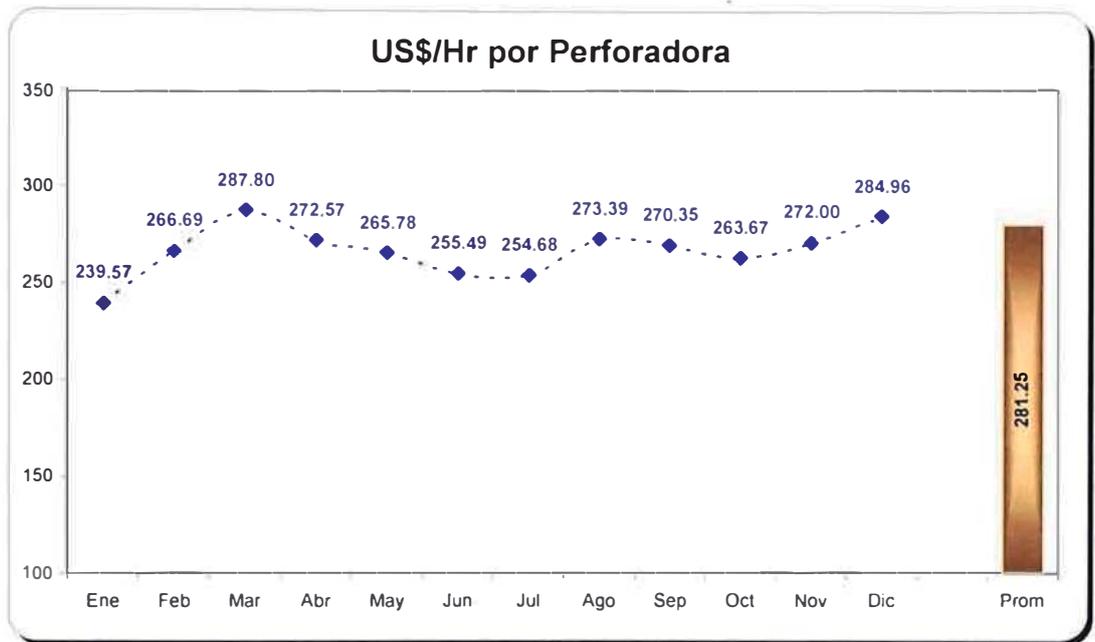


Gráfico 12 [Fuente: Operaciones Mina]

Entonces obtenemos el ahorro total:

$$\text{Ahorro (\$)} = [\text{Diferencia de Horas}](\text{Hrs.}) \times [\text{Costo Horario de Parada}] (\$/\text{Hr.}) \times 4 \text{ Eq.}$$

$$\text{Ahorro Mensual} = 270.54 \text{ Hrs.} \times 281.25 \text{ \$/Hrs.} \times 4$$

$$\text{Ahorro Mensual} = \mathbf{304,357.50} \text{ Dólares/Mensual}$$

$$\text{Ahorro Anual} = \mathbf{3'652,290.00} \text{ Dólares /Año}$$

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos se deben a la aplicación sistemática y disciplinada de la metodología del “Método de Solución de Problemas”.

El éxito logrado se basa fundamentalmente en el aporte del personal, demostrando de esta forma que independientemente de la herramienta lo más valioso en una organización es el recurso humano.

La implementación de las mejores prácticas en el taller será un estándar para las nuevas operaciones de la empresa.

El “Método de Solución de Problemas” es una herramienta de la filosofía del mejoramiento continuo, es por ello que siempre se buscará una mejor manera de hacer las cosas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Continuar aplicando esta metodología a todos los potenciales de mejora que se identifiquen en la empresa.

Asignar mayor tiempo a los trabajos orientados a la mejora.

Mantener siempre el apoyo de la Gerencia, como se ha demostrado en el desarrollo del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

- |                 |  |
|-----------------|--|
| Manual Básico   | Método y Herramientas para Solución de Problemas                                     |
| Manual Básico   | Mantenimiento Productivo Total   |
| Manual Básico   | 5S's: Organización en el Lugar de Trabajo  |
| SUZUKI, Tokuro. | "TPM en industrias de proceso"<br>Japan Institute of Plant Maintenance - Madrid 1995 |
| Ohno, Taichi.   | "Toyota Production Systems"<br>Productive Press, Inc. USA 1990.                      |

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Mantenimiento:** Es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

**TPM [Mantenimiento Productivo Total]:** Es un sistema para gestionar los equipos. La gestión del equipo es el conjunto de actividades que evita los defectos de calidad y averías, elimina la necesidad de ajustes en los equipos, y hace el trabajo más fácil y seguro para los operarios.

**Mejoramiento Continuo [Kaizen]:** Es un principio, una manera de vivir, que abarca todas las actividades en la empresa, se ha dicho que la estrategia kaizen es el concepto más importante en la administración japonesa y la clave de su éxito competitivo de Japón.

**5S's:** Metodología Japonesa, que encierra todo un estilo de vida, y que ha servido a muchas organizaciones ha mejorar sus niveles de estandarización.

Son 5 palabras en japonés

- Seiri – Seleccionar (Técnica de la Tarjeta Roja)
- Seiton - Todo en Su lugar
- Seiso - Super Limpieza
- Seiketso – Estandarización
- Shitsuke – Sostenimiento

**Método de Solución de Problemas:** Metodología estructurada y ordenada para la solución de problemas.

**Disponibilidad:** Es el porcentaje del tiempo total que se encuentra disponible un equipo para ser utilizado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total} - \text{Malogrado}}{\text{Total}}$$

**Utilización:** Es el porcentaje del tiempo disponible que se utiliza el equipo.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Operativo}}{\text{Total} - \text{Malogrado}}$$

## ANEXOS

Tabla 1	Horómetros Estimados de la SKS12
Tabla 2	Horas Operativas Mensuales de la SKS12
Cuadro 1	Proyección de Disponibilidad SKS12
Cuadro 2	Cálculo del Límite Técnico de la Disponibilidad de la SKS12
Cuadro 3	Horas Totales y Parada Mensual de la SKS12
Gráfico 1	Disponibilidad de la SKS12 [Ene-Jun 06]
Gráfico 2	Análisis de la Disponibilidad Actual vs Meta de la SKS12
Gráfico 3	Horas de Parada de la SKS12
Gráfico 4	Utilización de la SKS12 [Ene-Jun 06]
Gráfico 5	Pareto de horas de parada por sistemas de la SKS12 [Jun 06]
Gráfico 6	Pareto de horas de parada por sistemas de la SKS12 [Ene-Jun 06]
Gráfico 7	Horas de parada promedio mensual SKS12
Gráfico 8	Disponibilidad de la SKS12 [Ene 06 – Jun 07]
Gráfico 9	Utilización de la SKS12 [Ene 06 – Jun 07]
Gráfico 10	Horas de Parada de la SKS12 [Ene 06 – Jun 07]
Gráfico 11	Horas de Parada Promedio Mensual de la SKS12 [Jun 07]
Gráfico 12	Costo Horario de la Perforadoras SKS12