

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM (MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL) PARA EL EQUIPO LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE  
61439 PARA DAR CUMPLIMIENTO CON LA NORMA ASME B30.5.

CRISTIAN LEONARDO PORTILLO ORTEGA  
LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ

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

2017

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM (MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL) PARA EL EQUIPO LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE  
61439 PARA DAR CUMPLIMIENTO CON LA NORMA ASME B30.5.

CRISTIAN LEONARDO PORTILLO ORTEGA  
LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ

Monografía de grado presentada como requisito para optar por el título de  
Especialista en Gerencia de mantenimiento

Director  
GABRIEL ARDILA PÉREZ  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

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

2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos ofrecer nuestros agradecimientos a:

Todos los docentes del programa de la especialización que nos compartieron sus conocimientos y experiencias fundamentales para nuestro continuo crecimiento profesional.

A nuestro director de proyecto, Esp. Gabriel Ardila por sus aportes y observaciones en la elaboración de nuestra monografía.

A los colaboradores de la Universidad Industrial de Santander por su logística y atenciones durante el desarrollo del programa de la especialización.

## **DEDICATORIA**

A Dios por su gracia sobre mi vida, porque me ha permitido seguir siempre adelante, a mis padres y hermanos por su apoyo siempre ha sido incondicional y siempre han estado a mi lado.

A mi esposa, por esa ayuda idónea que siempre me acompaña y me impulsa a superarme cada día.

**CRISTIAN LEONARDO PORTILLO ORTEGA**

## **DEDICATORIA**

A DIOS por permitirme seguir soñando y cumplir mis metas personales y profesionales, a mis Padres y Hermanos por ayudarme a superar mis adversidades.

A mi esposa que me acompaña y motiva de inicio a fin en el emprendimiento de mis proyectos.

**LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	18
1. OBJETIVOS .....	19
2. MARCO TEORICO .....	20
2.1. Grúa LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE 61439 .....	20
2.1.1. TERMINOLOGIA .....	21
2.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO .....	24
2.1.2.1. Chasis de la grúa .....	24
2.1.3. DATOS TECNICOS .....	25
2.2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL .....	27
2.2.1. Fase de preparación .....	28
2.2.1.1. Paso 1, Declaración de la alta dirección .....	29
2.2.1.2. Paso 2, Educación Introductoria sobre el TPM y campaña de difusión .....	29
2.2.1.3. Paso 3, Estructura Organizacional .....	29
2.2.1.4. Paso 4, Fijar políticas básicas y objetivos .....	30
2.2.1.5. Paso 5, Diseñar un plan estratégico para implantar el TPM .....	30
2.2.2. Fase de introducción .....	30
2.2.2.1. Paso 6, "KICK - OFF" lanzamiento del programa dentro la compañía .....	30
2.2.3. Fase de implantación .....	30
2.2.3.1. Paso 7, Desarrollo de los pilares propuestos por el TPM .....	31
2.2.3.1.1. Mejora específica .....	32
2.2.3.1.2. Mantenimiento autónomo .....	33

2.2.3.1.2.1. Limpieza como inspección .....	34
2.2.3.1.2.2. Eliminar focos y áreas de difícil acceso .....	35
2.2.3.1.2.3. Estandares de limpieza y lubricación .....	36
2.2.3.1.2.4. Inspección general de equipos .....	36
2.2.3.1.2.5. Inspección general del proceso .....	37
2.2.3.1.2.6. Sistematizar el mantenimiento .....	38
2.2.3.1.2.7. Auto gestión .....	39
2.2.3.1.3. Mantenimiento planificado .....	40
2.2.3.1.3.1. Diagnóstico de la situación actual .....	40
2.2.3.1.3.2. Restaurar el deterioro .....	41
2.2.3.1.3.3. Estructuración del control de información y datos .....	41
2.2.3.1.3.4. Estructuración del mantenimiento periódico TBM .....	41
2.2.3.1.3.5. Estructuración del mantenimiento predictivo .....	42
2.2.3.1.3.6. Evaluar el sistema de mantenimiento planeado .....	42
2.2.3.1.4. Educación y entrenamiento .....	42
2.2.3.2. Paso 8, Control inicial .....	43
2.2.3.3. Paso 9, Mantenimiento de calidad .....	43
2.2.3.4. Paso 10, Area administrativa .....	43
2.2.3.5. Paso 11, Seguridad, higiene y medio ambiente .....	43
2.2.4. Fase de consolidación .....	43
2.3. Norma ASME B30.5 – 2007 Grúas móviles y sobre riel (de vía) .....	43
3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMINETO BASADO EN TPM.....	45
3.1 Etapa 1. Anuncio de la alta gerencia .....	45

3.2 Etapa 2. Lanzamiento de la campaña educacional del TPM .....	46
3.3 Etapa 3. Creación de una organización para la promoción interna del TPM	49
3.3.1 Funciones de los comites .....	50
3.4 Etapa 4. Establecer politicas y objetivos para el TPM .....	50
3.5 Etapa 5. Formular plan maestro del TPM .....	51
3.6 Etapa 6. Lanzamiento del TPM .....	52
3.7 Etapa 7 .....	52
3.7.1 Pilar mantenimiento autonomo .....	53
3.7.2 Pilar mantenimiento planificado .....	55
3.7.2.1 Paso 1. Diagnostico de la situación .....	56
3.7.2.2 Paso 2. Restaurar el deterioro .....	58
3.7.2.3 Paso 3. Crear un sistema de información .....	58
3.7.2.4 Paso 4 Estructurar un mantenimineto periodico .....	58
3.7.3 Pilar mejora enfocada .....	65
3.7.4 Pilar educación y entrenamiento.....	66
3.8 Etapa 8. Pilar control incial se equipos y productos.....	69
3.9 Etapa 9. Pilar mantenimiento de la calidad.....	69
3.10 Etapa 10. Pilar seguridad y medio ambiente .....	70
3.10.1 Manejo integral de residuos peligrosos y no peligrosos .....	70
3.10.1.1 Etapas del manejo integral de residuos .....	71
3.10.2 Ahorro y uso eficiente de recursos .....	75
3.10.2.1 Etapas del ahorro y uso eficiente de recursos .....	75
3.10.3 Huella de carbono.....	78

3.10.3.1 Etapas de la huella de carbono .....	78
3.10.3.2 Clasificación de emisiones.....	78
3.11 Etapa 11. Pilar gestión administrativa.....	81
4. CONCLUSIONES .....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Bases de operación en Colombia .....	18
Figura 2 Grua LIEBHERR LTM 1080 de serie 61439 .....	20
Figura 3 Partes de la grúa LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE 61439 .....	21
Figura 4 Pluma telescópica .....	23
Figura 5. Dimensiones de la grúa LIEBHERR LTM 1080 .....	25
Figura 6. Velocidades de trabajo .....	26
Figura 7. Fases para la implementación del TPM .....	28
Figura 8. Pasos en la fase de preparación .....	29
Figura 9. Pasos de la fase de implantación .....	31
Figura 10. Pilares del TPM.....	32
Figura 11. Pasos para gestionar las pérdidas .....	33
Figura 12. Pasos del mantenimiento autónomo .....	34
Figura 13. Pasos del mantenimiento planeado .....	40
Figura 14. Cuadro de capacitaciones .....	48
Figura 15. Pequeños grupos de TPM .....	49
Figura 16. 5S .....	55
Figura 17. Plan mantenimiento planificado .....	56
Figura 18. Clasificación de averías .....	57
Figura 19. listado capacitaciones .....	67
Figura 20. Evidencia capacitación .....	68
Figura 21. Indicadores manejo integrado de residuos .....	73
Figura 22. Formato descripción condiciones físicas de residuos peligrosos y no peligrosos .....	74
Figura 23. objetivos ahorro y uso eficiente de recursos .....	76
Figura 24. Descripción condiciones físicas instalaciones sanitarias .....	77
Figura 25. Orden de mantenimiento .....	82
Figura 26. Visor de reportes .....	83

Figura 27. hoja de vida de equipo Grúa LTM1080 sr 61439 ..... 84  
Figura 28. control inventario..... 85

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Dimensiones de la grúa LIEBHERR LTM 1080.....	26
Tabla 2 Objetivos y actividades de realizar limpieza inicial.....	34
Tabla 3 Objetivos y actividades para la eliminación de focos y áreas de difícil acceso.....	35
Tabla 4 Objetivos y actividades para estandarización de limpieza y lubricación.....	36
Tabla 5 Objetivos y actividades para la inspección general de equipos.....	37
Tabla 6 Objetivos y actividades para la inspección general del proceso.....	37
Tabla 7 Objetivos y actividades para la sistematización del mantenimiento.....	38
Tabla 8 Objetivos y actividades para el auto gestión.....	39
Tabla 9 Plan maestro de TPM.....	51
Tabla 10 Tareas mantenimiento transmisión automática.....	59
Tabla 11 Tareas mantenimiento conjunto superior.....	60
Tabla 12 Tareas mantenimiento conjunto inferior.....	61
Tabla 13 Tareas mantenimiento motor.....	62
Tabla 14 Tareas mantenimiento LMI.....	63
Tabla 15 Tareas mantenimiento motor arranque.....	63
Tabla 16 Tareas mantenimiento alternador.....	64
Tabla 17 Tareas mantenimiento baterías.....	64

## RESUMEN

**TITULO:** PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL) PARA EL EQUIPO LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE 61439 PARA DAR CUMPLIMIENTO CON LA NORMA ASME B30.5.<sup>1</sup>

**AUTORES:**

CRISTIAN LEONARDO PORTILLO ORTEGA y LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ.<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, MAMUT DE COLOMBIA, IMPLEMENTACIÓN, AUTONOMO, PLANIFICADO, CALIDAD

**DESCRIPCIÓN:**

La compañía Mamut de Colombia S.A.S tiene como visión para el año 2020 consolidarse como el proveedor de servicio de transporte especializado, izajes y de logística de proyectos, en los sectores del petróleo, infraestructura, energía, minería e industria pesada para Colombia. Para esto cuenta con una serie de equipos estratégicos en el área de transporte e izaje como los son modulares, contrapesados y grúas telescópicas, los cuales deben permanecer en condiciones óptimas de operación.

Como ayuda al cumplimiento de su visión hemos optado por el desarrollo de esta monografía buscando aportar las metodologías del TPM, con el fin de mejorar los procedimientos y actividades de trabajo en la compañía, ya que el TPM ha demostrado a nivel mundial en las diferentes industrias resultados positivos para todos los procesos de las compañías logrando aumentar la rentabilidad del negocio.

El cumplimiento de las normas ASME deben ser usadas por cualquier tipo y tamaño de empresa para cumplir con objetivos relacionados con la calidad, seguridad, salud y medio ambiente, la buena práctica de aplicación permite a las empresas competir de igual a igual en el mercado nacional e internacional.

Estas metodologías también contienen objetivos y actividades asociadas al incremento de la productibilidad, disminución de pérdidas, cero averías, calidad de productos y satisfacción de los clientes entre otros.

---

<sup>1</sup> Monografía.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización Gerencia de Mantenimiento. Director: Gabriel Ardila Pérez, Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

## SUMMARY

**TITLE:** TPM MAINTENANCE PLAN (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) FOR THE LIEBHERR LTM 1080 SERIES 61439 TO COMPLY WITH THE ASME B30.5 STANDARD.<sup>3</sup>

**AUTHORS:**

CRISTIAN LEONARDO PORTILLO ORTEGA and LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ.<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE, COLOMBIA'S MAMUT, IMPLEMENTATION, AUTONOMOUS, PLANNED, QUALITY

**DESCRIPTION:**

The company Colombia's MAMUT has as vision for the year 2020 to consolidate itself as the supplier of specialized transport service, lifting and logistic projects in the oil and gas, infrastructure, energy, mining and heavy industry sectors for Colombia. For this has a series of strategic equipment in the area of transport and lifting as they are modular, overweight and telescopic cranes, these must remain in optimal operating conditions.

As an aid to the fulfillment of his vision we have opted for the development of this monograph looking to contribute the methodologies of the TPM, in order to improve the procedures and work activities in the company, The TPM has demonstrated worldwide in the different industries positive results for all processes of the companies managing to increase the profitability of the business.

The compliance with ASME standards must be used by any type and size of company to meet quality objectives, safety, health and environmental, the good application practices allow companies to compete on an equal to equal in the domestic and international markets.

These methodologies also contain objectives and activities associated with increased productivity, loss reduction, zero damages, product quality, safety and customer satisfaction among others.

---

<sup>3</sup> Monograph.

<sup>4</sup> Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Gabriel Ardila Pérez, Maintenance Management Specialist.

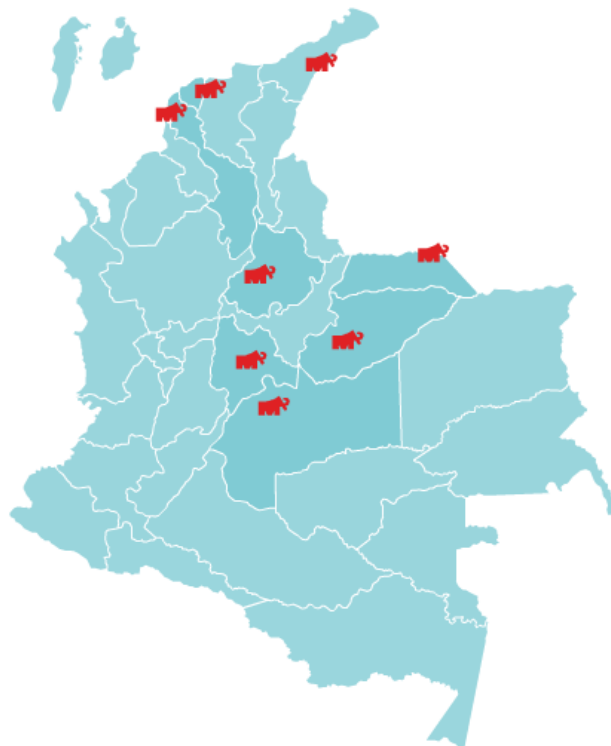
## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la industria de transporte especializado de carga ultra dimensionada ha venido asumiendo un papel importante para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado, En Colombia no es la excepción, es por eso que la compañía MAMUT DE COLOMBIA se ha constituido con el fin de consolidarse como el proveedor de servicio especializado, izajes y de logística de proyectos, en los sectores Oil and Gas, infraestructura, energía, minería e industria pesada para Colombia.

**Figura 1. Bases de operación en Colombia**

### **Bases de Operación**

---



Fuente: [http://www.mamut.com.co/site/mamut\\_colombia/bases](http://www.mamut.com.co/site/mamut_colombia/bases) [5]

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un plan de mantenimiento basado en TPM (Mantenimiento Productivo Total) para el equipo LIEBHERR LTM 1080 de serie 61439 para dar cumplimiento con la norma ASME B30.5.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diagnosticar el estado actual de la gestión de mantenimiento en los equipos estratégicos de la compañía.
- Identificar los diferentes sistemas y definir sus funciones en el equipo para implementar las tareas del TPM.
- Diseñar un modelo para la implementación del mantenimiento productivo total para la grúa LIEBHERR LTM 1080 serial

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Grúa LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE 61439

Las grúas son máquinas utilizadas para elevar o mover cargas en el espacio, suspendidas de un gancho a través de accesorios de carga y suspensión. Fueron inventadas en la antigua Grecia, accionadas por hombres o animales utilizadas en la construcción. En la edad media fueron utilizadas además en los puertos y astilleros. [3]

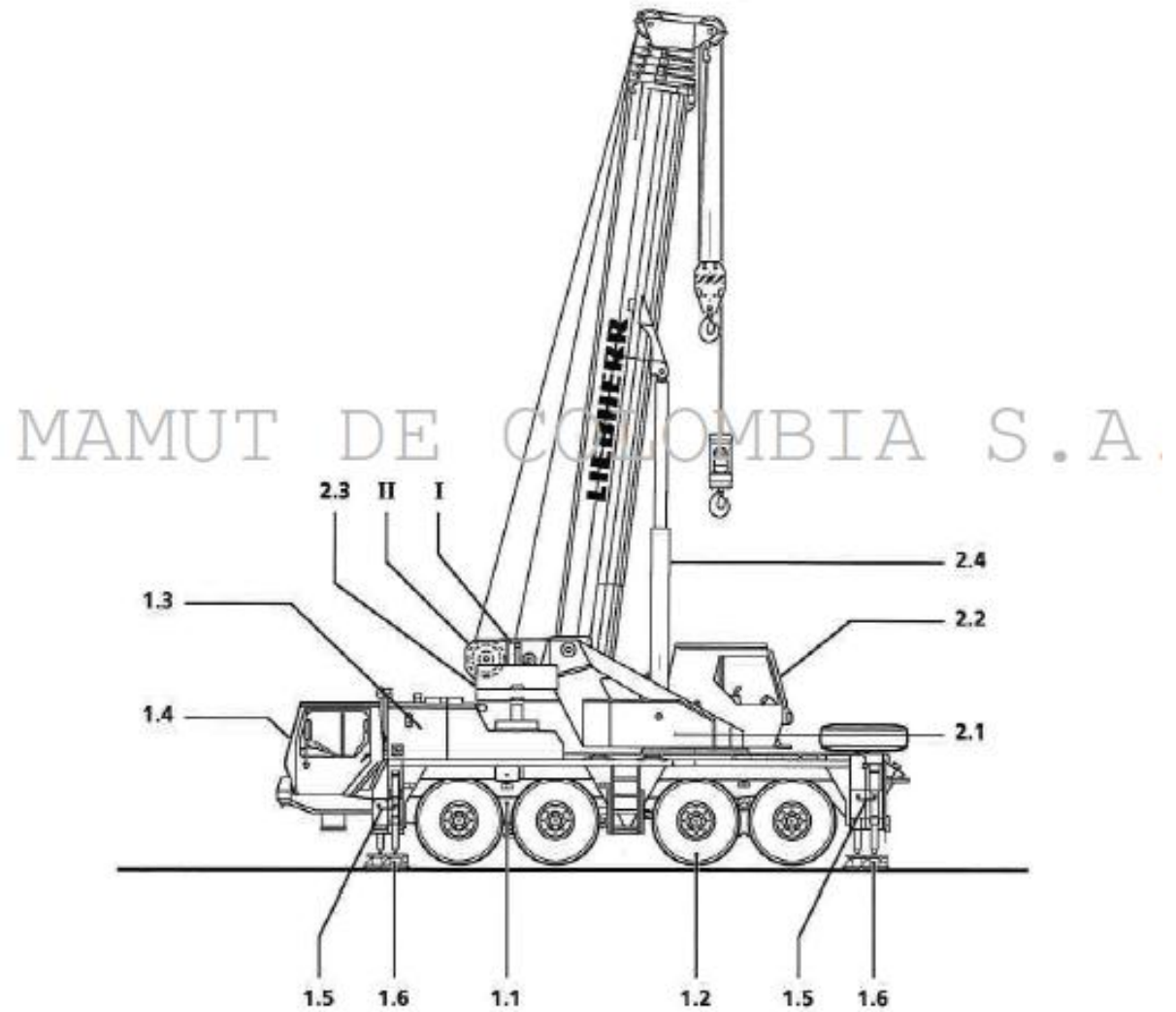
La nueva grúa LIEBHERR LTM 1080 tiene una capacidad de 100 toneladas. Las características standard de este equipo incluyen transmisión automática, suspensión independiente y cabina inclinaba.

Figura 2. Grúa LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE 61439



### 2.1.1. TERMINOLOGIA

Figura 3. Partes de la grúa LIEBHERR LTM 1080 DE SERIE 61439



Fuente: LIEBHERR GRUA MOVIL TELESCOPICA LTM 1080/1, Instrucciones para el uso BAL-No 10606-02-10 [4]

1.1 Chasis de 4 ejes

1.2 Neumáticos – ejes 1-4 con neumáticos simples

1.3 Motor diésel con caja de cambio automático

1.4 Cabina de conductor

1.5 Largueros corredizos con cilindros de apoyo

1.6 Placas de apoyo

I Cabrestante 1 Cabrestante de elevación con el servicio T, TK

II Cabrestante 2 Cabrestante de elevación con el servicio T, TK

2.1 Bloques de mando

2.2 Cabina del gruista

2.3 Contrapeso

2.4 Ajuste de la pluma telescópica – cilindro de levantamiento de la pluma

Para las siguientes partes ver figura 4, de la siguiente página.

A. Pie de la pluma

T1 Elemento telescópico 1

T2 Elemento telescópico 2

T3 Elemento telescópico 3

T4 Elemento telescópico 4

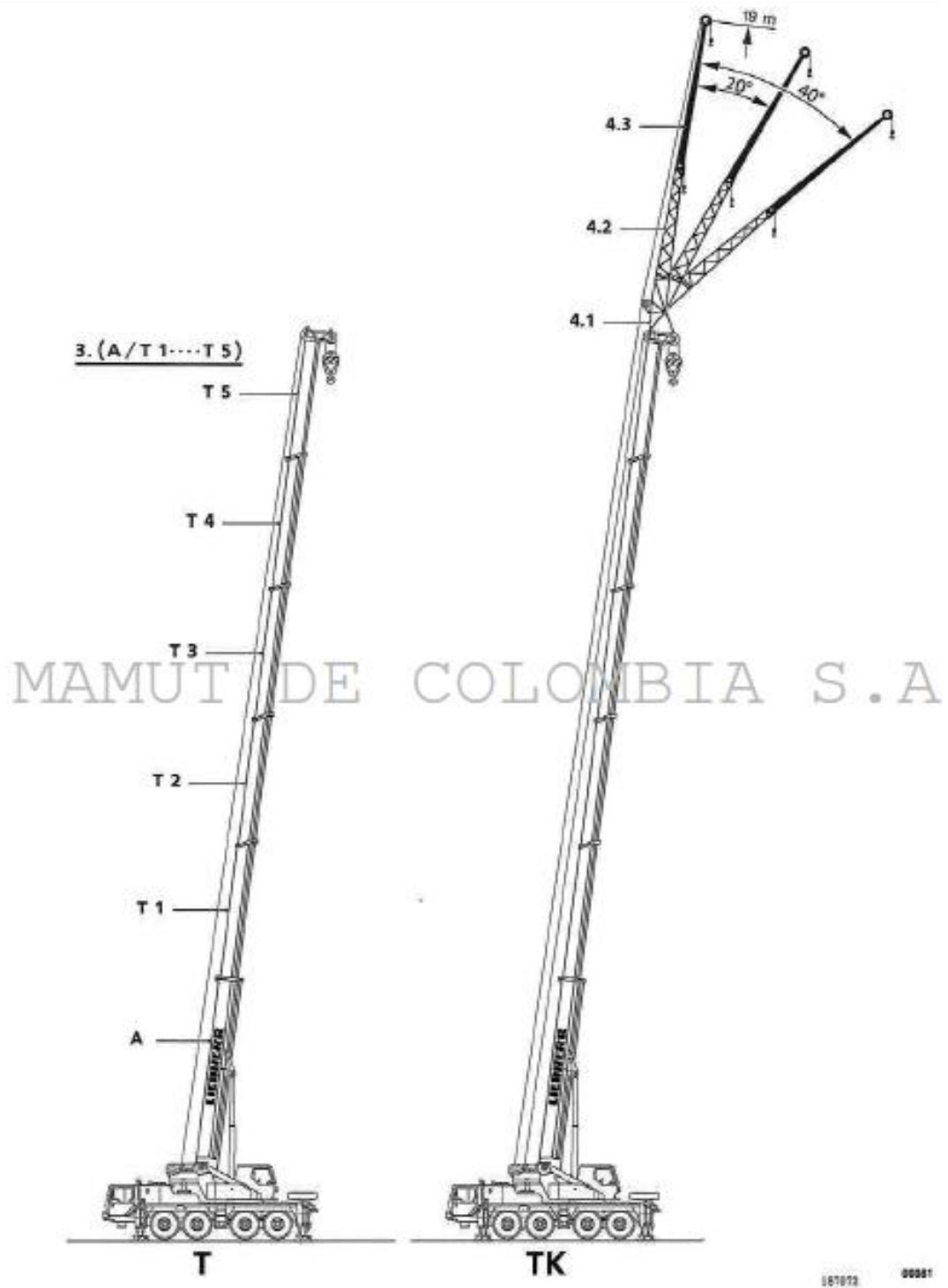
T5 Elemento telescópico 5

4.1 Adaptador para el montaje de la punta rebatible a un ángulo de 0°, 20° o 40°

4.2 Punta rebatible 10.5 mts.

4.3 Extensión cabezal 8.5 mts.

Figura 4. Pluma telescópica.



Fuente: LIEBHERR GRUA MOVIL TELESCOPICA LTM 1080/1, Instrucciones para el uso BAL-No 10606-02-10 [4]

## **2.1.2. Descripción del producto.**

**2.1.2.1. Chasis de la grúa.** Bastidor: Construcción de fabricación propia en forma de caja, con un peso optimo a prueba de torsión y en acero altamente resistente de grano fino.

Estabilizadores: 4 estabilizadores con placas de apoyo montadas, se extienden hidráulicamente de manera horizontal y vertical. Carga máxima por cada estabilizador adelante 38 toneladas y atrás 60 toneladas.

Motor: diésel de 6 cilindros, fabricado por LIEBHERR, tipo D9406 TI-E A5 refrigerado por agua

Engranaje: Engranaje de cambio bajo carga ZF, tipo 6 WG 310

Árbol articulado: Todos los arboles articulados con dentado en cruz 70°

Suspensión: Todos los ejes regulables a una cierta altura, suspensión hidroneumática, suspensión hidráulica posible a bloquearse

Dirección: Dirección asistida hidráulicamente con 2 sistemas para el circuito y una bomba dirigible auxiliar

Cabrestante de elevación: Motor de volumen constante con émbolos axiales

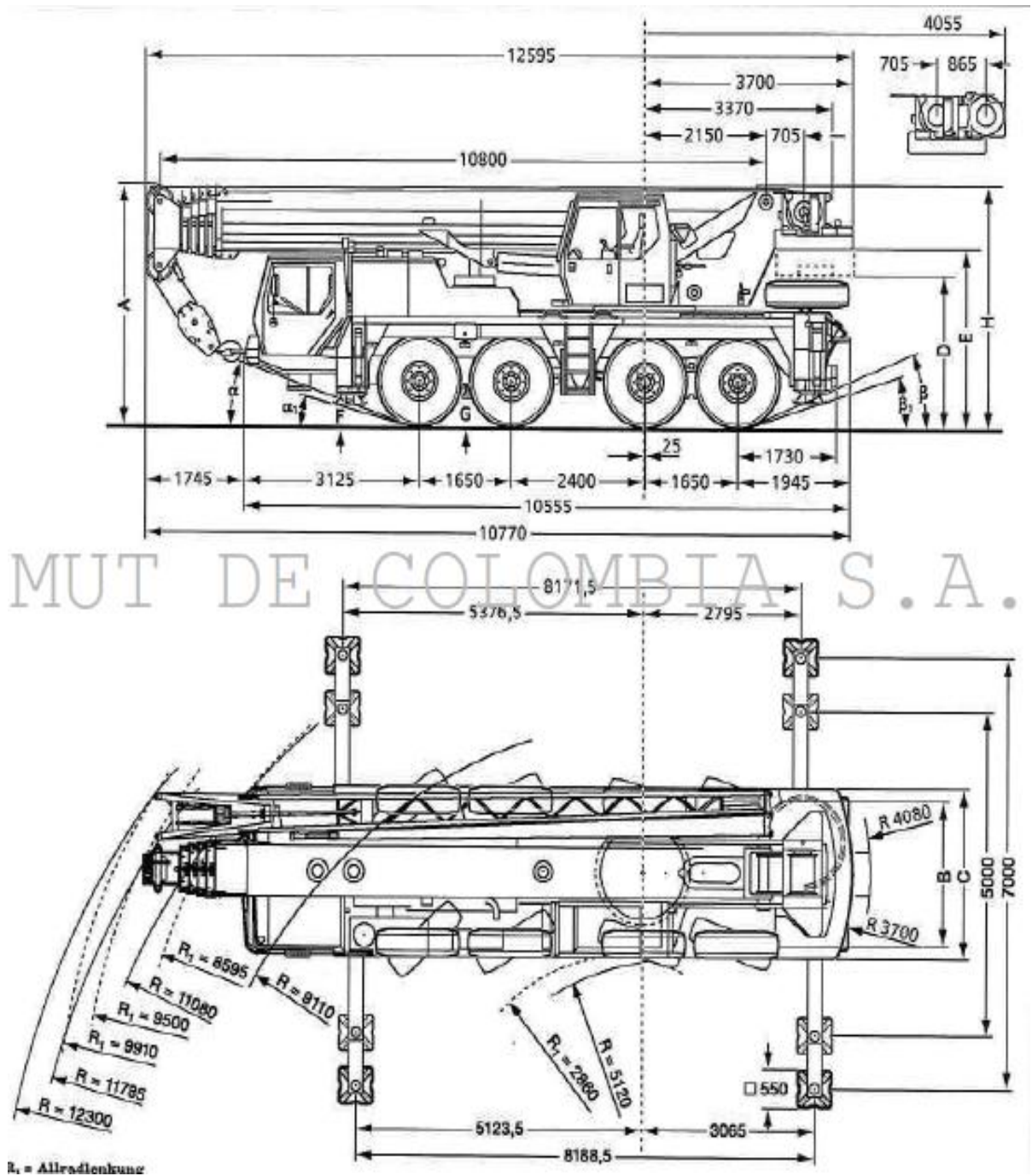
Mecanismo de levantamiento: 1 cilindro diferencial con válvula de frenado a mando previo

Dispositivos de seguridad: Controlador de cargas LICCON, limitador del fin de carrera, válvulas de seguridad contra rupturas de tuberías y mangueras

Pluma telescópica: 1 pie de pluma y 5 elementos telescópicos, todos los elementos telescópicos independientes unos de otros movibles telescópica e hidráulicamente bajo carga parcial.

### 2.1.3. Datos Técnicos

Figura 5. Dimensiones de la grúa LIEBHERR LTM 1080.










Fuente: LIEBHERR GRUA MOVIL TELESCOPICA LTM 1080/1, Instrucciones para el uso BAL-No 10606-02-10 [4]

Tabla 1. Dimensiones de la grúa LIEBHERR LTM 1080

LLANTAS	DIMENSIONES											
	A	B	C	D	E	F	G	H	$\alpha$	$\alpha_1$	$\beta$	$\beta_1$
14.00 R25	3800	2350	2750	2356	2836	295	380	3816	17°	14°	21°	14°
16.00 R25	3850	2310	2750	2406	2886	345	430	3866	19°	16°	23°	16°
20.5 R25	3850	2410	2930	2406	2886	345	430	3866	19°	16°	23°	16°

Fuente: LIEBHERR GRUA MOVIL TELESCOPICA LTM 1080/1, Instrucciones para el uso BAL-No 10606-02-10 [4]

Figura 6. Velocidades de trabajo

	MAMUT DE COLOMBIA S.A																	
	1	2	3	4	5	6	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>		1	2	3	4	5	6	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	
	8,8	13,6	21,3	33,1	46,6	75	8,8	21,3	39%	9,6	14,8	23,2	36	52,9	80	9,6	23,2	35%
 	5,7	8,8	13,8	21,4	31,4	48,7	5,7	13,8	60%	6,2	9,6	15	23,3	34,2	53,1	6,2	15	60%
	14.00 R 25						16.00 R 25											

Fuente: LIEBHERR GRUA MOVIL TELESCOPICA LTM 1080/1, Instrucciones para el uso BAL-No 10606-02-10 [4]

## **2.2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y rápidamente paso a formar parte de la cultura corporativa de empresas tales como Toyota, Nissan y Mazda y de sus suministradores y filiales. Se ha introducido también posteriormente en otras industrias tales como electrodomésticos, microelectrónica, maquinas, herramientas, plásticos, fotografías etc.

También las industrias de procesos partiendo de sus experiencias de mantenimiento preventivo, han empezado a implementar el TPM. En los últimos años han estado implementando el TPM un creciente número de plantas de procesos de industrias de la alimentación, caucho, refinerías de petróleo, químicas, farmacéuticas, gas, cemento, papeleras, siderurgia, impresión, etc.

Inicialmente las actividades del TPM se limitaron a los departamentos directamente relacionados con los equipos. Sin embargo, actualmente los departamentos administrativos y de apoyo, a la vez que apoyan activamente al TPM en la producción, lo aplican también para mejorar la eficacia de sus propias actividades, los métodos de mejora TPM se están aplicando también en los departamentos de desarrollo y ventas.

Hay tres razones principales por las que el TPM se ha difundido tan rápidamente en la industria japonesa y ahora lo esté haciendo por todo el mundo: garantiza drásticos resultados, transforma visiblemente los lugares de trabajo y eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento.  
[4]

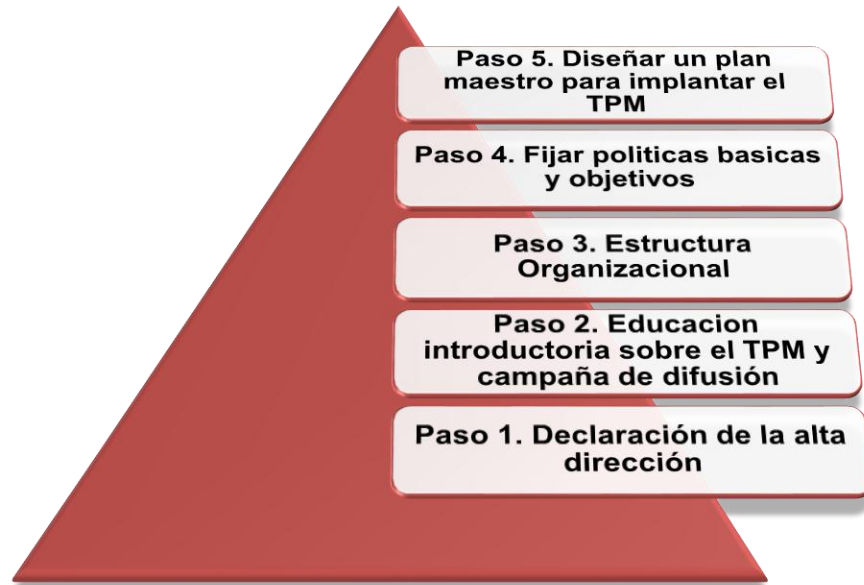
El TPM se implanta normalmente en cuatro fases, que pueden descomponerse en doce pasos.

Figura 7. Fases para la implementación del TPM



**2.2.1 Fase de preparación.** Es vital elaborar cuidadosa y prolijamente los fundamentos para un programa TPM. Si la planificación es descuidada, se necesitarían repetidas modificaciones y correcciones durante la implantación, dentro de la fase de preparación encontramos 5 grandes pasos para su implementación. [6]

Figura 8. Pasos en la fase de preparación



**2.2.1.1. Paso 1, Declaración de la alta dirección.** La alta dirección anuncia su decisión y el programa de introducción del TPM en una reunión interna, publicidad en revista de la empresa etc., todos los empleados deben comprender el porqué de la introducción del TPM

**2.2.1.2. Paso 2, Educación introductoria sobre el TPM y campaña de difusión.** Para garantizar que todos comprendan las características del TPM se requiere la impartición de curso y capacitaciones para cada nivel en la empresa

**2.2.1.3. Paso 3, Estructura organizacional.** Conformar comités especializados y grupos en cada nivel de la organización, también se debe establecer una oficina

de promoción del TPM que se responsabilice de desarrollar y promover estrategias eficaces de promoción del TPM.

**2.2.1.4. Paso 4, Fijar políticas básicas y objetivos.** La política debe ser parte integral de la política global de la empresa y debe indicar objetivos y directrices de las actividades a realizar [6]

**2.2.1.5. Paso 5, Diseñar un plan estratégico para implantar el TPM.** El plan maestro consiste en definir las actividades a poner en práctica dentro de los pilares tradicionales de TPM en un periodo de tiempo para lograr los objetivos propuestos. Este es desarrollado normalmente por el líder y el personal de TPM. Es una visión de las mayores actividades de TPM en un periodo determinado. [6]

## **2.2.2. Fase de introducción**

### **2.2.2.1. Paso 6 “KICK OFF” lanzamiento del programa dentro la compañía.**

Una vez que se ha aprobado el plan maestro, puede tener lugar el “Kick off” del TPM. Este comienzo debe perfilarse para cultivar una atmósfera que eleve la moral e inspire dedicación. En Japón, consiste a menudo en una reunión del todo el personal a la que se invitan clientes, filiales y subcontratistas. En la reunión, la alta dirección confirma su compromiso de implantar el TPM e informa de los planes desarrollados y el trabajo realizado durante la fase de preparación. [6]

**2.2.3. Fase de implantación.** Durante esta fase se realizan actividades para lograr los objetivos del plan maestro, debe ajustarse el orden y plazo de las actividades de los pasos 7 al 11 para adaptarlos a las características particulares de la empresa, división o planta. [6]

Figura 9. Pasos de la fase de implantación



**2.2.3.1. Paso 7, Desarrollo de los pilares propuestos por TPM.** Durante la fase de implantación es importante la implementación de los siguientes pilares propuestos por TPM.

Figura 10. Pilares del TPM



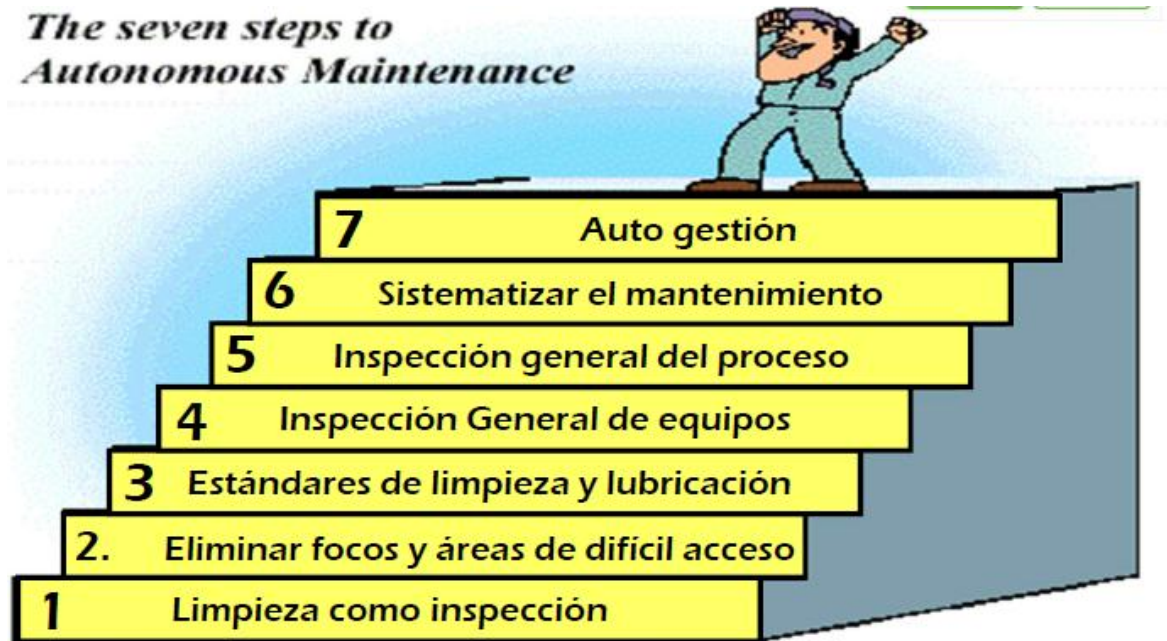
**2.2.3.1.1. Mejora Específica.** Este pilar se enfoca a la consolidación de una cultura de mejoramiento en la organización para contribuir al incremento de la rentabilidad y afianzar su competitividad en el mercado, teniendo como máximo objetivo de maximizar la eficiencia del sistema productivo a través de la identificación y eliminación de pérdidas en toda la compañía.

Figura 11. Pasos para gestionar las pérdidas



**2.2.3.1.2. Mantenimiento Autónomo.** Mantenimiento autónomo es uno de los principales pilares del TPM ya que podemos asumir que en este pilar es el punto de partida de la puesta en práctica del TPM donde el operador toma un papel relevante, sus actividades llevaran a evitar el deterioro de los equipos, llevar el equipo a su estado ideal, establecer las condiciones básicas y desarrollar nuevas competencias y habilidades. El programa de mantenimiento autónomo se pone en práctica mediante los siguientes 7 pasos:

Figura 12. Pasos del mantenimiento autónomo



**2.2.3.1.2.1. Limpieza como inspección.** Durante este primer paso, los trabajadores constatan como la limpieza que hace desaparecer el polvo largo tiempo acumulado en el equipo, puede ser al mismo tiempo un modo de inspección del equipo.

Tabla 2. Objetivos y actividades de realizar limpieza inicial

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Evitar el deterioro acelerado eliminando el entorno nocivo de polvo y suciedad	Eliminar el polvo y la suciedad del equipo
Elevar la calidad de trabajo de inspecciones y reparación y reducir los tiempos de inspección eliminando el	Descubrir las irregularidades tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles, y

polvo y la suciedad	fuentes de defectos de calidad
Establecer las condiciones básicas del equipo	Eliminar los elementos innecesarios y raramente usados y simplificar el equipo.
Descubrir y reparar los defectos ocultos	

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.2.2. Eliminar focos y áreas de difícil acceso.** En este paso se busca disminuir los tiempos de limpieza y chequeo, eliminar las fuentes de polvo y tierra, mejorar la accesibilidad de áreas que son difíciles de limpiar y lubricar

Tabla 3. Objetivos y actividades para la eliminación de focos y áreas de difícil acceso

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Incrementar la fiabilidad intrínseca del equipo impidiendo la adhesión de polvo y suciedad y controlando esto en su fuente	Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difíciles
Incrementar la mantenibilidad mejorando la limpieza, inspección y lubricación.	
Crear equipos que no requieran trabajo manual	

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.2.3. Estándares de limpieza y lubricación.** El objetivo de este paso es garantizar el mantenimiento de los logros obtenidos en los pasos 1 y 2, esto es, asegurar el mantenimiento de las condiciones básicas y de la situación óptima del equipo.

Tabla 4. Objetivos y actividades para estandarización de limpieza y lubricación

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Sostener las tres condiciones básicas para mantener adecuadamente el equipo y prevenir su deterioro	Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza y lubricación a niveles adecuados con mínimos tiempo y esfuerzo
Realizar inspecciones precisas por medio de controles visuales tales como placas de identificación y especificaciones y de gamas de operación correcta	Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.2.4. Inspección general de equipos.** Conduzca el entrenamiento sobre las destrezas de acuerdo con los manuales de inspección, encuentre y corrija defectos menores en inspecciones generales, modifique el equipo para facilitar la inspección. (Apuntes de clase)

Tabla 5. Objetivos y actividades para la inspección general de equipos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Mejorar la fiabilidad realizando inspecciones generales y revertir el deterioro en cada parte del equipo	Facilitar formación sobre técnicas de inspección con base en manuales
Adiestrar a todos los operarios para inspeccionar fiablemente, introduciendo controles visuales tales como placas de máquinas, placas de especificaciones de correas en V, placas de tipos y cantidades de lubricantes, indicadores on-off sobre válvulas etc.	Poner en condición óptima a elementos individuales del equipo mediante la inspección general
	Modificar el equipo para facilitar el chequeo. Hacer un uso extenso de los controles visuales

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.2.5. Inspección general del proceso.** Desarrolle y use la lista de verificación para mantenimiento autónomo (estandarice limpieza, lubricación e inspección para fácil aplicación) (apuntes de clase)

Tabla 6. Objetivos y actividades para la inspección general del proceso

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Mejorar la fiabilidad y la seguridad globales de los procesos mediante una operación correcta	Facilitar instrucción sobre los rendimientos de procesos, operaciones y ajustes, adiestrar sobre el manejo de

	anomalías con el fin de mejorar la fiabilidad operacional y tener operarios competentes
Afinar la precisión de la inspección de los procesos extendiendo y mejorando los controles visuales, indicadores de contenidos de tubos y direcciones de flujo	Impedir las duplicaciones u omisiones en la inspección, incorporando a la inspección periódica de cada equipo estándares provisionales de inspección, limpieza y reposición del proceso entero o del área.
Modificar el equipo para facilitar su funcionamiento	

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.2.6. Sistematizar el mantenimiento.** Uno de los objetivos de este paso es facilitar a los operarios que realicen un mantenimiento autónomo profundo y amplio del proceso entero y que amplíen sus capacidades al campo del mantenimiento de calidad

Tabla 7. Objetivos y actividades para la sistematización del mantenimiento

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Precisar las relaciones entre los equipos y la calidad del producto y establecer un sistema de mantenimiento de calidad	Instaurar el mantenimiento de calidad y de seguridad estableciendo claros procedimientos y estándares
Estandarizar el mantenimiento y control del equipo de transporte, piezas de repuesto, herramientas, trabajos en	Mejorar los procedimientos de preparación y reducir el trabajo en proceso

procesos, productos finales, datos, rutas de paso, equipos de limpieza y otros e introducir controles visuales para todo en los lugares de trabajo	
	Establecer un sistema de auto-gestión para mejorar el flujo en el lugar de trabajo, las piezas de repuesto, herramientas, trabajo en curso, productos finales, datos etc.

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.2.7. Auto gestión.** Desarrolle metas para la compañía, comprométase en actividades de mejora continua

Tabla 8. Objetivos y actividades para el auto gestión.

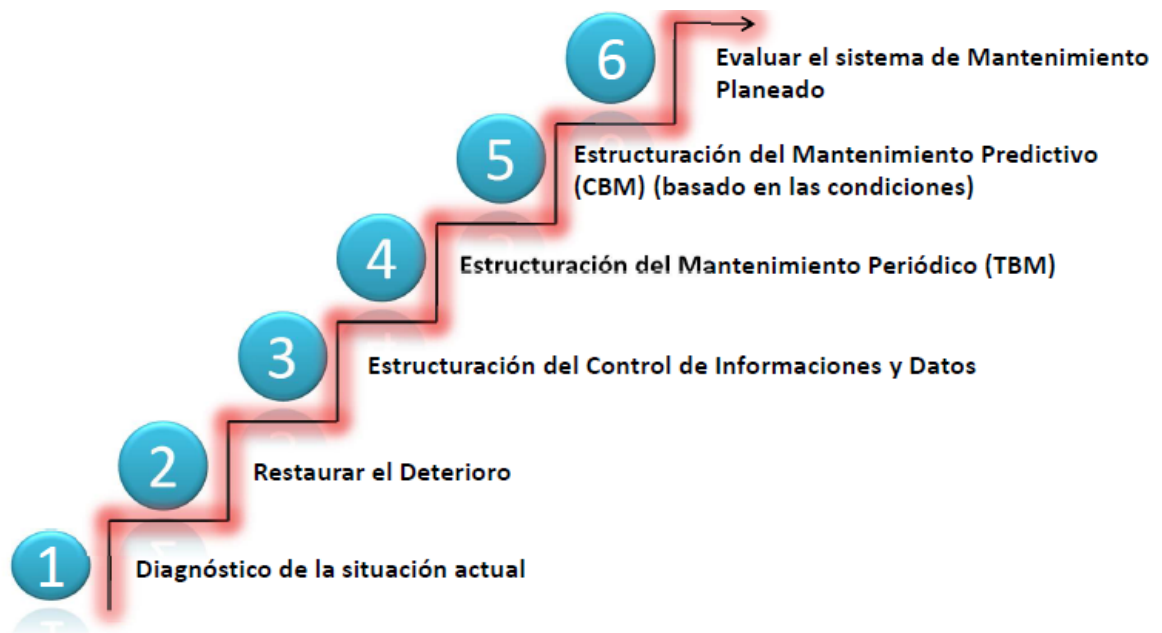
OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Analizar sistemáticamente los datos para mejorar los equipos y elevar la fiabilidad, seguridad, mantenibilidad, calidad y operabilidad de los procesos	Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas, y reducir costes eliminando el desperdicio en los lugares de trabajo
Priorizar las mejoras del equipo, ampliar su periodo de vida y los intervalos de chequeo, usando datos firmes para identificar debilidades	Mejorar continuamente los equipos llevando registros precisos del mantenimiento y analizando los datos sistemáticamente.

Fuente: TPM en industrias de proceso [6]

**2.2.3.1.3. Mantenimiento Planificado.** Uno de los principales objetivos de este pilar es alcanzar 0 fallas en los equipos de las compañías, como también minimizar los recursos, mejorar la efectividad de costos, eliminar otras pérdidas asociadas a los equipos entre otros,

Dentro del mantenimiento planificado encontramos 6 importantes pasos que nos llevarán al cumplimiento de este pilar.

Figura 13. Pasos del mantenimiento planeado



**2.2.3.1.3.1. Diagnóstico de la situación actual.** Tiene como objetivo evaluar la máquina y comprender su situación actual a través de un diagnóstico de las 4M's, para este diagnóstico es importante realizar las siguientes actividades:

- Registro de los equipos (Mantenimiento de rutina y periódico)
- Evaluar los equipos según criticidad

- Clasificar las averías
- Analizar los indicadores
- Fijar metas

**2.2.3.1.3.2. Restaurar el deterioro.** En este paso se busca utilizar técnicas analíticas para eliminar las causas del deterioro como también tomar las medidas necesarias para evitar que se continúe con las fallas por el mismo factor, podemos utilizar algunas técnicas analíticas como:

- Análisis de causa raíz
- 5W + 1H
- Los 5 Porqués
- La espina de pescado

**2.2.3.1.3.3. Estructuración del control de informaciones y datos.** En esta paso debe montarse un sistema de proceso de datos informatizado, es importante realizar actividades como:

- Crear un sistema de gestión de datos de fallos
- Crear un sistema de gestión del mantenimiento de equipos
- Crear un sistema de gestión del presupuesto de equipos
- Crear sistemas para controlar piezas de repuestos, datos técnicos, manuales, etc.

**2.2.3.1.3.4. Estructuración del mantenimiento periódico (TBM).** En este paso se desarrollan actividades básicas que faciliten un funcionamiento consistente y continuo del equipo tales como inspeccionar, reponer y restaurar piezas periódicamente para prevenir las averías, dentro el desarrollo de estas actividades se deben incluir algunas como:

- Selección de equipos y componentes prioritarios según criticidad

- Preparar los planes de mantenimiento de acuerdo a las valoraciones de las condiciones del equipo
- Estandarización de actividades de mantenimiento, mediante manuales y procedimientos
- Mejorar la eficiencia del mantenimiento con parada general y reforzar el control del trabajo subcontratado

**2.2.3.1.3.5. Estructuración del mantenimiento predictivo.** Para poner en práctica el mantenimiento predictivo o basado en condiciones, debe ser posible medir las características que indican fiablemente el deterioro, tales como vibraciones, temperatura, presión, contaminación de lubricantes, tasa de corrosión, resistencia eléctrica entre otras. [4]

**2.2.3.1.3.6. Evaluar el sistema de mantenimiento planeado.** En este paso se debe evaluar la eficiencia, oportunidad en tiempos y factibilidad económica del mantenimiento, como también evaluar los resultados y cumplimiento de los objetivos, revisar la estrategia y tomar acciones en caso de requerirlas.

**2.2.3.1.4. Educación y entrenamiento.** Este pilar está enfocado a la educación y entrenamiento de habilidades para identificar los problemas y resolverlos proactivamente, la formación debe comenzar desde el primer día de cualquier programa de TPM y tener en cuenta el entorno, las necesidades, aptitudes, carácter y capacidades particulares del personal a formar y la empresa.

**2.2.3.2. Paso 8, Control Inicial.** Es el desarrollo de equipos con óptima ingeniería altamente fiable, amigable de operar y mantener. Busca además de fabricar productos libres de pérdidas y defectos durante el tiempo de vida del equipo. [5]

**2.2.3.3. Paso 9, Mantenimiento de Calidad.** El mantenimiento de calidad consiste en realizar sistemáticamente y paso a paso actividades que garanticen en los equipos las condiciones para que no se produzcan defectos de calidad. [4]

**2.2.3.4. Paso 10, Área administrativa.** Las actividades TPM en las áreas administrativas incrementan su productividad documentando sus sistemas administrativos y reduciendo su desperdicio y pérdidas. Pueden ayudar a elevar la eficacia del sistema de producción mejorando cada tipo de actividad organizada que apoye la producción.

**2.2.3.5. Paso 11, Seguridad, higiene y medio ambiente.** Encaminado para desarrollar el sistema de gestión en seguridad, higiene y medio ambiente donde podamos identificar y prevenir los riesgos que puedan alterar la integridad de las personas y tener efectos negativos en el entorno.

**2.2.4. Fase de consolidación.** Hay varias claves para mantener los niveles TPM una vez logrados. Por ejemplo crear fuertes grupos TPM en cada nivel y dotar a una organización de promoción que ayude a integrar el TPM en el trabajo diario.

**2.3. Norma ASME B30.5 – 2007 Grúas móviles y sobre riel (de vía).** La norma B30.5 se aplica a las grúas sobre orugas, grúas sobre rieles, grúas montadas

sobre ruedas y las modificaciones de las mismas manteniendo las mismas características fundamentales. Dentro de sus principales objetivos esta:

- Prevenir o minimizar las lesiones a los trabajadores y por lo demás proteger la vida, la integridad física y la propiedad mediante la prescripción de requisitos de seguridad.
- Proporcionar orientación a los fabricantes, propietarios, empresarios, usuarios y demás interesados con o responsables de su aplicación.
- Orientar a los gobiernos y otros organismos reguladores en la elaboración, promulgación y aplicación de las directivas de seguridad adecuadas.

La norma clasifica en dos tipos la inspección regular del equipo, las cuales se designan como inspección frecuente la cual se realiza en intervalos diarios a mensuales por una persona designada y la inspección periódica realizada en intervalos de 1 a 2 meses o como específicamente lo recomienda el fabricante o una persona calificada.

Deberá hacerse registros fechados de inspecciones periódicas de elementos críticos tales como frenos, ganchos de grúa, cables, cilindros hidráulicos y neumáticos y válvulas de alivio de presión neumática e hidráulica, se conservaran los registros donde estén disponibles para el personal designados. [1]

En la sección 5-2.3 la norma sugiere establecer un programa de mantenimiento preventivo con el respectivo procedimiento de mantenimiento en el cual se deben tomar algunas precauciones antes de iniciar los ajustes y reparaciones en la grúa.

### **3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM**

Se requiere diseñar un plan de mantenimiento para el equipo de izaje LTM1080 basado en el Mantenimiento Productivo total, para lo cual se desarrollaran los doce pasos para la implementación del TPM y así describir las tareas y actividades a realizar.

Basados en el fundamento del TPM se establece una estrategia con las tareas y actividades en secuencia, las cuales nos permitirán realizar mejoras en el proceso de mantenimiento de la compañía obtenido como resultados la disminución de costos, tiempos muertos del equipo, mejorando la disponibilidad y la confiabilidad del equipo.

Este proyecto se viene trabajando de la mano de Mamut desde el mes de noviembre, la compañía ya ha realizado el inicio de la implementación, varios de estos formatos ya han sido avalados por el sistema de calidad de la compañía y adicional a estos, ya se han realizado nuevas versiones, debido que durante su ejecución los grupos promocionales del TPM han avisado de mejoras, las cuales han sido tomadas en cuenta y posterior a esto quedan archivadas en la intranet que posee la empresa.

A continuación se presenta el modelo del plan de mantenimiento basado en TPM para el equipo LIEBHERR LTM1080 de serie 61439

#### **3.1 Etapa1. Anuncio de la alta gerencia.**

Se realizara el anuncio por parte de alta gerencia de la compañía Mamut de Colombia S.A.S de la decisión de implementar el modelo de Mantenimiento Productivo Total, teniendo como piloto la ejecución del plan de mantenimiento para la el equipo de izaje 61439. Se realizara a través de un comunicado oficial y

de una presentación a todos los empleados donde se informara y se motivara al desarrollo del proyecto.

El fin es introducir el proyecto mostrando a los empleados de la compañía el fuerte compromiso de las altas directivas con la ejecución del TPM, en este punto se requiere nombrar a un coordinador del programa, cuya función principal es velar por el correcto desarrollo de la puesta en marcha del plan, promoviendo conocimientos y las ventajas del TPM a todo el personal involucrado, esto con el fin de determinar que todos los trabajadores tiene claro las definiciones del TPM y cuál es el rumbo que la compañía ha dispuesto para llegar en feliz término al objetivo trazado.

### **3.2 Etapa 2. Lanzamiento de la campaña educativa del TPM.**

La resistencia al cambio, debido a una cultura fuerte y arraigada dentro de la compañía es una de las razones por las cuales el TPM no tiene éxito, dentro de los cambios que plantea este sistema puede generar temores dentro de cada uno de los procesos, el técnico puede ser escéptico con respecto a que el operador realice trabajos de mantenimientos básicos, por su parte este relaciona el TPM con más trabajo para él, la parte administrativa puede considerar que el apoyo de la alta gerencia va a ser mínimo, entre otros casos, por este motivo se debe realizar campañas de educación en las cuales se incluyen capacitaciones a cada uno de los empleados, desde la alta gerencia hasta el rango más bajo de la compañía, donde se ilustre las definiciones básicas, las ventajas y como se debe desarrollar un proyecto de esta magnitud, para así dejar claro cuáles serán las funciones y posibles actividades que cada uno va a desarrollar para realizar su aporte en la implementación del mantenimiento productivo total.

Estas capacitaciones pueden tener diferentes niveles y según cuales vayan a ser sus funciones, se puede determinar que tanto debe profundizar un funcionario de

la compañía en un determinado tema. Para el caso particular de Mamut de Colombia S.A.S se determina que todos deben recibir el mismo grado de profundización sobre el TPM, ya que se ha encontrado que el temor a que la alta gerencia no se comprometa con el proyecto es que más se hace notar dentro de los empleados, por tal motivo desde este paso se motiva a que la responsabilidad de sacar el proyecto adelante es de todos.

Se desarrollaran cuatro módulos para las capacitaciones, en el primero dará inicio el plan de TPM con el anuncio de la alta gerencia y el despliegue de los objetivos estratégicos y las políticas del proyecto, para así dar a conocer el rumbo y las metas que se plantea la compañía y que los empleados se vayan familiarizando.

En el segundo se realiza la introducción al TPM, donde se capacitará sobre los conceptos básicos del plan, se informa que es y que no es el TPM, para que sirva y que problemas resolvería su implementación, con lo cual se busca motivar al empleado haciendo notar todos los beneficios que trae la implementación del plan de Mantenimiento Productivo Total.

En el tercer módulo, se profundiza sobre los resultados e indicadores del TPM, con lo cual se desea que el empleado entienda que todos los líderes pueden medir las mejoras y el rendimiento de sus procesos y que esto a la vez es la forma de mostrar los avances que se realizan en el desarrollo de las actividades, por lo que se motiva a que el empleado se comprometa con el proyecto ya que va a poder evidenciar de manera cuantitativa la mejora continua que realiza. También se introduce el término de pérdida para que todos estén familiarizados en que aspectos la compañía debe mejorar.

Y por el último en el cuarto módulo, se realizará la capacitación sobre los pilares del TPM y se introducirá las diferentes tareas y etapas que se deben desarrollar en cada uno, al igual que los pasos para su respectiva implementación.

Figura 14. Cuadro de capacitaciones.



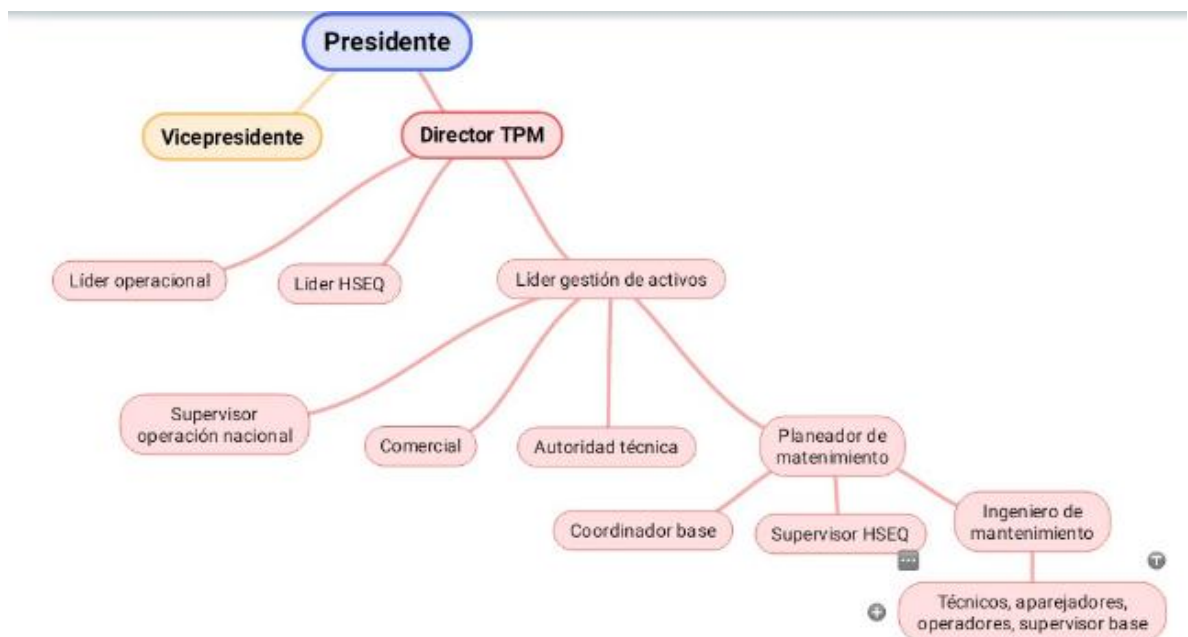
### 3.3 Etapa 3. Creación de una organización para la promoción interna del TPM.

Una vez ha concluido las capacitaciones a nivel de persona, se debe iniciar la creación de pequeños grupos los cuales realizaran la función promocional del plan del TPM.

Estos grupos serán comités conformados por los empleados de la compañía los cuales apalancaran la implementación del modelo de gestión de mantenimiento y tendrán como función promover y poner en práctica la cultura que se requiere para lograr los objetivos trazados para el plan.

Estos grupos están divididos en varios niveles, los cuales estarán integrados por el Presidente, el vicepresidente, líder del proceso de operaciones, líder del proceso de gestión de activos, líder del proceso de HSEQ, supervisores de operación, autoridades técnicas, planeador e ingeniero de mantenimiento, supervisores HSQ, técnicos y operarios. La clasificación de los grupos se ilustra en la figura tal.

Figura 15. Pequeños grupos de TPM



**3.3.1 Funciones de los comités.** Los grupos de la dirección superior (Comité de dirección TPM de la empresa y comité de dirección TPM del proyecto) son los encargados de trazar el rumbo del mantenimiento productivo total, generando las políticas y objetivos estratégicos y estando compuestos por el Presidente de la compañía, el Vicepresidente, el Director de TPM, Líder de Operación, Líder de HSEQ y Líder de Gestión de Activos. Este comité debe supervisar y estudiar todas las propuestas, hallazgos, acciones de mejora que se remitan de los grupos inferiores.

Los grupos intermedios de los comités de sección y subsección de TPM, tienen como función crear las políticas y objetivos específicos para la gestión del mantenimiento en los departamentos que lideran con respecto a los lineamientos de la compañía, a su vez, son los encargados de llevarlos y comunicarlos a los pequeños grupos que son los responsables de realizar las tareas del mantenimiento autónomo.

El comité de la primera línea, los pequeños grupos de TPM son los encargados de desarrollar el programa de mantenimiento en los equipos.

#### **3.4 Etapa 4. Establecer políticas y objetivos para el TPM.**

Las políticas y los objetivos del plan de mantenimiento de TPM deben estar en lineamiento con los de la compañía, se deben definir indicadores que apalanquen la implementación del proyecto.

Los indicadores de mantenimiento deben mostrar la medición de las tareas que se desarrollaron para la implementación del TPM, como por ejemplo la disponibilidad del equipo, tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

### 3.5 Etapa 5. Formular plan maestro del TPM.

Se requiere establecer un plan maestro para el desarrollo del mantenimiento productivo total en la compañía, debe contemplar las actividades que se desarrollaran en el año.

El plan se centra en cuatro actividades de mejora continua, empezando por la fase de preparación anterior a la implementación, seguido de los pasos para desarrollar el mantenimiento autónomo y el mantenimiento preventivo.

Tabla 9. Plan maestro del TPM.

ACTIVIDADES PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA EL EQUIPO LIEBHERR LTM1080		
ACTIVIDAD	TAREAS	CRONOGRAMA
Capacitación a personal	Capacitación de TPM al personal	Primer trimestre
	Capacitación de mantenimiento preventivo	
	Capacitación de mantenimiento predicativo	
	Capacitación en mecánica básica a operadores	
Establecer programa de mantenimiento autónomo.	Limpieza y inspección del equipo	Segundo trimestre
	Eliminar las fuentes de contaminación y puntos inaccesibles	
	Establecer estándares de limpieza e inspección	
	Inspección general del equipo	
	Inspección general del proceso	
	Sistematización del mantenimiento	
	Gestión autónoma	

Control de calidad	Realizar los formatos de las diferentes tareas	Tercer trimestre
	Llevar un control del equipo a través de una hoja de vida	
	Verificar los controles a los mantenimientos	
Establecer programa de mantenimiento planificado	Evaluar el equipo y comprender las condiciones actuales	Cuarto trimestre
	Restaurar el deterioro del equipo	
	Construir un sistema de información del equipo	
	Crear un sistema de mantenimiento preventivo	
	Crear sistema de mantenimiento predictivo	
	Evaluar la gestión	

### 3.6 Etapa 6. Lanzamiento del TPM.

Este es el primer paso para dar inicio a la implementación, en los cinco pasos anteriores las directivas y los líderes de proceso trazaron una ruta a seguir para poder alcanzar las metas propuestas para el TPM, pero a partir del sexto paso, los roles de los trabajadores comenzarán a cambiar, deberán ajustar sus rutinas de trabajos, las tareas a realizar para poder poner en marcha el proyecto del mantenimiento productivo total. Por esta razón, cada trabajador debe apoyar la política sobre TPM de la alta dirección a través de actividades para eliminar las grandes pérdidas.

### 3.7 Etapa 7

A partir de este paso se comenzarán a desarrollar los pilares del TPM, en esta etapa en específica se profundiza en los cuatro primeros:

- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.
- Mejora enfocada.
- Educación y entrenamiento.

**3.7.1 Pilar mantenimiento autónomo.** La base del pilar de mantenimiento autónomo es la interacción directa del operador con el equipo, para esto debe ejecutar una serie de tareas diarias con las cuales puede observar el estado actual de la máquina y así pueden contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

Para la implementación del pilar de mantenimiento autónomo se deben realizar una serie de pasos que consisten en:

1. Establecer las condiciones básicas del equipo: esto significa realizar una limpieza profunda y exhaustiva, remover toda suciedad, aceite, grasa, polvo y todo lo que se adhiera al equipo.

Las consecuencias de una limpieza deficiente son numerosas, las partículas que se producen pueden variar en tamaño y estas pueden producir fricción entre los materiales, desgaste excesivo, contaminación en fluidos y también oculta mucha información sobre el estado actual del equipo, ya que muchas veces estas pueden llegar a tapar daños de los equipos.

Luego de una limpieza las diferentes anomalías del equipo son muchas más fáciles de ver y esto facilita el trabajo de llevarlo a su condición inicial y el trabajo posterior de los mantenimientos.

De igual manera luego de tener un equipo impecable, se debe realizar una buena lubricación, esto nos garantiza el buen funcionamiento del equipo y un alargamiento en la vida útil del mismo.

2. Realizar una inspección general: para este paso se debe diseñar un programa de tareas que se deben efectuar para determinar el estado del equipo. El operador deberán ser entrenados para realizar la rutina de inspección de manera adecuada y consiente, esto permitirá que el operario conozca su equipo a fondo y así sea más fácil identificar alguna anomalía en el mismo.

En este paso se puede evidenciar un crecimiento de los conocimientos del operador en la parte técnica del equipo a tal punto que pueda ser de gran ayuda para los mecánicos y esto da como resultado menores tiempos muertos del equipo e intervenciones más eficaces.

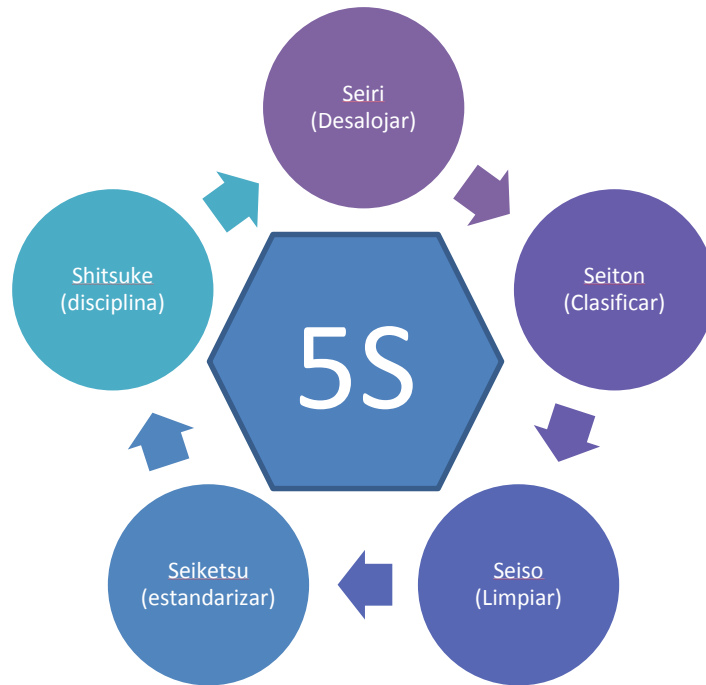
3. Aplicar las 5S: las 5S son principios para la administración que potencian el plan de mantenimiento, una de sus características es que nos permiten organizar el área de trabajo poniendo en práctica y así ganar eficiencia en nuestros procesos. Sus siglas Seiri (Desalojar) y Seiton (Clasificar) Seiso (Limpiar), Seiketsu (estandarizar), Shitsuke (disciplina) nos muestran el ciclo a seguir.

Este pilar debe ir acompañado de una inspección general del proceso donde se verifica el mantenimiento autónomo, de ahí salen las mejoras continuas al proceso, ya que se determinan si las rutinas son fáciles de realizar o si hay que agregar o quitarle tareas.

La estandarización del mantenimiento nos permitirá disminuir tiempo y costos y ser más eficientes, por lo que hay que sistematizar el proceso en los repuestos, plantillas herramientas, trabajos a realizar.

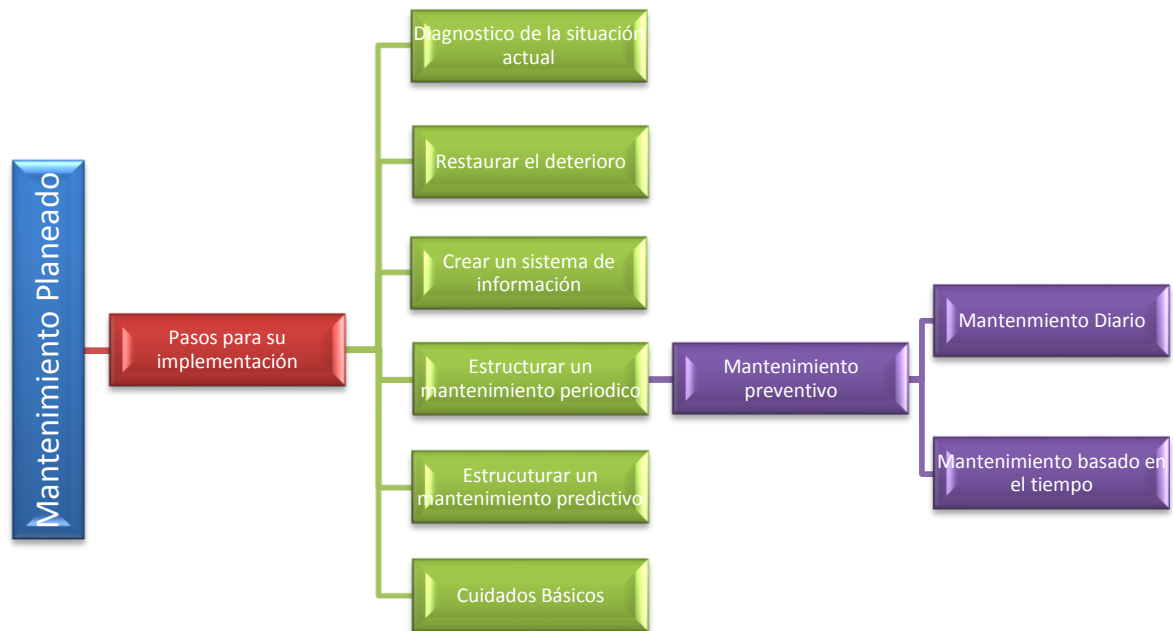
Y para finalizar todo el trabajo realizado debe ser medible, por lo que se deben desarrollar metas que comprometan al personal.

Figura 16. 5S



**3.7.2 Pilar mantenimiento planificado.** El principio de este pilar es lograr un alto índice de disponibilidad del equipo, es decir, alcanzar gradualmente las 0 fallas. Para la implementación del mantenimiento planificado se deben realizar los 6 pasos del MP.

Figura 17. Plan mantenimiento planificado



### 3.7.2.1 Paso 1. Diagnóstico de la situación actual

Registros de los equipos.

Inicialmente las hojas de vida de la flota de grúas de la compañía eran deficientes, por lo que se ha trabajado en la elaboración de un check list para conservar la mayor información de cada equipo. En paralelo se trabaja en la creación de la HV en el sistema central de información de mantenimiento el cual se instruirá más a fondo en el pilar de Gestión Administrativa.

Criticidad de los equipos

La grúa LTM1080 es un equipo muy versátil, con una capacidad de 80 toneladas la hace muy atractiva para los clientes. La mayor demanda la tiene en el sector Oil

and Gas ya que esta se requiere para el arme y desarme de los taladros, equipos de perforación y los de mantenimiento de tuberías.

Su criticidad radica en que su rentabilidad es muy malta y es de fácil acceso para cualquier compañía ya que su capacidad no es muy alta, por lo que en la zona hay varios equipos de las mismas características, si, el de la compañía falla y no se soluciona a tiempo el equipo será retirado del trabajo y contrataran a otro del sector.

### Clasificación de las averías

Utilizaremos la clasificación divulgada en el módulo TPM de nuestro programa de especialización:

Figura 18. Clasificación de averías.

Graves	Averías mayores a una hora	Se deben realizar actividades de análisis profundo para prevenir la reincidencia
Medias	Entre media y una hora	Realizar actividades de Mantenimiento preventivo y predictivo
Leves	Entre 5 minutos y media hora	Realizar actividades de Mantenimiento Autónomo

Trabajaremos con los indicadores Tiempo promedio entre fallos (MTBF) y Tiempo promedio para reparar (MTTR)

**3.7.2.2 Paso 2. Restaurar el deterioro.** En esta etapa buscaremos eliminar las causas de deterioro en los equipos de la compañía, se tomaran las medidas necesarias para evitar que se continúe con las fallas por este factor, para esto utilizaremos la herramienta ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ con el fin de evitar trabajos innecesarios, promover el trabajo en equipo, aprender del problema y eliminar perdidas del proceso.

**3.7.2.3 Paso 3. Crear un sistema de información.** Actualmente nuestro sistema de información lo estamos realizando a través de la herramienta Excel, en la cual podemos planificar los mantenimientos preventivos y predictivos, estructurar el presupuesto, control de los repuestos entre otros.

#### **3.7.2.4 Paso 4. Estructurar un mantenimiento periódico.**

Mantenimiento Preventivo.

Iniciaremos actividades de mantenimiento preventivo en los equipos que posean alto deterioro para iniciar a disminuir nuestra estadística de fallos, luego continuaremos con estos dos tipos de mantenimiento:

Mantenimiento Diario.

Nuestros técnicos y/u operadores tendrán las competencias necesarias para realizar rutinas de mantenimiento básico diario al inicio y fin de las operaciones con la grúa LIEBHERR LTM 1080, las actividades de estas rutinas de mantenimiento se basan en el mantenimiento autónomo, tareas básicas de limpieza y lubricación.

Mantenimiento basado en el tiempo.

También realizaremos mantenimientos preventivos basados en el tiempo, por tanto llevaremos un control por medio del hodómetro de la grúa LIEBHERR LTM 1080 y los clasificaremos según la cantidad de horas trabajadas por el equipo, la clasificación estará dado según las horas o kilometrajes de trabajo, de la siguiente forma hay tareas para el conjunto superior, el inferior, baterías, motor, alternador, LMI, transmisión automática y motor de arranque.

Tabla 10. Tareas mantenimiento transmisión automática.

<b>Mantenimiento transmision automatica</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Comprobacion del estado general y de estanqueidad		x						
Comprobacion del nivel de aceite				x				
Comprobar temperatura de operación				x				
Comprobar el estado de las conexiones electricas				x				
Cambiar filtro					x			
cambiar aceite						x		
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes						x		
Realizar prueba de laboratorio al aceite						x		
Realizar prueba de stall							x	
Observaciones generales:								
	Responsable							

Tabla 11. Tareas mantenimiento conjunto superior.

<b>Mantenimiento conjunto superior.</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Control de funcionamiento del freno del mecanismo de giro	X							
Comprobacion del nivel de aceite del sistema hidraulico	X							
Comprobacion del indicador de restriccion del sistema hidraulico	X							
Comprobacion del estado general y situacion de las poleas y tambores de los cables.	X							
Comprobacion los instrumentos, mandos, manómetros y equipo de seguridad.	X							
Comprobacion del estado del mecanismo de distribucion de las bombas	X							
Purga del agua del sistema neumatico		X						
Comprobacion de estanquidad del sistema neumatico		X						
Comprobacion del nivel de aceite de los malacates		X						
Comprobacion de la estanquidad de los malacates		X						
Comprobacion de funcionamiento del malacate		X						
Comprobacion del nivel de aceite del mecanismo de giro		X						
Comprobacion de la estanquidad del mecanismo de giro		X						
Comprobacion del estado de las mangueras hidraulicas		X						
Comprobacion de la estanquidad del sistema hidraulico con el motor en marcha		X						
Comprobacion del nivel de llenado del deposito de grasa		X						
Comprobacion del estado de los cables de elevacion		X						
Comprobacion del funcionamiento del limpiabrisas de la cabina del operador y del nivel de liquido en el deposito de reserva		X						
Lubricacion del gancho			X					
Lubricacion de las poleas de la punta de la pluma			X					
Purga del los cilindros de estencion de pluma			X					
Purga del cilindro actuador de levante de pluma			X					
Comprobacion de la estanquidad de la unidad de elevacion de contrapesos			X					
Lubricacion de las visagras de la puerta			X					
Cambio del filtro de aceite hidraulico				X				
Comprobacion el par de apriete de los tornillos de fijacion de la tornamesa				X				
Comprobacion del estado de los bujes y pasadores del actuador de levante de pluma				X				
Comprobacion del el estado del pasador de la base de la pluma				X				
Cambio de aceite del mecanismo de distribucion de las bombas				X				
Lubricacion de los piñones del mecanismo de giro					X			
Lubricacion de la corona dentada					X			
Comprobacion de las guías de desgaste de la pluma					X			
Lubricacion de los bujes y pasadores del actuador de levante de pluma					X			
Lubricacion del pasadorde la base de la pluma					X			
Lubricacion de las superficies de deslizamiento de los telescopicos					X			
Inspeccion por ensayos no destructivos de la super estructura						X		
Cambio de aceite de los malacates						X		
Cambio de aceite del mecanismo de giro						X		
Cambio del filtro de aireacion del deposito de aceite hidraulico						X		
Realizar prueba de laboratorio al aceite hidraulico						X		
Comprobacion de las presiones del sistema hidraulico						X		
Lavado del tanque de combustible						X		
Comprobacion del apriete de los tornillos de soportes de tanques (combustible, hidraulico, etc).							X	
Revision de la condicion de desgaste de los discos del freno del malacate							X	
Cambio del Kit de reparacion de los malacates								X
Comprobar el estado de la cadena de la pluma y sus terminales	X							
Lubricacion de las poleas de retraccion de la pluma		X						
Comprobacion de estanquidad del tambor, acople giratorio de las magueras de los cilindros de extension de pluma						X		
Comprobacion del estado del acople giratorio hidraulico y electrico					X			
comprobacion del funcionamiento del sistema de telescopado automatico					X			
Lubricacion de la cadena de la pluma y sus terminales					X			
Comprobacion de las poleas y cables de retraccion de la pluma						X		
Cambio de las mangueras de conduccion hidraulica								X
Observaciones generales:								
	Responsable							



Tabla 13. Tareas mantenimiento motor.

<b>Mantenimiento Motor</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Comprobacion del nivel de aceite	X							
Comprobacion del nivel de liquido refrigerante	X							
Comprobar temperatura de operaci3n	X							
Comprobacion del restrictor del filtro de aire	X							
Comprobacion del estado general y de estanqueidad	X							
Drene el filtro separador de agua	X							
Cambio de aceite y filtro				X				
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes				X				
Examinar el estado de las correas y retensarlas				X				
Limpiar el colector de polvo del filtro de aire				X				
Limpiar el elementos filtrante de aire				X				
Comprobar si existe perdida de presi3n en el sistema de enfriamiento				X				
Comprobar el estado del radiador (estanqueidad, limpieza del panel, presencia de combustible)				X				
Comprobar el estado de tuberias, tubos flexibles y abrazaderas (tuberias de aceite y de combustible)				X				
Comprobar el estado de la admisi3n de aire (aspiraci3n entre el filtro y el motor)				X				
Comprobar el ajuste del varillaje de aceleraci3n motor y el freno de ahogo del motor				X				
Cambiar los elementos del filtro de combustible				X				
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes de motor y radiador					X			
Ajustar la holgura de las valvulas					X			
Comprobar el apriete de la bridas y el colector de escape					X			
Lubricar con grasa la corona dentada del volante					X			
Cambio del liquido refrigerante						X		
Comprobar el estado del turbocompresor (holgura en el rotor y estanqueidad de los sellos)						X		
Comprobar la holgura y el estado de la bomba de agua						X		
Realizar prueba de compresi3n al motor						X		
Comprobar el funcionamiento general del motor: desempe1o, temperatura, presi3n						X		
Calibraci3n de la bomba de inyecci3n e inyectores							X	
Cambio de tuberia de alta presi3n								X
Comprobacion del funcionamiento del compresor							X	
Comprobacion del estado del ventilador (cubo, rodamientos y aspa)				X				
Comprobacion del estado del motor con el scanner				X				
Comprobar el funcionamiento del freno de motor				X				
Observaciones generales:								
	Responsable							

Tabla 14. Tareas mantenimiento LMI

<b>Mantenimiento LMI</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Comprobar funcionamiento	X							
Comprobacion del estado de cableado electrico					X			
Comprobar temperatura de operaci3n					X			
comprobacion de los interruptores del A2B (libertad de movimiento y accionamiento)					X			
Verificacion de la calibracion del sensor de angulo					X			
Verificacion de la calibracion del sensor de longitud					X			
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes					X			
Lubricacion y verificacion del estado del colector en los tambores de cable					X			
<b>Observaciones generales:</b>								
Responsable								

Tabla 15. Tareas mantenimiento motor de arranque.

<b>Mantenimiento arranque</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Comprobacion de las conexiones, bornes y torque de las tuercas				X				
Lubricacion y limpieza conjunto arranque							X	
Comprobar temperatura de operaci3n							X	
Comprobacion del estado del engrane impulsor							X	
Comprobacion del estado del automatico							X	
Comprobacion del estado de la escobillas							X	
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes								X
Cambio de los rodamientos y bujes seg3n corresponda								X
Comprobacion del aislamiento electrico de la carcasa								X
Cambio de las escobillas								X
Comprobacion del estado de las delgas o conmutador								X
Comprobacion del estado mecanico del rotor								X
Comprobacion del estado mecanico del estator								X
<b>Observaciones generales:</b>								
Responsable								

Tabla 16. Tareas mantenimiento alternador.

<b>Mantenimiento conjunto alternador</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Comprobacion estado de carga				X				
Comprobacion del estado de la polea				X				
Comprobar temperatura de operación				X				
Comprobacion de la tensión de la correa de la polea				X				
Comprobacion del estado de los bornes				X				
Comprobacion del estado del ventilador y condicion de enfriamiento					X			
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes					X			
Comprobacion del estado de la escobillas					X			
Comprobacion del estado regulador, puente rectificador y tridiodo					X			
Lubricación y limpieza conjunto alternador					X			
Comprobacion del porta escobillas						X		
Comprobacion del estado mecánico del rotor						X		
Comprobacion del estado mecánico del estator						X		
Comprobacion del aislamiento de la bobina de campo estator						X		
Revisión de los anillos colectores						X		
Comprobacion aislamiento eléctrico de la carcasa							X	
Cambio de los rodamientos anterior y posterior							X	
Cambio del regulador, puente rectificador y tridiodo							X	
Cambio de las escobillas							X	
Observaciones generales:								
Responsable								

Tabla 17. Tareas mantenimiento baterías.

<b>Mantenimiento Baterias</b>								
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	FRECUENCIA							
	10H/ 20 KM	50H/ 1000 KM	100H/ 2000 KM	300H/ 6000KM	500H/ 12500 KM	1000H/ 25000KM	3000H/ 75000KM	6000H/ 25000 KM
Comprobacion del nivel de acido		X						
Comprobacion de la dencidad del acido				X				
Comprobar temperatura de operación				X				
Comprobar el estado de bornes y conexiones (corrosion y deterioro)				X				
Comprobacion de existencia fisuras en la carcasa de la bateria				X				
Comprobacion el estado de fijacion de la bateria el chasis				X				
Comprobar el par de apriete de los tornillos de los soportes				X				
Comprobacion del estado de los cables de las baterias (conex y resistencia electrica)				X				
Comprobacion del voltaje de circuito abierto				X				
Comprobacion de descarga por corrientes parasitas				X				
Observaciones generales:								
Responsable								

**3.7.3 Pilar mejora enfocada.** Con actividades a desarrollar en los pequeños grupos creados en la etapa 3 el pilar de mejora enfocada busca identificar y eliminar perdidas y en conjunto con las demás etapas lograr el comité de reestablece el funcionamiento inicial del equipo hasta llegar a las 0 averías maximizando su efectividad.

Las actividades se deben plantear para entregar una solución, por lo que hay que centrarse en un tema, como problemas de calidad o de mejora continua. Después de tener el tema de estudio, hay que crear una estructura para el proyecto, los cuales se pueden tomar los mismos grupos de la etapa 3 para realizarlo.

El siguiente punto es determinar la situación actual, en este se documenta todo los pormenores del funcionamiento del equipo identificando las principales perdidas, realizando una recolección de datos de fallas, averías, reparaciones, perdidas de funciones entre otras.

Para analizar el problema que se ubica en los pasos anteriores, primero se debe llevar el equipo a su estado inicial, repara cada daño y realizar los mantenimiento autónomos, para así descartar las causas de la falla y concentrarse en la verdadera perdida, de ahí en adelante, si se puede utilizar técnicas analítica para estudiar y dar solución al problema.

Ya por último se debe formular un plan de acción para la eliminación de las causas criticas del problema, para así, implementar luego las actividades y tareas que se desprendan del mismo, dejando un estándar en el procedimiento y para finalizar se deben evaluar los resultados, para determinar si hay que realizar correcciones al proceso.

**3.7.4 Pilar educación y entrenamiento.** La base del Mantenimiento Total Productivo es un buen entrenamiento en el personal, desde el lanzamiento donde se imparte los conocimientos teóricos y básicos para comprender la naturaleza del proyecto como todas las capacitaciones que se deben realizar durante la ejecución, para que cada trabajador realice de la forma más profesional su labor.

Una característica del TPM es la realización del mantenimiento autónomo por parte del operador, pero si se le exige realizar estas funciones, de la misma manera se le debe instruir y capacitar en cómo debe hacerlas, no se puede pretender el operario sepa de antemano todo lo relacionado al equipo y que por sí solo aprenda y no vaya a cometer ningún error.

Como se organizó en el paso 5, durante el primer semestre se deben realizar estas capacitaciones, para que durante la ejecución no hayan tropiezos y se pierda la motivación porque los resultados no se dan, simplemente por un desconocimiento técnico de la máquina.

Por tal motivo se deben programar capacitaciones a los operadores, de mecánica básica, sistema de lubricación, sistemas hidráulicos entre otros tal como se aprecia en la figura 19, al igual que los técnicos se deben enfocar en especificarse sobre los equipos, para poder tener mejores diagnósticos y así disminuir los tiempos de intervención.

Figura 19. Lista de capacitación

# INDEPENDENCE

**RA2-19 Registro de asistencia** **MAMUTM**

FECHA DEL EVENTO: 22.03.2017 DURACIÓN: 3H HORARIO: 8:00 am a 4:00 PM  
DD MM AAAA Minutos

LUGAR: Hotel centro SPA

NOMBRE DEL EVENTO: Meconia bajira

TIPO DE EVENTO: Capacitación:  Reunión:  Investigación:  Charla de seguridad:  Inducción:  Inducción:  Entrenamiento:

FACILITADOR\*: Adriana C

#	NOMBRES Y APELLOS DEL ASISTENTE	CÓDIGO / NUMERO DE IDENTIFICACIÓN	CARGO	FIRMA
1	Aracely Guzmán	17851824	ap grupo	[Firma]
2	Fernanda Arriola	110211223	ap grupo	[Firma]
3	Daniela Dantas B.	84452021	OP TC	[Firma]
4	HEBER palomares	92028451	OP Grupo	[Firma]
5	Conrad	9144072	OPT	[Firma]
6	IGNACIO	9148254	Apoyante	[Firma]
7	Gen Nolasco Ruiz	91492021	Apoyante	[Firma]
8	Rafael Bermudez Ortiz	13541703	OP MUA	[Firma]
9	[Nombre]	8552234	OP control	[Firma]
10	Gerson Galvis	91442709	OP Grupo	[Firma]
11	Alex Fabiano Alvarez	1094242140	Apoyante	[Firma]
12	duis A Gonzalez	765252989	Operador	[Firma]
13	Eduin Gonzalez Flores	13567054	Operador	[Firma]
14	Franco Fuentes		Operador	[Firma]
15	Israel Cepeda	568153	Optim	[Firma]
16	OSCAR FLORES	9123621	OP control	[Firma]
17	Augusto Bautista	13643950	Operador	[Firma]
18	Luis BAUTISTA	13540339	OPTM	[Firma]
19	Jenny Santaman	63466137	OP ASE	[Firma]
20	Yasmin Hernandez	13886966	Optim	[Firma]
21	Hanso Gonzalez Delgad	7718997	Sup. Operaciones	[Firma]
22	José Daniel Herrera	1094242140	Apoyante	[Firma]
23	[Nombre]	91442709	OP TC	[Firma]
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

OBSERVACIONES:  
Actividad ley 50 año 2017

NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: [Firma] CARGO: [Firma] PROCESO AL QUE PERTENECE: [Firma] FIRMA: [Firma]

\*Anexar copia de las certificaciones de competencia en caso de Capacitación o entrenamiento.  
Picón, yaman, yulan, Haza, dos, modo,

Figura 20. Evidencia capacitación.



### **3.8 Etapa 8. Pilar control inicial de equipos y productos.**

En este pilar se busca que todo el proceso realizado, todas las tareas objetivos y actividades sean enfocados e integrados a las máquinas y procesos nuevos.

Consta básicamente en reducir el deterioro de los equipos que se encuentran en la producción, mejorar los tiempos y en paralelo mejorar los costos de mantenimiento, al igual que agregar los equipos que se encuentran en proceso de renovación o como adquisición nueva para que su mantenimiento sea mínimo.

Los equipos nuevos también requieren ser certificados por la norma ASME B30.5, por lo que con este pilar se pretende garantizar que los equipos que inician sus funciones en la compañía sean fáciles de mantener, seguros de operar y que su arranque sea rápido, libre de inconvenientes, por tal motivo el plan de mantenimiento productivo total también debe ser ejecutado sobre estos.

### **3.9 Etapa 9. Pilar mantenimiento de la calidad.**

En este pilar se establecen acciones orientadas al cuidado del equipo para garantizar el estado del mismo, y fomentar las condiciones de cero defectos. Las tareas de inspección deben estar basadas en la norma ASME B30.5 que es la encargada de certificar el estado de las grúas móviles.

La norma ASME B30.5 certifica que el equipo se encuentra en óptimas condiciones para realizar las funciones para las que fue diseñado, la inspección tiene en cuenta el estado funcional del equipo, la calibración del LMI, estado estructural y su condición general.

Los mantenimientos que se ejecuten sobre el equipo deben estar orientados hacia recuperar la condición inicial del mismo, ya que la norma califica cada aspecto de la grúa. Hay que tener en cuenta las no conformidades o recomendaciones para realizar mejoras continuas sobre el proceso del TPM, ya que la corrección de la

misma y la mejora en el plan garantizaran a futuro que estas no se vuelvan a presentar en el equipo.

Esta inspección debe realizarse una vez al año como mínimo, pero es prudente realizarla semestralmente, contar con la certificación de la norma ASME B30.5 garantiza que el programa de gestión de mantenimiento está siendo exitoso.

La certificación la debe realizar únicamente un ente que se encuentre avalado por la ONAC, este requisito, garantiza que la inspección fue realizada en profundidad y que no puede ser alterada, para así no caer en informes amañados que ponga en peligro la integridad del equipo y del personal que se encuentra realizando la operación.

### **3.10 Etapa 10. Pilar seguridad y medio ambiente.**

El Programa de Gestión Ambiental para la compañía Mamut de Colombia S.A.S se compondrá de tres ramas principales dada la identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales y así establecer los mecanismos para mitigar y/o compensar sus consecuencias en el entorno.

Las tres ramas son la de Manejo Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos, Ahorro y Uso Eficiente de Recursos y La Huella de Carbono

**3.10.1 Manejo integral de residuos peligrosos y no peligrosos.** Tiene como objetivo establecer los mecanismos para dar un manejo responsable a los residuos generados en el desarrollo de actividades propias de las operaciones de MAMUT DE COLOMBIA SAS y controlar cada etapa desde la generación hasta la disposición final más adecuada.

**3.10.1.1 Etapas del manejo integrado de residuos.** Toda actividad es susceptible de generar desechos propios o acordes a las materias primas que consume, por ende, se debe contar con espacios para su acopio y estándares para su manejo. Dado esto, a continuación se establecen las etapas básicas de manejo de residuos:

**Generación:** Es el primer eslabón de la cadena que se genera; es el momento en que un elemento deja de ser útil para lo que fue adquirido inicialmente y se decide desechar. En la mayoría de las veces este elemento aun cuenta con potencial de ser utilizado en otros procesos y su clasificación inicial es muy importante, es decir separarlos de los que poseen otra naturaleza para no perder dicho potencial. En esta etapa se establece como medida principal la capacitación y sensibilización del personal para minimizar la cantidad de residuos generados.

**Separación en la fuente:** Inicia en el momento que se dispondrá el residuo en un recipiente (caneca, otros) separado de otros para no afectar su potencial de uso, dado que hay residuos domésticos, especiales y peligrosos. Para los residuos domésticos se cuenta con puntos de recolección con colores para así identificar donde disponer cada residuo; los residuos orgánicos (restos de alimentos, cascaras de frutas, etc.), los residuos recuperables (plástico, vidrio, latas, papel, cartón, etc.) y los residuos inertes o inorgánicos (servilletas, chicles, colillas de cigarrillos, restos de barrido, etc.), los colores de los puntos ecológicos varían de una sede a otra debido a requerimientos del cliente o de la autoridad ambiental regional (para el caso de la sede principal (Tocancipá) se maneja punto ecológico Azul: Residuos recuperables, Verde: Residuos ordinarios y Gris: papel y cartón; los residuos orgánicos se disponen en la cocina en bolsa de color negro). Para los residuos especiales, dado su tamaño no se depositan en canecas, se ubican en zonas específicas para ellos de acuerdo a lo estipulado por la normatividad ambiental vigente, por ejemplo las llantas, que deben ser acopiadas protegidas de los efectos del clima y de fuentes de ignición. Los Residuos Peligrosos (RESPEL) son acopiados teniendo en cuenta la compatibilidad establecida en las hojas de

seguridad y siguiendo las normas para evitar afectación a la infraestructura, las personas o al medio ambiente.

Recolección interna: Es el proceso de pasar por cada punto ecológico o punto de generación de los residuos y trasladarlos hasta su punto de acopio temporal, de igual forma se mantiene la clasificación.

Acopio temporal: Parte de la cadena donde los residuos son dispuestos en centros de acopio temporales hasta lograr una cantidad suficiente para ser entregados a disposición final, estos son separados de acuerdo a su naturaleza y los acopios también de acuerdo a lo establecido por la autoridad ambiental. Para los residuos domésticos se cuenta con espacio en concreto y puertas que no permiten el ingreso de animales u otro tipo de vectores, pero que mantengan una ventilación natural adecuada. Los residuos especiales son acopiados de acuerdo a lo establecido en la normatividad y para los RESPEL son dispuestos en diques de contención con piso impermeable y con las condiciones para evitar la afectación de cuerpos de agua o suelo.

Recolección externa: Es la etapa en que es solicitado a una compañía autorizada el retiro de los residuos para que sean transportados y entregados para reutilizarlos o disponerlos finalmente de la manera ambiental más amigable.

Disposición final: Consiste en el conjunto de operaciones por el cual un residuo es sometido a diferentes procesos para eliminar su potencial de afectación al medio ambiente. Pueden ser relleno sanitario, celda de seguridad, destrucción térmica, entre otros.

Se han conformado relaciones con terceros como la compañía ALBEDO que cuenta con licencia ambiental de funcionamiento y con TECNIAMSA y otros para la eliminación responsable de los desechos.

Se desarrolla un programa de capacitación el cual vincula el manejo de residuos entre otros para generar conciencia entre los trabajadores y estimular a la

disminución en la generación de los residuos, la correcta segregación y la disposición final adecuada.

Como medida inicial, en la inducción efectuada de HSE a cada trabajador nuevo que ingresa a la compañía, se incluye el código de colores para segregación en la fuente; de igual forma en la reinducción que es anual. La capacitación en Manejo de Residuos Sólidos se efectúa con frecuencia semestral y se desarrolla acorde a las características propias de cada proyecto.

Se traza como objetivo “Prevenir y Minimizar los impactos negativos asociados a las actividades desarrolladas por la empresa para evitar la contaminación y afectación al medio ambiente y a las comunidades”, específico en el área de los residuos “Control de separación y generación de residuos (Especiales, Ordinarios y Recuperables) estableciendo diferentes indicadores.

Figura 21. Indicadores manejo integrado de residuos

OBJETIVOS E INDICADORES		FORMULA INDICADOR	Unidad	METAS 2015
	Control de separación y generación de residuos (Especiales, Ordinarios, Recuperables)	(Diferencia de Residuos dispuestos en 2 periodos)/ Residuos Dispuestos en el periodo inicial	%	5%
4.2	4.2.1 Generación de Residuos Orgánicos	kg Residuo Orgánico/ Total de Residuos Generados)	%	Por definir de acuerdo a medición 2015
	4.2.2 Generación de Residuos Reciclables	kg Residuo Reciclable/ Total de Residuos Generados)	%	Por definir de acuerdo a medición 2015
	4.2.3 Generación de Residuos Ordinarios	kg Residuo Ordinario/ Total de Residuos Generados)	%	Por definir de acuerdo a medición 2015
	4.2.4 Generación de Residuos Peligrosos y Especiales	kg Residuo Peligroso y Especial/ Total de Residuos Generados)	%	Por definir de acuerdo a medición 2015
	4.2.5 Generación de Chatarra	kg Residuo Chatarra/ Total de Residuos Generados)	%	Por definir de acuerdo a medición 2015

Como medio de recolección de la información de cada proyecto, se diseñan formatos para generar un reporte mensual de HSEQ en el cual se consignan los datos referentes a los diferentes tipos de residuos dispuestos por cada mes de operación.

RD2-2 Descripción: Descripción Condiciones Físicas Residuos Peligrosos y No Peligrosos. En este formato se condigna la información relativa a cada base que puede variar en comparación con otra.

Figura 22. Formato descripción condiciones físicas de residuos peligrosos y no peligrosos.

<b>PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL</b>		<b>MAMUT</b>
Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos		
<b>RD2-2 Descripción Condiciones Físicas Residuos Peligrosos y No Peligrosos</b>		
Proyecto: _____		
<b>Código de Colores Separación en la fuente</b>		
Orgánicos:	_____	
Ordinarios:	_____	
Reciclables:	_____	
Peligrosos:	_____	
# Puntos ecológicos:	_____	
<b>Acopio Temporal</b>		
Descripciones de las condiciones físicas del acopio de los residuos en la base		
Residuos Ordinarios:	_____	
	_____	
	_____	
Residuos Peligrosos:	_____	
	_____	
	_____	
<b>Disposición final</b>		
# de veces por semana que se recojen los residuos ordinarios:	_____	
# de veces por mes que se recojen los residuos peligrosos:	_____	
Empresa que hace la recolección de residuos domésticos:	_____	
Empresa que hace la recolección de residuos peligrosos:	_____	

**3.10.2 Ahorro y Uso Eficiente de Recursos.** Se establecer la estrategia para hacer uso de recursos naturales de forma eficiente, tendiendo a la minimización en su uso/consumo.

**3.10.2.1 Etapas del Ahorro y uso eficiente de recursos.** Debido a que para el desarrollo de las operaciones y su seguimiento se hace necesario el uso de recursos naturales como papel, energía y agua, se establecen una serie de pasos para controlar su consumo desde el origen y estimular acciones de ahorro que tiendan a su minimización.

Recolección de información: Como primer paso se debe registrar la cantidad precisa que se consume en un periodo determinado para poder comparar contra un periodo similar. La cantidad consumida de energía y agua se toma de la factura de cada proyecto, para el papel, se toma el registro de las resmas compradas según área de operación y para el caso del combustible se toma según registro del suministro en estaciones de servicio autorizadas.

Seguimiento y monitoreo: Semestralmente se analiza el consumo de cada aspecto (papel, energía, agua y combustible) determinando si se tiende al alza o a la disminución, en caso que se evidencia alza en el consumo se establece plan de acción y se determina la razón del aumento.

El programa de gestión ambiental, en su cronograma de actividades establece con frecuencia semestral el Ahorro y uso eficiente de los recursos. Adicional a esto se incluye el tema en charlas diarias y en la inducción y reinducción.

La compañía se traza como objetivo “Prevenir y Minimizar los impactos negativos asociados a las actividades desarrolladas por la empresa para evitar la contaminación y afectación al medio ambiente y a las comunidades”, específico en el área de Ahorro y Uso Eficiente de Recursos se establecen diferentes indicadores.


Figura 23. Objetivos ahorro y uso eficiente de recursos.

<b>OBJETIVOS E INDICADORES</b>		<b>FORMULA INDICADOR</b>	<b>Unidad</b>	<b>METAS 2015</b>
<b>4</b>	Disminución en consumo de Recursos	<b>Promedio de Porcentaje de Cumplimiento (Resultado/Meta*100)</b>	<b>%</b>	<b>90%</b>
	4.3.1 Energía Eléctrica	KWH Consumidos / HH Trabajada	KWH/HHT	Por definir de acuerdo a estimados 2014
	4.3.2 Consumo de combustible	1. Galones de Combustible consumidos por equipos de transporte/km Recorridos 2. Galones de combustible consumidos por Equipos de izaje y otros equipos estacionarios /H Trabajadas de Equipos de izaje	Galones/KM Galones/H	Por definir de acuerdo a estimados 2014
	4.3.3 Consumo de Agua	Agua consumida en aseo y mantenimiento de locaciones, servicios sanitarios y otros/ Persona	lt/persona	Por definir de acuerdo a estimados 2014
	4.3.5 Consumo de Papel	Kg de papel consumido en labores administrativas y operativas / Personal activo	Kg/persona	Por definir de acuerdo a estimados 2014

Como medio de recolección de la información de cada proyecto, se diseñan formatos para generar un reporte mensual de HSEQ en el cual se consignan los datos referentes a los diferentes tipos de residuos dispuestos por cada mes de operación.

Plantilla de Descripción: Descripción Condiciones Físicas Instalaciones Sanitarias. En este formato se consigna la información relativa a cada base que puede variar en comparación con otra.

Figura 24. Descripción condiciones físicas instalaciones sanitarias.

<b>PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL</b>		<b>MAMUT</b> 
Ahorro y Uso Eficiente de Recursos		
<b>Descripción Condiciones Físicas de Instalaciones Sanitarias</b>		
Proyecto:	_____	
<b>Instalaciones Sanitarias</b>		
Cantidad de Lavamanos:	_____	
Cantidad de sanitarios:	_____	
Cantidad de orinales:	_____	
Cantidad de duchas:	_____	
Cantidad y capacidad de tanques de almacenamiento:	_____	
Cantidad de puntos como grifos para mangueras:	_____	
Cantidad de pocetas o puntos de lavado de aseo:	_____	
El agua es surtida por carrotanque o acueducto	_____	
<b>Puntos de Recolección</b>		
¿Se recolectan aguas lluvias?	_____	
¿Se recolectan aguas de condensación de los aires acondicionados?	_____	

**3.10.3 Huella de Carbono.** Medir el impacto ambiental causado por la emisión de Gases con Efecto Invernadero (GEI) producto de la combustión automotor en las operaciones de la compañía.

Establecer el equivalente de CO<sub>2</sub> emitido por MAMUT DE COLOMBIA SAS en sus operaciones nacionales en el año 2017.

**3.10.3.1 Etapas de la Huella de Carbono.** Definición de límites: Es necesario establecer las instalaciones donde se efectuaran mediciones y las operaciones involucradas, esto se determina así:

Organizacionales: Se define las bases o proyectos de estabilidad operativa en el territorio nacional. Estas bases son Barranquilla, Cerrejón, Barrancabermeja, Arauca, Villavicencio y Tocancipá.

Operacionales: Como actividad se define la de movilización o transporte (de carga convencional, extra pesada y extra dimensionada).

**3.10.3.2 Clasificación de emisiones.** Emisiones directas (E<sub>1</sub>): Son aquellas que son controladas por la compañía y son por la generación de energía para consumo. Se establecen las propias del consumo de combustibles fósiles en los vehículos propios que tengan operación en el territorio nacional.

Emisiones indirectas (E<sub>2</sub>): Son aquellas que provienen de la generación de electricidad y es de origen externo. Se establecen los consumos de energía eléctrica según factura en cada base que se encuentre conectada a la red de distribución de cada municipio.

Otras emisiones indirectas (E<sub>3</sub>): Diferentes de las indirectas, pero que son consecuencia de las actividades de la compañía y que se originan o son

controladas por otras organizaciones. Se establecen los consumos de combustibles de terceros (contratistas) que presten servicios de transporte.

Se define como periodo base o año base el correspondiente al 2017 (1 de Enero a 31 de Diciembre)

En el caso de las emisiones directas (E1), el equivalente de emisiones en peso necesita definir el factor de emisión (factor de conversión) que se tomará de base y definir su magnitud, este se puede establecer por kilómetros recorridos o por volumen consumido de combustible. Debido que se cuenta con equipos que en operación estacionaria no registran kilometraje de desplazamiento y que el funcionamiento de todos los equipos es con diésel (ACPM), se toma el factor de emisión producto del volumen consumido de combustible líquido diésel. Para el caso es 2.61 KG de CO<sub>2</sub>/Litro consumido.<sup>5[1]</sup>

Es decir que E1 se obtiene como resultado del producto del combustible total consumido por el factor de emisión ( $E1 = \sum \text{consumos totales de los equipos (expresado en litros)} \times 2.61 \text{ Kg CO}_2/\text{litro}$ , y se expresa en Kg de CO<sub>2</sub>)

En el caso de las emisiones indirectas (E2), el factor de emisiones para el margen de operaciones es de 0.306 Kg CO<sub>2</sub>/Kwh.<sup>6[2]</sup> teniendo en cuenta el conjunto de plantas de generación existentes en la central eléctrica que abastece cada base y que se afecta por el consumo propio de los equipos en las bases. Entonces E2 se obtiene como el resultado del producto del consumo total de energía en todas las bases que se encuentren conectadas a la red de suministro por el factor de

---

<sup>5[1]</sup> *Guía Práctica Para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Comisión Interdepartamental de Cambio Climático de Catalunya. Informe de Inventarios GEI 1990-2008, Densidad del Diésel a 15°C=833 Kg/m<sup>3</sup>; Método IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático, Sigla en inglés)*

<sup>2[2]</sup> *Cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Eléctrico Interconectado Colombiano, Versión 0.1, Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética.*

emisión ( $E_2 = \sum \text{consumos totales de energía en las bases interconectadas}$  (expresado en kilovatios hora)  $\times 0.306 \text{ Kg CO}_2/\text{Kwh}$ . y se expresa en Kg de  $\text{CO}_2$ )

En el caso de otras emisiones indirectas ( $E_3$ ) se obtienen o son atribuibles a los servicios adquiridos por la compañía y prestados por terceros, que a su vez generaron emisiones para haberse logrado. Dentro de este alcance se identificaron las emisiones producto de los desplazamientos aéreos por parte de personal de la compañía, dada la complejidad de su cálculo, ya que es necesario contar con los niveles de altura a los que se encuentren los lugares visitados, los tipos de avión utilizados para el desplazamiento y los kilómetros cubiertos, se apoyará para este cálculo en herramientas digitales de internet a las cuales se les ingresan datos y arroja el total estimado de Kg de  $\text{CO}_2$  emitidas.

Una vez se obtienen en la misma magnitud, estas se suman ( $E_{\text{TOTAL}} = E_1 + E_2 + E_3$ )

Mes vencido se registrarán los datos de las emisiones directas, indirectas y otras emisiones para definir el equivalente de las emisiones totales por el periodo consignado. Una vez se cuente con el año base, es decir los 12 meses correspondientes a 2017 se establecerá la meta para el año 1 (2018) y su respectivo plan de acción.

Se incluye en el programa de capacitación la metodología de la huella de carbono y sus medidas de acción luego de establecer el año base.

Siendo las emisiones de gases con efecto invernadero el impacto de mayor magnitud en la compañía y por ende el consumo de combustibles fósiles como recursos no renovables, se elabora un estrategia para estimular la disminución en dichas emisiones y minimizar el consumo de combustibles fósiles, la meta actual consiste en calcular el equivalente en peso de  $\text{CO}_2$  para el año base y así posteriormente establecer meta real de reducción.

### **3.11 Etapa 11. Pilar gestión administrativa.**

La buena gestión de mantenimiento requiere de una buena fuente de datos, por lo que se debe realizar una efectiva adquisición de datos y almacenarlos de manera correcta para sobre estas tomar decisiones asertivas y que generen mejoras continuas en el mantenimiento.

Es necesario llevar trazabilidad sobre los datos y los equipos, su ficha técnica, repuestos, ordenes de mantenimiento, proveedores, entre otros, por lo que se requiere de buenos formatos y de un buen almacenamiento de la información.

El sistema de adquisición de datos que se desarrolló en la compañía fue en colaboración con Exact MAX, esta herramienta permite almacenar toda la información que requiere la compañía d un equipo, se crearon diferentes módulos según las necesidades iniciales y se realizó el trabajo de transcribir toda la información que se encontraba en documentos físicos a digitales dentro del sistema.

El primer módulo que se desarrollo fue el de mantenimiento planeado, el cual consiste en suministrar información al sistema del kilometraje u horometro actual y se calcula cual es el siguiente mantenimiento que se debe realizar.

Para identificar que el mantenimiento está programado y debe realizarse se genera una orden de mantenimiento (ver figura 25) las cual tiene todos los datos del equipo y del tipo de mantenimiento que se va a desarrollar, junto con sus tareas y repuestos que va a necesitar, así que el técnico solo digita el número de la OM y el sistema le da un paso a paso de lo que debe hacer. Este mismo concepto de utiliza para la carta de lubricación del operador y las diferentes tareas que debe desarrollar en el mantenimiento autónomo.

Figura 25. Orden de mantenimiento.

**Administración Mantenimiento**  
 Actividad Informes Cuadrícula Opciones Ventana Herramientas Ayuda

**Mantenimiento Orden**

Nº Orden: 30028688 Tipo: MO - Orden Mantenimiento Sub Tipo: PPM CentTrabajo: YOP

Objeto: 61439-GRAT Desc Objeto: GRUA AT LIEBHERR 80TON 2003 61

Tarea: GRM1 Maestro de Tareas Desc Tarea: M1 GRUA generico

Estado: 3 - Liberada Reporteador: [ ]

Vence Actual: 27/03/2017 Grupo: [ ]

Inicio Act: 26/03/2017 Localización: YOPAL

Código: [ ] Teléfono: [ ] Consultar

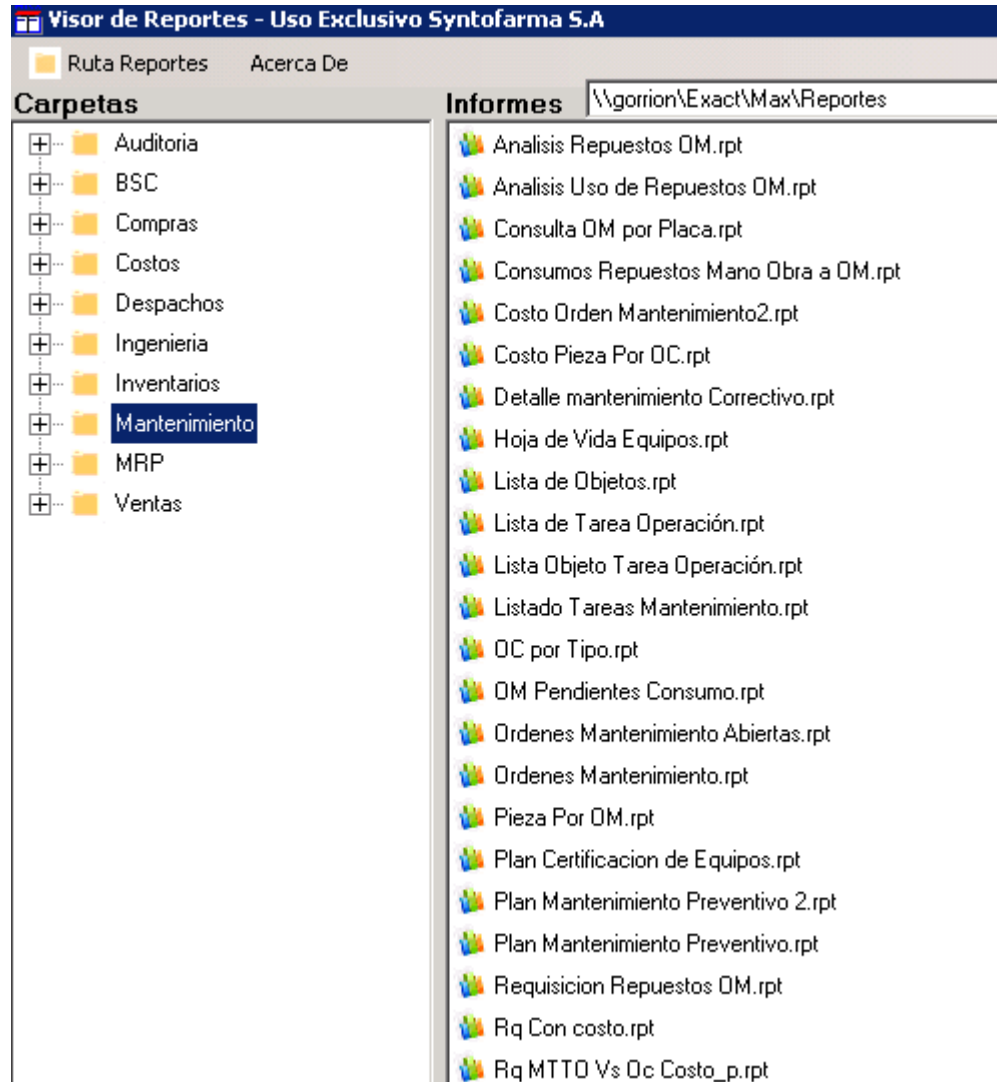
	Incluir	Sec.	Descripción Oper
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0001	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE
2	<input checked="" type="checkbox"/>	0030	VERIFICAR FUGAS DE ACEITE
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0060	VERIFICAR CONEXIONES Y FI
4	<input checked="" type="checkbox"/>	0090	VERIFICAR ESTADO MANGUERA
5	<input checked="" type="checkbox"/>	0120	VERIFICAR FUGAS DE ACEITE
6	<input checked="" type="checkbox"/>	0150	REVISAR / TOMAR MUESTRA
7	<input checked="" type="checkbox"/>	0180	REEMPLAZAR ACEITE MOTOR
8	<input checked="" type="checkbox"/>	0210	REEMPLAZAR FILTROS DE AC
9	<input checked="" type="checkbox"/>	0240	REEMPLAZAR FILTROS DE AIR
10	<input checked="" type="checkbox"/>	0270	REEMPLAZAR / FILTROS DE C

0001	Inclui	Sec.	Pieza	Descripción	Cantidad
1	<input type="checkbox"/>		< - ingresa Sec Oper,		

Quando el mantenimiento es realizado este debe ser concluido en la OM, donde quedan registrados los datos de inicio y finalización del mantenimiento, al igual que el técnico que lo realizo.

Toda esta información es almacenada en el sistema y se utiliza para realizar los reportes necesarios (ver figura 26), en estos módulos encontramos las OM generadas, al igual que el historial de repuestos de un equipo, las manos de obras externa, las diferentes tareas de los mantenimiento preventivos y predictivos y también indicadores.

Figura 26. Visor de reportes.



La hoja de vida del equipo es alimentada con las ordenes de mantenimiento que se generan a su nombre, al momento de cerrarlas esta información es cargada automaticamente a este informe, el cual luego de su inicio se vuelve inalterable, solo para suministrar las información de años anteriores y tener toda la trazabilidad del equipo, se ingreso la fecha de forma manual, despues de ese momento las fecha es dad por el sistema gracias a que funciona solo cuando se encuentra conectada a la red.

En el encabezado del reporte se encuentra la información básica del equipo, donde esta su nombre, serial, placa, localización, marca y referencia entre otras. Luego se encuentra descrita la información que se suministro en la OM, donde esta la fecha de inicio y finalización, la lista de tareas ejecutadas y los repuestos que se utilizaron.

Figura 27. Hoja de vida de equipo Grúa LTM1080 sr 61439

The screenshot shows a software interface for equipment maintenance records. The main window displays the following information:

**HOJA DE VIDA DE UN EQUIPO**

**EQUIPO:** 61439-GRAT  
**MARCA:** LIEBHERR  
**GRUPO:** AT  
**LOCALIZACIÓN:** YOPAL  
**FAMILIA:** GRUA AT (TODO)  
**FECHA CREADO:** 17/10/2012  
**CAPACIDAD:** 080 TONELA  
**KMINICIAL:** 0.00  
**HRINICIAL:** 14,949.00

**27/03/2017**

**30000478** MDC100 CORRECTIVO INT. MENOR MTR. DIESEL 28/01/2013

**OPERACIÓN Y MANO DE OBRA**

ID de Pieza	Descripción	UDM	Cantidad
010	YOP Base Operación	LN	1.00
0100	YOP INTERVENCIÓN MENOR MD	LN	0.00
0101	YOP	LN	0.00
011	YOP SURTMACK 80-JT	LN	1.00
	MANTENIMIENTO YOPAL	LN	2.00
	SURTMACK 80-JT	LN	0.00

**REPUESTOS USADOS**

ID de Pieza	Descripción	UDM	Cantidad
KMOE200	KIT TORNILLOS MOE	LN	0.00
RMDNI100	MOTOR DE ARRANQUE 428000-2650	LN	1.00
	RTOS NI MOE	LN	0.00
	458000-2650	LN	1.00

**30001199** MDI100 CORRECTIVO INT. MENOR MTR. DIESEL 22/04/2013

**OPERACIÓN Y MANO DE OBRA**

ID de Pieza	Descripción	UDM	Cantidad
0100	YOP CAMBIO BATERIAS	LN	1.00
0103	YOP	LN	0.00
0200	YOP CAMBIO ACEITE MOTORES	LN	1.00
0203	YOP	LN	0.00
0300	YOP CAMBIO FILTROS TODOS	LN	2.00
0301	YOP	LN	0.00
0302	YOP	LN	0.00
0303	YOP	LN	0.00
0307	YOP	LN	0.00
0308	YOP	LN	0.00
0400	YOP ENGRASE	LN	1.00
0402	YOP	LN	0.00
0500	YOP COMPLETAR NIVEL HIDR ULIC	LN	1.00
0504	YOP	LN	0.00
0500	YOP CORREGIR FUGA AIRE COMPRESOR	LN	1.00
0601	YOP	LN	0.00
	MANTENIMIENTO YOPAL	LN	7.00

**REPUESTOS USADOS**

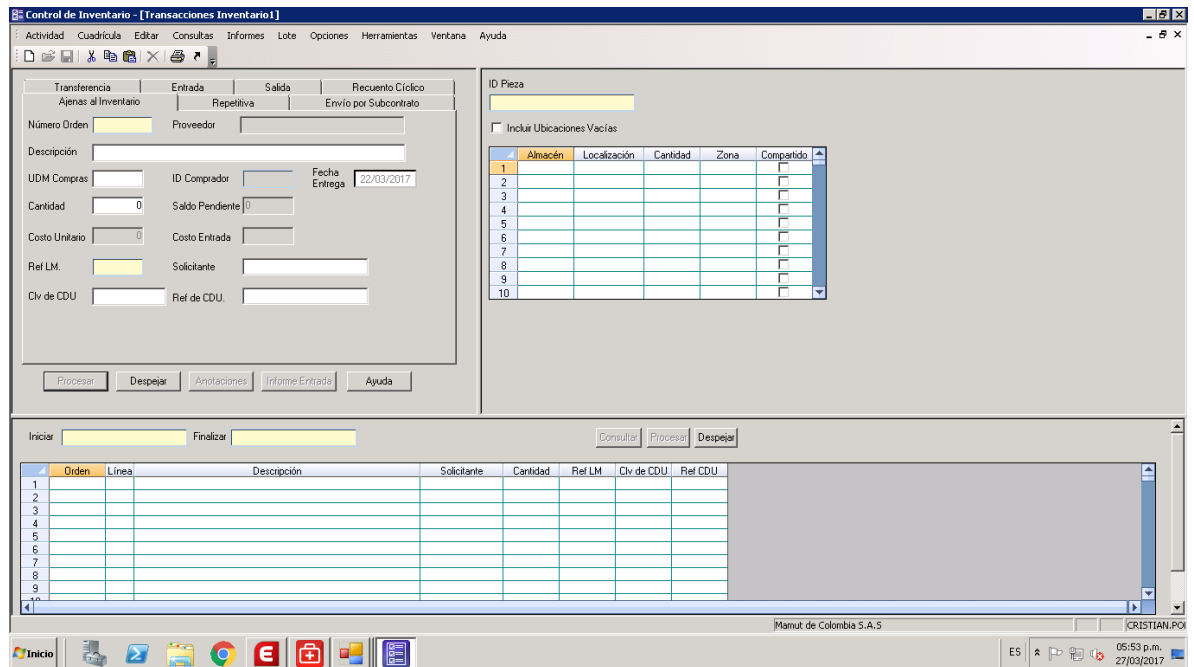
ID de Pieza	Descripción	UDM	Cantidad
EABT003	BATERIA 30H BORNE	LN	2.00
ETAMAC02	FILTRO ACEITE MOTORES	LN	2.00

Factor de zoom: 100%

Y por ahora el ultimo modulo que se ha desarrollado es el de control de inventarios, en este el sistema mantiene un listado de los repuestos que posee la compañía y está dividido por base, para así también poder llevar un control individual y que cada persona autorizada en los diferentes lugares del país pueda alimentar al sistema cuando realiza algún movimiento, como dar salida o ingreso de un repuesto.

El modulo se alimenta de las OM para las salidas de materias y de las órdenes de compra para los ingresos de repuestos.

Figura 28. Control de inventarios.



#### **4. CONCLUSIONES**

Cumplimiento del objetivo general de diseñar un plan de mantenimiento basado en TPM (Mantenimiento Productivo Total) para el equipo LIEBHERR LTM 1080 de serie 61439 para dar cumplimiento con la norma ASME B30.5.

Mejora en el proceso de verificación y certificación en los equipos LIEBHERR LTM 1080 de serie 61439 basados en la norma ASME B30.5.

Se estableció el estado actual de la gestión de mantenimiento, dando como resultado la implementación de los módulos de Exact Max para la medición y control de los datos del equipo.

Se desarrollaron los planes de mantenimiento autónomo y preventivo basados en los diferentes sistemas del equipo identificando y definiendo funciones en el desarrollo de las tareas individuales del personal para el cumplimiento del TPM.

## BILIOGRAFÍA

ASME B 30.5-2007, Grúas móviles y sobre riel. The American Society Of Mechanical Engineers, 2008

GIRALDO, Sebastián, Mantenimiento Total Productivo. Universidad Industrial de Santander

LIEBHERR GRUA MOVIL TELESCOPICA LTM 1080/1, Instrucciones para el uso BAL-No 10606-02-10

MANCILLA CASALEZ, Alejandro. Grúas móviles en la industria de la construcción; Pag.6, Mayo 2012.

MAMUT DE COLOMBIA, Bases de operación [En línea]. (Recuperado en 12 de Febrero de 2017) Disponible en [http://www.mamut.com.co/site/mamut\\_colombia/bases](http://www.mamut.com.co/site/mamut_colombia/bases)

SOZUKI, Tokutarō. TPM en industrias de proceso: Madrid, Productivity Press, 1995.