**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**

**MAESTRIA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**
**VERSIÓN I**

# CREAR UNA PLATAFORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL BASADA EN FILOSOFÍA LEAN, APLICABLE A LA MEDIANA EMPRESAS DE MANUFACTURA, CASO ETAPA EP.

**Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:**

**MAGISTER EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

**Autor:**

**Ing. Freddy Leonardo Astudillo Córdova**

**Director:**

**Ing. Edgar Fernando García C.**

**Cuenca – Ecuador**

**2017**

**Dedicatoria**

A Mariela y Kevin por su paciencia y comprensión, todos mis esfuerzos son para ellos. Dios no me pudo dar una mejor familia.

***Freddy Astudillo.***

**Agradecimiento**

A mis padres Dorinda y David por sembrar en mí el espíritu de lucha y perseverancia, lo que me ha servido de trampolín en el transcurso de mi vida.

**Agradecimiento**

Al ingeniero Fernando García por acompañarme en el desarrollo de este trabajo, compartiéndome su conocimiento y experiencia. Un agradecimiento especial al ingeniero Édison Encalada por su ayuda desinteresada.

**Agradecimiento**

A la Universidad del Azuay, con su calidad y trabajo, por permitirme avanzar un peldaño más en mi vida académica.

## Índice de contenidos


Dedicatoria ii

Agradecimiento iii

Agradecimiento iv

Agradecimiento v

Índice de contenidos vi

Índice de ilustraciones xiii

Índice de tablas xv

Resumen xvii

Abstact xviii

Introducción 1

*1. PLATAFORMA PARA IMPLEMENTAR TPM BASADO EN LEAN MANUFACTURING. 3*

**1.1. Introducción. 3**

**1.2. Generalidades. 3**

**1.3. Esquema de la plataforma. 4**

1.3.1. Lineamientos de la plataforma. 4

1.3.1.1. Meta. 4

1.3.1.2. Objetivos. 5

1.3.1.3. Alcance. 6

1.3.2. Marco teórico de Lean Manufacturing. 6

1.3.3. Teoría de las herramientas lean. 6

**1.4. Estructuración de la plataforma para introducción de TPM en la mediana industria manufacturera. 6**

**1.5. Conclusiones. 8**

*2. FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING. 10*

**2.1. Introducción. 10**

**2.2. El concepto Lean Manufacturing. 10**

2.2.1. Principios de Lean Manufacturing. 11

2.2.1.1. Especificar el valor. 12

2.2.1.2. Análisis de la cadena de valor. 12

2.2.1.3. Flujo continuo. 12

2.2.1.4. Halar desde el cliente (pull systema). 13

2.2.1.5. Mejoramiento continuo. 13
2.2.2. Beneficios del Lean Manufacturing. 14
2.2.3. Concepto de desperdicio. 14
2.2.3.1. Desperdicio por sobreproducción. 15
2.2.3.2. Desperdicio por transporte. 16
2.2.3.3. Desperdicio por movimientos inútiles. 16
2.2.3.4. Desperdicio por tiempo de espera. 17
2.2.3.5. Desperdicio por procesos inadecuados. 17
2.2.3.6. Desperdicio por exceso de inventario. 18
2.2.3.7. Desperdicio por defectos. 18
2.2.3.8. Desperdicio por subutilización del personal. 19
**2.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM). 19**
2.3.1. Principios del TPM. 20
2.3.1.1. Mantenimiento de las condiciones básicas de los equipos. 20
2.3.1.2. Descubrimiento temprano de anomalías. 20
2.3.1.3. Respuesta rápida. 20
2.3.2. Metas del TPM. 21
2.3.2.1. El TPM mejora la eficiencia global de los equipos. 21
2.3.2.2. El TPM crea un sistema de mantenimiento productivo. 21
2.3.2.3. El TPM crea un sistema de mantenimiento autónomo. 21
2.3.2.4. El TPM involucra a todos los departamentos de la empresa. 21
2.3.2.5. El TPM involucra a todo el personal de la empresa. 22
2.3.3. Los 8 pilares del TPM. 22
2.3.3.1. Mejoras enfocadas. 22
2.3.3.2. Mantenimiento autónomo. 23
2.3.3.3. Mantenimiento planificado. 23
2.3.3.4. Mantenimiento de calidad. 23
2.3.3.5. Prevención del mantenimiento. 23
2.3.3.6. Mantenimiento en áreas de soporte. 24
2.3.3.7. Desarrollo de habilidades. 24
2.3.3.8. Seguridad y medio ambiente. 24
2.3.4. Las 6 grandes pérdidas. 24
2.3.4.1. Pérdidas por averías. 24
2.3.4.2. Pérdidas por preparación y ajustes. 25
2.3.4.3. Pérdidas por tiempos muertos o paradas pequeñas. 25
2.3.4.4. Pérdidas por reducción de la velocidad de los equipos. 25
2.3.4.5. Pérdidas por arranques. 25
2.3.4.6. Defectos de calidad y trabajos de rectificación. 25

2.3.5. Eficiencia total del equipo OEE. 26
2.3.5.1. Disponibilidad. 27
2.3.5.2. Índice de rendimiento. 27
2.3.5.3. Índice de calidad. 27
**2.4. Conclusiones. 28**
***3. FASES DEL TPM. 29***
**3.1. Introducción. 29**
**3.2. Primera Fase: Preparación. 31**
3.2.1. Promoción. 31
3.2.2. Estructura organizativa. 31
3.2.3. Meta. 33
3.2.4. Objetivos. 34
3.2.5. Políticas. 34
3.2.6. Plan de Trabajo. 35
**3.3. Lanzamiento. 35**
**3.4. Segunda Fase: Implementación. 35**
3.4.1. Mejoras enfocadas. 36
3.4.1.1. Capacitación y entrenamiento. 36
3.4.1.2. Grupos KAIZEN. 37
3.4.1.3. 5 S´s: Principio de orden y limpieza. 38
3.4.1.3.1. Selección del área piloto. 38
3.4.1.3.2. Definición de la situación actual. 38
3.4.1.3.3. Primera S: SEIRI (Clasificar). 38
3.4.1.3.4. Segunda S: SEITON (Ordenar). 39
3.4.1.3.5. Tercera S: SEITON (Limpiar). 40
3.4.1.3.6. Cuarta S: SEIKETSU (Estandarizar o Mantener). 40
3.4.1.3.7. Quinta S: SHITSUKE (Autodisciplina). 41
3.4.1.3.8. Auditoría 5 S´s. 41
3.4.1.4. Sistemas visuales. 43
3.4.1.4.1. Selección de la máquina o sección. 44
3.4.1.4.2. Observar y documentar la situación actual. 44
3.4.1.4.3. Análisis de factibilidad de las herramientas visuales. 44
3.4.1.4.4. Implementación de sistemas POKA – YOKES. 44
3.4.1.4.5. Implementación de sistemas ANDON. 46
3.4.1.4.6. Estandarización del proceso. 47

3.4.1.4.7. Seguimiento de sistemas visuales. 47
3.4.1.5. Memo 3 GP: Hojas de recomendaciones. 48
3.4.1.5.1. Alcance y límites. 49
3.4.1.5.2. Formato Memo 3 GP. 50
3.4.1.5.3. Estandarización del proceso. 51
3.4.1.5.4. Diario de operaciones del Memo 3 GP. 52
3.4.2. Mantenimiento autónomo. 53
3.4.2.1. Limpieza inicial. 53
3.4.2.2. Contramedidas por las causas y efectos de la suciedad y el polvo. 53
3.4.2.3. Estándares de limpieza y lubricación. 54
3.4.2.4. Inspección general. 55
3.4.2.5. Inspección autónoma. 56
3.4.2.6. Estandarización. 56
3.4.2.7. Mantenimiento autónomo pleno. 56
3.4.2.8. Seguimiento del mantenimiento autónomo. 56
3.4.3. Mantenimiento planificado. 57
3.4.3.1. Evaluar la situación actual. 57
3.4.3.2. Reconducción al estado ideal. 57
3.4.3.3. Desarrollo de un sistema de gestión de información. 57
3.4.3.4. Desarrollo de un plan de mantenimiento periódico. 57
3.4.3.5. Desarrollo de un sistema de mantenimiento predictivo. 58
3.4.3.6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado. 58
3.4.4. Mantenimiento Predictivo: 58
3.4.4.5. Preparación. 60
3.4.4.5.1. Definición de las máquinas. 60
3.4.4.5.2. Estructurar la base de datos. 61
3.4.4.6. Implantación. 61
3.4.4.7. Análisis de resultados. 61
3.4.5. Mantenimiento de calidad. 61
3.4.5.1. Identificar la situación actual del equipo. 63
3.4.5.2. Analizar las condiciones 4M (materiales, maquinaria, mano de obra, métodos). 64
3.4.5.3. Preparar lista de defectos. 64
3.4.5.4. Priorizar el efecto de los problemas. 65
3.4.5.5. Desarrollar acciones de mejora. 65
3.4.5.6. Evaluar el efecto de las acciones implantadas. 65
3.4.5.7. Revisar y actualizar la matriz 4M. 65
3.4.5.8. Crear un plan de monitoreo. 65
3.4.5.9. Establecer acciones de mantenimiento para posibles desvíos. 65

3.4.5.10. Crear procedimientos de control y verificación. 66

**3.5. Recopilación de resultados. 66**

**3.6. Conclusiones. 66**

***4. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CULEBRILLAS – SAN PEDRO. 68***

**4.1. Introducción. 68**

**4.2. Generalidades de ETAPA EP. 68**

4.2.1. Misión. 68

4.2.2. Visión. 68

4.2.3. Valores corporativos. 69

4.2.3.1. Trabajo en equipo. 69

4.2.3.2. Actitud de liderazgo. 69

4.2.3.3. Vocación del servicio para satisfacer al cliente. 69

4.2.3.4. Generadores de desarrollo sustentable. 69

4.2.3.5. Innovación. 69

4.2.4. Organigrama. 69

**4.3. Situación actual de la planta. 71**

**4.4. Desarrollo de la plataforma para implementación de TPM. 72**

4.4.1. Promoción. 72

4.4.2. Estructura organizativa. 72

4.4.3. Meta. 73

4.4.4. Objetivos. 74

4.4.5. Política. 74

4.4.6. Plan de trabajo. 74

4.4.6.1. Plan de trabajo general de TPM. 75

4.4.6.2. Reconocimiento de la planta. 76

4.4.6.3. Determinación de la zona o máquina con la herramienta respectiva. 77

4.4.6.4. Designar a los integrantes de los grupos Kaizen. 77

4.4.6.5. Capacitación. 78

4.4.6.6. Plan de acción e implantación para cada herramienta Lean. 78

4.4.7. Lanzamiento. 79

**4.5. Implementación. 79**

4.5.1. Plan de acción para 5 S´s. 80

4.5.1.1. Capacitación. 81

4.5.1.2. Selección de la sección piloto. 81
4.5.1.3. Determinación de la situación actual. 81
4.5.1.4. Primera S: Seiri (Clasificar). 83
4.5.1.5. Segunda S: Seiton (Ordenar). 84
4.5.1.6. Tercera S: Seiso (Limpiar). 85
4.5.1.7. Cuarta S: Seiketsu (Estandarizar). 86
4.5.1.8. Quinta S: Shitsuke (Autodisciplina). 86
4.5.1.9. Auditoría 5 S´s. 87
4.5.1.10. Propuestas para 5 S´s. 89
4.5.2. Plan de acción para Sistemas Visuales. 91
4.5.2.1. Capacitación. 92
4.5.2.2. Selección de la máquina o sección. 92
4.5.2.3. Documentar la situación actual. 93
4.5.2.4. Factibilidad de las herramientas visuales. 94
4.5.2.5. Implementación del Poka Yoke. 94
4.5.2.6. Implementación de ANDON. 95
4.5.2.7. Estandarización de sistemas visuales. 96
4.5.2.8. Seguimiento de los sistemas visuales. 97
4.5.3. Plan de acción para Memo 3 GP. 98
4.5.3.1. Capacitación. 99
4.5.3.2. Alcance. 99
4.5.3.3. Límites. 99
4.5.3.4. Procedimiento. 99
4.5.3.5. Implementación. 103
4.5.3.6. Seguimiento y control. 103
4.5.4. Plan de acción para Mantenimiento Autónomo. 104
4.5.4.1. Capacitación. 105
4.5.4.2. Limpieza inicial. 105
4.5.4.3. Contramedida en la fuente de los problemas. 106
4.5.4.4. Inspección general. 107
4.5.4.5. Inspección autónoma. 107
4.5.4.6. Estandarización. 108
4.5.4.7. Seguimiento de mantenimiento autónomo. 109
4.5.5. Plan de acción para Mantenimiento Planificado. 110
4.5.5.1. Capacitación. 111
4.5.5.2. Selección de la máquina o sección. 111
4.5.5.3. Evaluar la situación actual. 112
4.5.5.4. Reconducción al estado ideal. 113

4.5.5.5. Mejora del sistema informático de mantenimiento. 114
4.5.5.6. Plan de mantenimiento periódico. 114
4.5.5.7. Seguimiento del mantenimiento planificado. 115
4.5.6. Plan de acción para Mantenimiento Predictivo. 116
4.5.6.1. Capacitación. 117
4.5.6.2. Definición de la máquina. 117
4.5.6.3. Determinar las técnicas predictivas. 117
4.5.6.3.1. Vibración. 117
4.5.6.3.2. Termografía. 118
4.5.6.3.3. Análisis eléctrico. 119
4.5.6.3.4. Base de datos. 120
4.5.7. Plan de acción para Mantenimiento de Calidad. 125
4.5.7.1. Capacitación. 126
4.5.7.2. Identificar la situación actual del equipo. 126
4.5.7.3. Análisis de las condiciones 4M. 129
4.5.7.4. Lista de defectos. 130
4.5.7.5. Modo de falla de los problemas. 131
4.5.7.6. Plan de mantenimiento. 132

**4.6. Conclusiones. 133**

***5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 134***

**5.1. Conclusiones. 134**

**5.2. Recomendaciones. 135**

## Índice de ilustraciones

*Ilustración 1: Esquema de la plataforma para la implementación de TPM.* _____ *7*
*Ilustración 2: Historia del Lean Manufacturing.* _____ *11*
*Ilustración 3: Principios de Lean Manufacturing.* _____ *14*
*Ilustración 4: Desperdicio por sobreproducción.* _____ *15*
*Ilustración 5: Desperdicio por transporte.* _____ *16*
*Ilustración 6: Desperdicio por movimientos inútiles.* _____ *16*
*Ilustración 7: Desperdicio por tiempo de espera.* _____ *17*
*Ilustración 8: Desperdicio por procesos inadecuados.* _____ *17*
*Ilustración 9: Desperdicio por exceso de inventario.* _____ *18*
*Ilustración 10: Desperdicio por defectos.* _____ *19*
*Ilustración 11: Desperdicio por subutilización del personal.* _____ *19*
*Ilustración 12: Los ocho pilares del TPM.* _____ *22*
*Ilustración 13: Las seis grandes pérdidas.* _____ *26*
*Ilustración 14: Representación gráfica del OEE.* _____ *26*
*Ilustración 15: Estructuración Vertical.* _____ *32*
*Ilustración 16: Estructuración horizontal.* _____ *32*
*Ilustración 17: Estructuración mixta.* _____ *32*
*Ilustración 18: Estructuración escalar.* _____ *33*
*Ilustración 19: Estructuración circular.* _____ *33*
*Ilustración 20: Ejemplo de plan de trabajo.* _____ *35*
*Ilustración 21: Ciclo de Shewhart.* _____ *37*
*Ilustración 22: Diagrama de flujo para Clasificación.* _____ *39*
*Ilustración 23: Ejemplos de sistemas Poka Yoke.* _____ *45*
*Ilustración 24: Sistemas ANDON.* _____ *47*
*Ilustración 25: Resolución de problemas con estrategia A y B.* _____ *50*
*Ilustración 26: Formato estándar para Memo 3 GP.* _____ *51*
*Ilustración 27: Diario de operaciones de Memo 3 GP.* _____ *52*
*Ilustración 28: Estándares de limpieza y lubricación.* _____ *54*
*Ilustración 29: Curva P-F de predicción de fallos.* _____ *59*
*Ilustración 30: Diagrama Q-A* _____ *63*
*Ilustración 31: Ejemplo de Matriz 4M.* _____ *64*
*Ilustración 32: Organigrama resumido de ETAPA EP.* _____ *70*
*Ilustración 33: Ubicación de la Planta de Culebrillas - San Pedro.* _____ *71*
*Ilustración 34: Organigrama TPM.* _____ *72*
*Ilustración 35: Layout de la planta.* _____ *76*
*Ilustración 36: Ubicación de la sección de Reactivos* _____ *81*

*Ilustración 37: Evidencia antes de las 5 S´s.* 82
*Ilustración 38: Formato de Tarjeta Roja.* 84
*Ilustración 39: Rombo de seguridad de Sulfato para Aluminio.* 84
*Ilustración 40: Rombo de seguridad para Polímero.* 84
*Ilustración 41: Rombo de seguridad para Cloro Gas.* 85
*Ilustración 42: Mapa de 5 S´s.* 85
*Ilustración 43: Gráficas de auditoría 5 S´s.* 88
*Ilustración 44: Ubicación de filtros y carro puente.* 93
*Ilustración 45: Condición actual de los filtros y carro puente.* 93
*Ilustración 46: Propuesta de Poke Yoke.* 95
*Ilustración 47: Propuesta de ANDON.* 96
*Ilustración 48: Gráfico de seguimiento de sistemas visuales.* 97
*Ilustración 49: Disposición del buzón de Memo 3 GP.* 103
*Ilustración 50: Ubicación de compresores.* 105
*Ilustración 51: Fotografía de la condición actual de los compresores.* 106
*Ilustración 52: Ejemplo de orden de trabajo.* 109
*Ilustración 53: Ubicación de las bombas del ADT.* 111
*Ilustración 54: Curva de confiabilidad de la bomba 2 del ADT.* 112
*Ilustración 55: Dirección para la toma de medida.* 118
*Ilustración 56: Consumo de corriente del motor de la bomba 2 del ADT.* 119
*Ilustración 57: Fotografía con cámara termográfica (ejemplo).* 123
*Ilustración 58: Ubicación del laboratorio.* 126

## Índice de tablas

*Tabla 1: Estructura de la plataforma de introducción de TPM en la empresa.* _____ *8*
*Tabla 2: Aceptabilidad del valor de OEE.* _____ *28*
*Tabla 3: Estructura de implantación de un sistema TPM.* _____ *29*
*Tabla 4: Estructura de la plataforma de introducción de TPM en la empresa.* _____ *30*
*Tabla 5: Lista de verificación 5S.* _____ *42*
*Tabla 6: Resultados de la lista de verificación 5S.* _____ *43*
*Tabla 7: Lista de verificación para sistemas visuales.* _____ *48*
*Tabla 8: Resultados de lista de verificación de sistemas Visuales.* _____ *48*
*Tabla 9: Técnicas predictivas de acuerdo a la máquina a analizar.* _____ *60*
*Tabla 10: Que es y que no es Mantenimiento de calidad.* _____ *61*
*Tabla 11: Plan de trabajo general de TPM.* _____ *75*
*Tabla 12: Máquina vs. Herramienta.* _____ *77*
*Tabla 13: Integrantes del grupo Kaizen de mantenimiento.* _____ *77*
*Tabla 14: Integrantes del grupo Kaizen de operación.* _____ *78*
*Tabla 15: Plan de acción para 5 S´s.* _____ *80*
*Tabla 16: Formato de listado de Tarjeta Roja.* _____ *83*
*Tabla 17: Colores de seguridad y su significado.* _____ *85*
*Tabla 18: Responsable de limpieza por áreas.* _____ *86*
*Tabla 19: Materiales de limpieza para la zona de reactivos.* _____ *86*
*Tabla 20: Formato para auditoría 5 S´s (ejemplo).* _____ *87*
*Tabla 21: Propuestas para 5 S´s.* _____ *89*
*Tabla 22: Plan de acción para Sistemas Visuales.* _____ *91*
*Tabla 23: Problemas presentados en los filtros.* _____ *94*
*Tabla 24: Problemas presentados en el carro puente.* _____ *95*
*Tabla 25: Funcionamiento de los sistemas visuales propuestos.* _____ *96*
*Tabla 26: Formato para seguimiento de sistemas visuales (ejemplo).* _____ *97*
*Tabla 27: Plan de acción para Memo 3 GP.* _____ *98*
*Tabla 28: Formato para implementar Memo 3 GP.* _____ *101*
*Tabla 29: Formato de diario de operaciones Memo 3 GP.* _____ *102*
*Tabla 30: Plan de acción para mantenimiento autónomo.* _____ *104*
*Tabla 31: Estándar de limpieza y lubricación.* _____ *108*
*Tabla 32: Plan de acción para mantenimiento planificado.* _____ *110*
*Tabla 33: Histórico de paradas de la bomba No. 2 del ADT.* _____ *112*
*Tabla 34: Cálculo de MTBF y MTTR de la bomba 2 del ADT.* _____ *112*
*Tabla 35: Cálculo de OEE de la bomba 2 del ADT.* _____ *113*
*Tabla 36: Especificaciones de la bomba 2 del ADT.* _____ *113*

*Tabla 37: Propuestas para solución de problemas detectados.* _____ *113*
*Tabla 38: Plan de mantenimiento periódico.*_____ *114*
*Tabla 39: Plan de acción para Mantenimiento Predictivo.*_____ *116*
*Tabla 40: Valores permisibles de vibración.* _____ *118*
*Tabla 41: Temperatura de trabajo de motores de acuerdo al tipo de aislante.*_____ *119*
*Tabla 42: Formato de recopilación de datos de vibraciones (ejemplo).*_____ *121*
*Tabla 43: Formato de recopilación de datos de termografía (ejemplo).* _____ *122*
*Tabla 44: Formato de recopilación de datos de análisis eléctrico (ejemplo).*_____ *124*
*Tabla 45: Plan de acción para mantenimiento de calidad.*_____ *125*
*Tabla 46: Instrumentos de control de calidad.* _____ *127*
*Tabla 47: Matriz Q-A para el laboratorio de la planta de Culebrillas – San Pedro.* _____ *128*
*Tabla 48: Estándares 4 M.* _____ *129*
*Tabla 49: Listado de problemas para color fuera de rango.*_____ *130*
*Tabla 50: Formato de matriz AMFE.* _____ *131*
*Tabla 51: Plan de inspección autónomo para colorímetro.* _____ *132*

**Resumen**

Este documento tiene la finalidad de guiar a las medianas empresas manufactureras para que dé los primeros pasos en el duro proceso de implementación de Mantenimiento Productivo Total. En el capítulo 1 se presentan los lineamientos y estructuración de esta guía, necesarios para poder navegar durante toda la implantación de la filosofía con el norte bien claro. El capítulo 2 abarca la teoría de Lean Manufacturing para tener claros los conceptos sobre las herramientas propuestas para el desarrollo de la plataforma propuesta.

Fernando García, director de esta tesis, asegura que para preparar a una empresa para la implementación del TPM, se necesita tener desarrolladas algunas herramientas de Lean Manufacturing. Estas herramientas son descritas en el capítulo 3 el que servirá para la capacitación del personal.

En el capítulo 4, se desarrollará la parte práctica de la plataforma con la aplicación de este documento en una planta de tratamiento de agua potable. En el capítulo 5 se presenta brevemente unas conclusiones generales y unas recomendaciones propuestas para la ejecución de la plataforma propuesta.

## ABSTRACT

This paper aims to guide medium-sized manufacturing companies to take the first steps into the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) process. Chapter 1 presents the handbook guidelines and structuring necessary to go throughout the implementation of the philosophy with clear goals. Chapter 2 covers the Lean Manufacturing theory so as to have clear concepts about the tools proposed for the development of this platform. Fernando Garcia, director of this thesis, considers that it is necessary to develop some Lean Manufacturing tools in order to prepare a company for TPM implementation. These tools, which are described in Chapter 3, will be used to train the staff. Chapter 4 develops the practical part of the platform through the application of this project in a drinking water treatment plant. Chapter 5 briefly presents general conclusions and recommendations for the implementation of the proposed platform.


UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

## Introducción

El principal objetivo de las empresas en general es percibir ingresos por los productos o servicios que estas realizan, normalmente económicos. La manera que actualmente las empresas están adoptando es la mejora en los procesos, ya que en estos es en donde se invierte la mayor cantidad de recursos. Si se mejoran los procesos, se reducen los tiempos de intervención, se alarga la vida de los equipos, etc., los ingresos en la empresa también mejorarán y sobre todo los gastos disminuirán que es otra forma de decirlo.

Muchas de las industrias que tratan de realizar lo antedicho, lo hace sin ningún fundamento sino solo con las ganas de hacerlo. La filosofía Lean Manufacturing y su herramienta Mantenimiento Productivo Total, como el resto de herramientas Lean, tienen su procedimiento bien establecido, asimismo como sus objetivos, alcances, etc. Es decir, una empresa bien organizada puede apoyarse en estas herramientas, conociendo primeramente los problemas de los que adolece dicha empresa para de acuerdo a ello elegir la herramienta Lean adecuada para eliminar dicho problema.

En sí, el Mantenimiento Productivo Total está enfocado a la disminución o eliminación de las seis grandes pérdidas. Con la aplicación de los ocho pilares del TPM y con el apoyo de otras herramientas Lean la productividad de las empresas será mucho más eficiente.

Un punto que no muchas industrias toma en cuenta es el bienestar de las personas. Al implementar la filosofía lean, estas empresas estarán ayudando a que el personal se encuentre motivado, con un autoestima elevado, que sienta cariño por su trabajo. Cuando se labora con estas características, la productividad aumenta notablemente, el operario se apersona de los equipos de la empresa y los cuida, el personal hablará bien de la empresa, etc. Es decir, por donde se lo vea, la implementación de la filosofía lean aportará positivamente a conseguir los objetivos de las industrias, y mientras más comprometida esté la alta administración, mejores resultados se conseguirán.

Este trabajo pretende dar una guía para la implementación de seis herramientas básicas de Lean Manufacturing: orden y limpieza 5 S´s, sistemas visuales Poka Yoke y ANDON, formulario de recomendaciones Memo 3 GP, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y predictivo, y por último el mantenimiento de calidad.

Cada una de ellas con su metodología y formatos propuestos, los cuales pueden varias de acuerdo a la realidad de cada empresa.

La mejor forma de presentar resultados es mediante gráficos, por este motivo esta filosofía se ayuda mucho de carteles, pancartas, colores, dibujos, etc. lo que ayuda de sobremanera al rápido entendimiento de las cosas, identificación ágil de indicadores, la situación actual, entre otras cosas. Lo más interesante es que por medio de fotografías se puede evidenciar el antes y el después de las implementaciones, lo que motiva de sobremanera al personal en general a seguir trabajando de una manera correcta hacia la excelencia.

# CAPÍTULO 1

## 1. PLATAFORMA PARA IMPLEMENTAR TPM BASADO EN LEAN MANUFACTURING.

### 1.1. Introducción.

Hoy en día es muy común mantener estándares y guías de todo tipo, es el caso de las normas tanto locales como internacionales. Esto es necesario para estandarizar la forma de desarrollar cierta actividad, con ello se podrá reforzar las buenas prácticas y corregir las deficientes.

El presente texto es una guía para que la industria manufacturera de mediano tamaño que tenga las ganas, pueda ingresar al mundo del Mantenimiento Productivo Total TPM, una filosofía poco conocida en el Ecuador, pero que de los pocos que lo han aplicado, se ven resultados innegables.

La finalidad de la plataforma propuesta en este trabajo no es que el TPM sea implantado plenamente sino que es un primer paso para adecuar a la empresa para que en un futuro pueda ser introducido el TPM plenamente a su forma de trabajar.

El desarrollar estas herramientas no son nada fáciles ni rápidas, pero una vez que hayan sido absorbidas por la empresa serán las responsables de producir: mayores ingresos, baja pérdida y una alta motivación y compromiso por parte del personal. Todas estas cualidades resultarán en una alta eficiencia lo que le dará a la empresa mayores utilidades, lo que se resume en ganancia para todos.

### 1.2. Generalidades.

El compromiso por parte de la alta gerencia debe ser el primer peldaño hacia la ejecución de esta guía en la empresa, ellos son quienes deben tomar la decisión y el compromiso del desarrollo de esta plataforma. Además debe designar al personal necesario e invertir en la implementación de las herramientas de lean.

Una vez que el compromiso se ha realizado, se necesitará de una persona que guíe el proyecto, capacite al personal y esté presente en todo momento. Esta persona

debe tener conocimientos claros de Lean Manufacturing, puede ser interna o externa, pero debe estar bien capacitada.

El personal necesita ser capacitado y mantener un compromiso consiente y no obligado sobre sus actividades dentro de la empresa. Necesitará borrar de su mente la creencia de que “yo opero y tu mantienes” y adquirir la convicción de “que puedo hacer para sumar fuerza para avanzar”. Una buena forma de conseguirlo es dando responsabilidades al personal, lo que ha funcionado muy bien de acuerdo a la historia.

Al sumar todos los esfuerzos realizados, desde los administradores hasta los operarios, la empresa podrá encaminarse hacia una implementación adecuada del TPM soportado en una filosofía Lean y un pensamiento Kaizen.

### 1.3. Esquema de la plataforma.

La plataforma para la implementación de TPM se la a esquematizado de una manera en la que los administrativos puedan ir conociendo de una forma progresiva desde los conceptos generales de lean hasta irse introduciendo en unas herramientas específicas de lean las cuales le ayudarán a que su empresa esté preparada para la implementación íntegra del TPM. La plataforma está dividida en tres partes: lineamientos, marco teórico de lean Manufacturing y marco teórico de las herramientas lean, como se indica en la ilustración 1.

#### 1.3.1. Lineamientos de la plataforma.

Estos lineamientos son representados por la meta, objetivos y alcance, que son propios de la plataforma y serán en todo momento el horizonte al cual queremos llegar. Estos lineamientos están desarrollados en párrafos posteriores.

##### 1.3.1.1. Meta.

El objetivo principal de esta plataforma es: Guiar a la mediana empresa manufacturera durante la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing: 5 S’s, sistemas visuales, memo 3 GP, mantenimiento autónomo, mantenimeinto planificado y mantenimiento de calidad, con la finalidad de prepararla

para que posteriormente pueda instituir el Mantenimiento Productivo Total en sus procesos de producción.

#### 1.3.1.2. Objetivos.

Para conseguir la meta planteada nos debemos apoyar en los siguientes objetivos específicos:

1) Concientizar al representante de la empresa sobre las bondades de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.
2) Comprometer a la alta dirección de la empresa para que apoye en la implementación, mantenimiento y mejora del TPM, facilitando los recursos necesarios.
3) Capacitar a todo el personal involucrado con los procesos que agregan valor dentro de la empresa.
4) Formar grupos de trabajo tanto para mantenimiento como para operación.
5) Desarrollar la herramienta Lean 5 S´s de orden y limpieza como base para el desarrollo de la plataforma.
6) Implementar herramientas visuales Poka Yoke y ANDON en la empresa como estrategia para disminuir los errores humanos y fallas técnicas.
7) Implementar el sistema de buzón de recomendaciones Memo 3 GP como medio de interacción entre los operarios y la administración.
8) Desarrollar un plan de mantenimiento autónomo con la finalidad de apersonar al operario sobre los activos a su cargo.
9) Desarrollar un plan de mantenimiento planificado como guía base de tareas periódicas sobre los equipos de la empresa.
10) Desarrollar un plan de mantenimiento predictivo como parte del mantenimiento planificado en elementos críticos de la empresa.
11) Desarrollar un plan de mantenimiento de la calidad del producto.
12) Realizar el seguimiento respectivo a cada una de las herramientas implementadas.
13) Establecer un sistema de mejora continua basada en el ciclo de calidad Planificar – Hacer – Verificar – Actuar.

#### 1.3.1.3. Alcance.

Esta plataforma está destinada a ser aplicada en las empresas manufactureras que posean el interés de invertir recursos, con el afán de introducir en su forma de trabajar la filosofía Lean Manufacturing, con miras de aplicar el Mantenimiento Productivo total en un futuro.

### 1.3.2. Marco teórico de Lean Manufacturing.

Es muy importante que los administrativos de las empresas sepan de una forma global de que se trata la filosofía lean para que de esta manera sepa lo que va a obtener en el caso de que se decida por la implementación de lean en las actividades de producción. Es por esta razón que se presenta un marco teórico condensado de la filosofía lean, tocando un punto muy importante y medular de la plataforma que es el TPM.

### 1.3.3. Teoría de las herramientas lean.

Una vez que se conoce de una forma global la filosofía lean, es el momento adecuado para que el personal administrativo y técnico se empapen de los conceptos y procedimientos puntuales para el desarrollo de las herramientas lean propuestas por la plataforma para la implementación de TPM en la empresa. Estas herramientas son: mejoras enfocadas, orden y limpieza 5 S´s, sistemas visuales Poka Yoke y ANDON, formulario de recomendaciones Memo 3 GP, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y predictivo, y por último el mantenimiento de calidad.

## 1.4. Estructuración de la plataforma para introducción de TPM en la mediana industria manufacturera.

De todo lo dicho anteriormente, se puede resumir un esquema de la plataforma para introducir TPM en una mediana empresa de manufactura, este esquema se muestra en la ilustración a continuación.

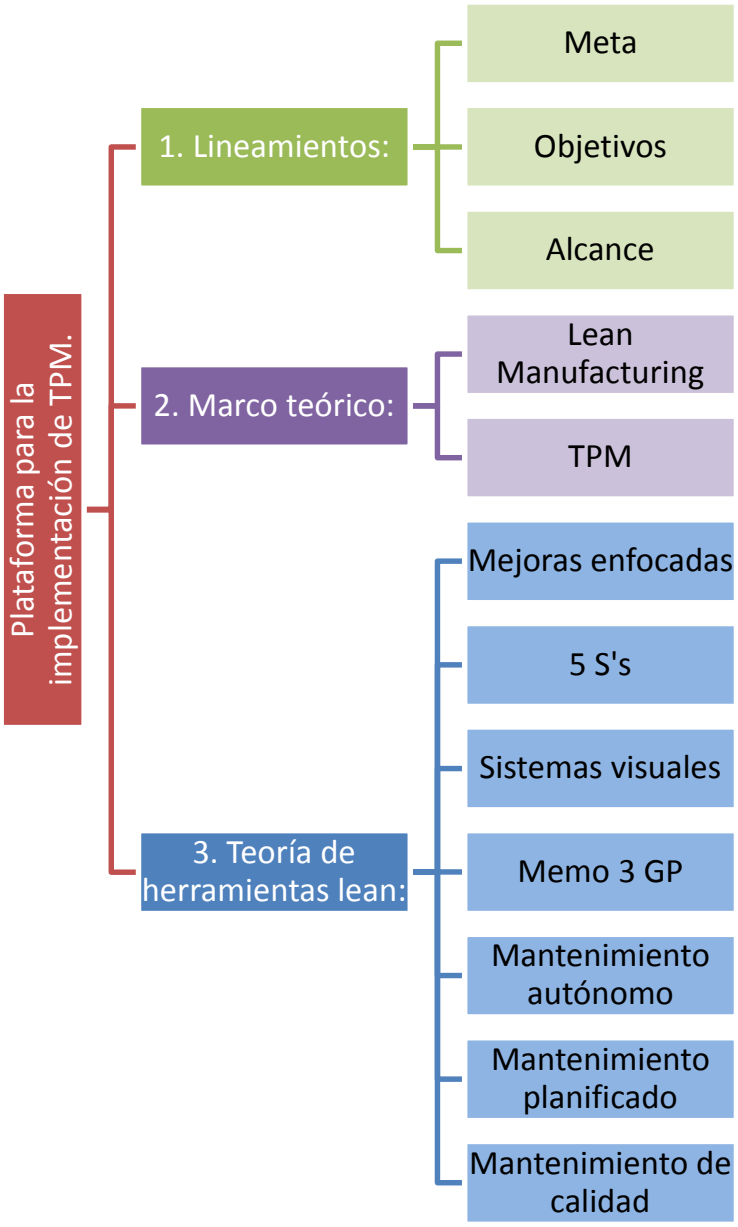



*Ilustración 1: Esquema de la plataforma para la implementación de TPM.*

*Fuente: El Autor.*

Además, como se podrá ver en el marco teórico del capítulo 3 de este documento, referido al Mantenimiento Productivo Total, exsisten cuatro fases para implementar un sistema TPM, las que se subdividen en un total de doce etapas. Estas doce etapas son necesarias para obtener una implementación íntegra del TPM en la empresa.

La plataforma que se está presentando es para dar los primeros pasos en el mundo del TPM, es por esta razón que se propone un cuadro modificado de tres fases conformadas por once etapas.

*Tabla 1: Estructura de la plataforma de introducción de TPM en la empresa.*

*Fuente: El Autor, basado en (Cuatrecasas & Torrell, 2010).*

| FASE | ETAPA | ASPECTO DE GESTION |
|---|---|---|
| 1.- Preparación | 1.- Promoción del TPM. | Los administrativos hacen extenciva la noticia de que se va a introducir la filosofía TPM en la empresa. |
| | 2.- Estructura organizativa. | Se creará un grupo bien estructurado de trabajo para promover el TPM creado por personal adecuado. |
| | 3.- Planteamiento de meta, objetivos y políticas. | El grupo estructurado determinará los lineamientos apegados a la realidad de la empresa lo que servirá de guía permanente en el desarrollo de la plataforma. |
| | 4.- Plan de trabajo de TPM. | Preparar un plan general de trabajo y uno específico para cada herramienta a desarrollarse, que contenga las actividades y cronograma. |
| 2.- Introducción | 5.- Lanzamiento del TPM. | Es conveniente realizar el lanzamiento oficial de la introducción de TPM en la empresa. Se puede invitar a clientes, proveedores y stakeholders en general. |
| 3.- Implantación | 7.- Mejoras enfocadas: Capacitación, KAIZEN, 5 S's, Sistemas visuales, Memo 3 GP. | Estas herramientas serán implementadas primeramente en las etapas de producción que mayores pérdidas ocacionen. |
| | 8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo. | Tiene que ver con el trato técnico de las máquinas realizado por el operario, previo a la capacitación correspondiente. |
| | 9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado. | Trata sobre las actividades cíclicas programadas que se realiza a los equipos. |
| | 10.- Desarrollar un programa de mantenimiento predictivo. | Es parte del mantenimiento planificado, pero por su complejidad se lo a separado para ser más efectivo en el trabajo. |
| | 11.- Desarrollar un programa de mantenimiento de calidad. | Es importante realizar actividades de mantenimiento o innovación con la finalidad de mejorar la calidad del producto terminado. |

La teoría referida a esta tabla se la verá en el capítulo 3 de este documento, ya que es adecuado primeramente tocar otros temas que nos den a conocer conceptos importantes y necesarios para desarrollar de una forma correcta la plataforma propuesta.

## 1.5. Conclusiones.

Cuenca es una ciudad que cuenta con gente emprendedora por naturaleza. De estos emprendimientos que con el tiempo van creciendo nacen las medianas empresas. Es en esta instancia en donde se da una oportunidad muy grande para introducir la idea de TPM en el estilo de trabajo de dichas empresas, esto con la finalidad de hacer a las empresas cada vez más grandes y exitosas. Es de esta forma que nació la idea de realizar este proyecto, para ayudar a la mediana empresa manufacturera de cualquier lugar del mundo, que esté dispuesta a trabajar al estilo Lean Manufacturing.

La implementación de TPM en una empresa es sin duda un proceso muy duro y requiere de un tiempo considerable, alrededor de 3 años, pero sobre todo necesita

de una fuerte inversión de recursos. Es por esta razón que se propone una plataforma para la introducción de TPM en la mediana empresa manufacturera. Para la implementación de esta plataforma no se requiere de tiempo y recursos tan elevados, sino todo lo contrario, y sobre todo preparará a la empresa a una posible implementación íntegra de TPM.

La plataforma que se desarrolla en este documento, al ser un proyecto, cuenta con lineamientos, compuestos por: una meta, objetivos y el alcance, los cuales se plantean para tener claro el horizonte o resultados que se esperan obtener. También se ha desarrollado un esquema en el cual se muestra de una forma global el como está estructurada la plataforma propuesta, además de una tabla que nos indica los pasos a seguir para poder desarrollar dicha plataforma.

# CAPÍTULO 2

## 2. FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING.

### 2.1. Introducción.

El Lean Manufacturing tiene sus orígenes en la empresa japonesa, para ser concretos en la fábrica Toyota en los años 50. Su nacimiento se da por la necesidad de desarrollar técnicas que logren hacer llegar los materiales y los productos en el momento justo, en la cantidad indicada y con la calidad especificada. Para conseguir esto, es necesario realizar un análisis de la cadena de valor de la empresa y procurar eliminar o minimizar los desperdicios que nos encontremos en dicho análisis, además de procurar que el flujo de materiales, materia prima, etc., sea lo más continuo posible y mejorar continuamente en el tiempo.

Una de las herramientas de Lean Manufacturing es el mantenimiento productivo total, esta se basa en la participación de todas las áreas y todo el personal de las mismas para llevar adelante la transformación que se desea en la empresa. Esta técnica está soportada por ocho pilares, cada uno con su respectiva metodología, pero todas ellas tienen un común denominador llamado “gente” que son quienes sacarán adelante la técnica.

Para saber si una empresa está encausada por buen camino, se puede valer de un indicador muy poderoso conocido como eficacia total del equipo, es importante ya que intervienen en él otros tres indicadores: disponibilidad, rendimiento y calidad y nos puede dar una idea de cómo está funcionando la empresa desde el punto de vista productivo.

### 2.2. El concepto Lean Manufacturing.

Varios son los intentos de traducción de Lean Manufacturing, entre ellas: manufactura esbelta, delgada, ágil, ajustada; pero ninguna de ellas representa la realidad, es por esta razón que se ha adoptado el término inglés Lean Manufacturing o simplemente Lean para nombrarlo (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013). En resumen, el Lean Manufacturing es una filosofía de negocio apoyado en una serie de procedimientos y herramientas enfocadas a la eliminación o minimización de los desperdicios producidos en las empresas, con la finalidad de brindar al cliente el

producto o servicio ofrecido, en el tiempo requerido, la cantidad requerida y sobre todo con cero defectos (Womack & Jones, 1996).

Este concepto fue concebido a finales de los años 40, luego de la segunda guerra mundial, en la cual Japón quedó desbastado, una empresa familiar japonesa quiso ser parte de la reconstrucción familiar implementando la producción de automotores a su tradicional fabricación de equipos para la producción de telas. Esta fábrica es la que conocemos hoy como Toyota. En un inicio no fue fácil ya que la producción de ese momento se lo realizaba en serie, es decir productos similares, pero para poder acceder a un crédito, se le condicionó a Toyota que produjera desde pequeños automóviles hasta medianos camiones de uso comercial. Es así que se integran algunas ideas enfocadas ya no en la máquina sino en el proceso productivo.

Algunos profesionales de Toyota, entre ellos Taiichi Ohno, plasmaron todo su aprendizaje en su publicación reconocida como Toyota Production Sistem (TPS), en la que afirman que los principios del Lean son la mejora continua, eliminación de stocks y la reducción de desperdicios. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

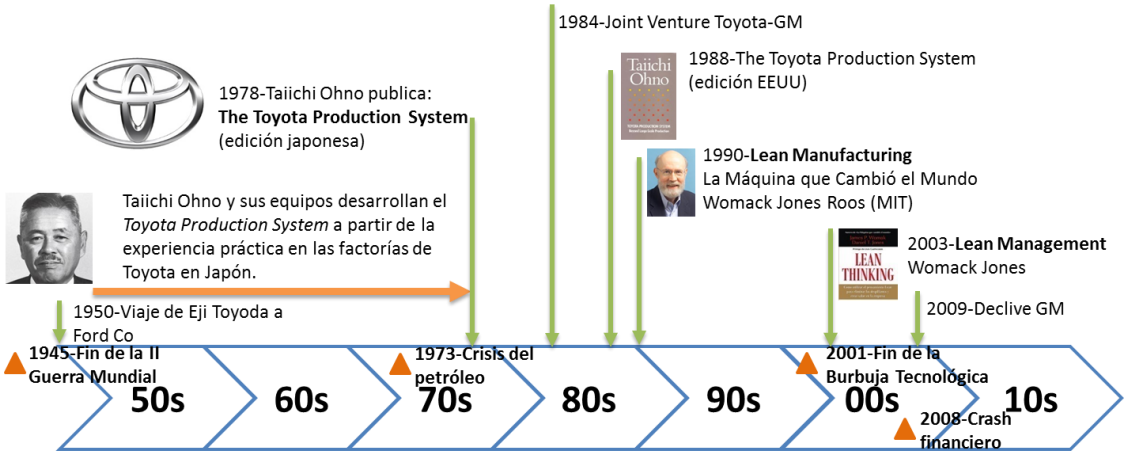



*Ilustración 2: Historia del Lean Manufacturing.*

*Fuente: (Vilda, 2013).*

### 2.2.1. Principios de Lean Manufacturing.

El término Lean propiamente dicho, fue utilizado por primera ocasión en 1990 por los autores Womack, Jones y Roos, en su libro “La máquina que cambió el mundo”, en el cual declaran al Lean como una evolución del TPS. En (Womack & Jones, 1996) los autores numeran los cinco principios de Lean, estos son:

#### 2.2.1.1. Especificar el valor.

Hay que tener claro que el valor lo define el cliente más no la empresa, es decir, lo único que le debe interesar producir a una empresa es lo que el cliente realmente percibe como valor. Por esta razón se debe conocer muy bien al cliente ya sea interno o externo, ¿cuáles son sus necesidades?, sus expectativas, etc., para así producir en función de dichos requisitos.

Se puede proceder de la siguiente forma de acuerdo a los hallazgos:

- Actividades que agregan valor: se debe potencializar estas actividades.
- Actividades que no generan valor pero son necesarias: se debe minimizar este tipo de actividades, no se las puede eliminar ya que son parte de políticas, reglamentos, pensamientos, etc. en la empresa.
- Actividades sin valor agregado: definitivamente se las debe eliminar ya que crea desperdicios sin ningún valor para el cliente, como son: inventario, tiempo muerto, reprocesos, accidentes.

#### 2.2.1.2. Análisis de la cadena de valor.

Es necesario establecer gráficamente todas las acciones o procesos que se realizan para obtener un producto o servicio dentro de la empresa, desde el ingreso de la materia prima hasta la obtención misma del producto/servicio. Esto se realiza con la finalidad de identificar los procesos que no agregan valor y tomar la decisión de minimizarlas, modificarlas o eliminarlas del proceso. Para realizar este análisis nos ayudamos de la herramienta Value Stream Mapping (VSM), en el que se describe gráficamente, con simbología normada, la cadena de valor de la empresa.

#### 2.2.1.3. Flujo continuo.

Lo que se busca es que el material fluya continuamente en los procesos de la empresa, agregando valor en este trayecto, es decir sin interrupciones. Para esto se debe eliminar la producción por lotes, los transportes innecesarios y los cuellos de botella. Se debe evitar los traslados demasiados largos, resultado de un mal diseño del layout de la fábrica, los mapas tipo spaghetti son muy útiles para identificar traslados innecesarios. Nos podemos ayudar de la producción pieza a pieza (OPF

por sus siglas en inglés de One Piece Flow), con lo cual evitamos procesos que no agregan valor y ahorramos espacio al disminuir el stock.

#### 2.2.1.4. Halar desde el cliente (pull systema).

Es necesario producir de acuerdo a la demanda del cliente a lo que se conoce como takt time. El takt time es el tiempo que transcurre entre la fabricación de dos productos consecutivos, es decir la frecuencia, para no tener sobre producción pero tampoco hacerle faltar productos al cliente. Hay tres formas de producir bajo este sistema:

- Contra pedido: La producción no inicia mientras el cliente no realice un pedido. En este caso el lead time debe ser menor al plazo de entrega pactado con el cliente.
- Contra previsiones: La producción está basada en el estudio de históricos de venta e intuiciones de marketing. Este es el principal responsable de la sobreproducción y representa el sistema push.
- Contra demanda real: Los productos se fabrican de acuerdo al consumo, es decir de acuerdo a lo vendido. Esta forma es la más deseada y se la conoce como sistema pull. Para conseguir este tipo de producción es necesario una disciplina bien establecida, producción en células, que sea flexible y así trabajar por lotes pequeños. Esto conlleva al justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés de just in time)

#### 2.2.1.5. Mejoramiento continuo.

Cuando nos referimos a la perfección de acuerdo a Lean, no es solo el eliminar los defectos en el producto y sus procesos de producción, sino también tiene que ver con la entrega a tiempo, que cumpla con las necesidades del cliente, a un precio justo y con una buena calidad. Además se debe tener presente que ninguna máquina o proceso llegará al punto en el cual no pueda ser mejorado.

*Ilustración 3: Principios de Lean Manufacturing.*

*Autor: Propia basada en (Tejeda, 2011).*

### 2.2.2. Beneficios del Lean Manufacturing.

Son algunas las razones por las cuales las empresas deberían tomar en cuenta para introducir la filosofía Lean a sus métodos de producción, pero la principal es buscar eliminar o minimizar los desperdicios. Algunos de los beneficios que se pueden mencionar son los siguientes (Vollmann, Whybark, Berry, & Jacobs, 2005):

- Reducción del tiempo de producción,
- Disminución del tiempo de traslado de los materiales,
- Tiempos más cortos de puesta a punto de las máquinas,
- Reducción de inventarios,
- Personal comprometido con la mejora contínua,
- Reducción de las pérdidas por mala calidad y desperdicios,
- Mejoras en la calidad del producto terminado.

### 2.2.3. Concepto de desperdicio.

Se tiene claro que el valor agregado es todo aquel proceso que transforma a la materia prima y por la que el cliente estará dispuesto a pagar. Desde este concepto, podemos decir que despilfarro o desperdicio es todo aquello que no agrega valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Cabe destacar que hay actividades que no añaden valor al producto pero son necesarias para el desarrollo del mismo, en este caso los desperdicios deberán ser asumidos (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

El primer paso para introducir las herramientas Lean en un sistema de producción es el identificar los tipos de desperdicios a los que la empresa se enfrenta. Ohno, en su libro Toyota Production System en 1988 propuso siete tipos de desperdicios. Womack posteriormente añadió a esta lista un octavo desperdicio. A continuación se describe cada uno de los desperdicios (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

### 2.2.3.1. Desperdicio por sobreproducción.

Resulta cuando se produce más de lo requerido o se invierte en maquinaria con mayor capacidad de la que se necesita. De allí la regla de oro de Lean Manufacturing que reza “producir lo que el cliente necesita, cuando lo requiere y en la cantidad justa”. Este desperdicio no incita a la mejora ya que aparentemente todo está funcionando bien. Por otro lado la sobreproducción es causa de un gran stock, equipos sobredimencionados, necesidad de espacio para almacenaje y falta de equilibrio en la producción.

La prinsipal causa de la sobreproducción es la palabra muy utilizada “porsiacaso”. Es asi que se dice:

- Hay que producir cincuenta unidades más porsiacaso el cliente lo requiere.
- Hay que adquirir una máquina más grande porsiacaso la demanda sea mayor.
- Hay que fabricar este producto porsiacaso nos hacen un pedido.

La forma adecuada de producción es mediante el jale del cliente, con la cantidad y características deseadas. En ocaciones se proyecta la demanda de acuerdo a estudios estadísticos.

| PRODUCCIÓN 2016 | | |
|---|---|---|
| *MES* | *PRODUCCIÓN unidades* | *PEDIDOS unidades* |
| Enero | 200 | 200 |
| Febrero | 205 | 202 |
| Marzo | 208 | 201 |
| Abril | 207 | 202 |
| Mayo | 209 | 201 |
| Junio | 215 | 202 |
| Julio | 213 | 203 |
| Agosto | 220 | 201 |
| Septiembre | 221 | 200 |
| Octubre | 220 | 203 |
| Noviembre | 218 | 201 |
| Diciembre | 225 | 202 |

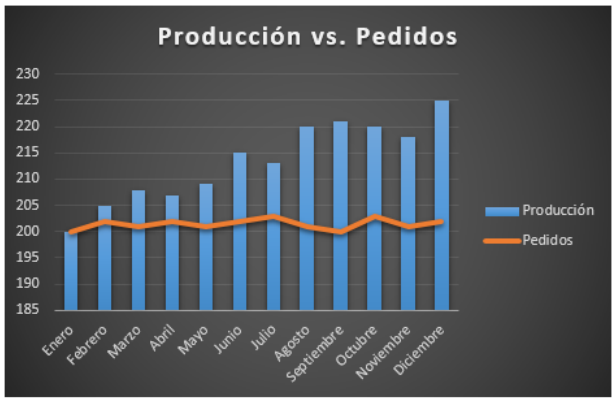



*Ilustración 4: Desperdicio por sobreproducción.*

*Fuente: El Autor.*

### 2.2.3.2. Desperdicio por transporte.

El transportar de un lado a otro, ya sea de producto en proceso, producto terminado, piezas, etc., no agrega ningún valor, así se trate de distancias cortas. Los transportes consumen recursos y espacio. Además mientras más trasportes existan se da mayor probabilidad de que el producto sufra desperfectos. La finalidad de Lean sobre este desperdicio es que los circuitos logísticos sean lo más cortos posible.

*Ilustración 5: Desperdicio por transporte.*

*Fuente: El Autor.*

### 2.2.3.3. Desperdicio por movimientos inútiles.

Los movimientos y traslados inadecuados por parte del personal dentro del lugar de trabajo no suman ningún valor al producto sino todo lo contrario, consumen espacio, dificultan y retrasa el trabajo. Esto se produce por layout mal diseñados, procesos poco flexibles, falta de estandarización, procesos departamentalizados. Para disminuir este tipo de desperdicio se puede organizar el trabajo por células de producción.

No hay que confundir al desperdicio por movimiento inútiles con el desperdicio por transporte, en el primero se refiere a cualquier movimiento por parte del operario que no agrega valor, mientras que el segundo se refiere a material en producción o producto terminado.

*Ilustración 6: Desperdicio por movimientos inútiles.*

*Fuente: El Autor.*

### 2.2.3.4. Desperdicio por tiempo de espera.

Se da cuando el personal que interviene en el proceso se encuentra con las “manos desocupadas” en espera de los elementos necesarios para realizar su trabajo mientras otros se encuentran saturados de trabajo. Hay varias formas de espera como: personal esperando por material o información, esperas por maquinaria defectuosa, clientes esperando su turno. Este desperdicio es probocado por falta de estandarización, layout mal diseñado, falta de maquinaria, falta de coordinación, alto tiempo de puesta a punto.

*Ilustración 7: Desperdicio por tiempo de espera.*

*Fuente: Fabián Maisanche, diario El Comercio, 18/02/2017.*

### 2.2.3.5. Desperdicio por procesos inadecuados.

Se produce cuando se le da al producto muchas más bondades que el cliente no requiere y por ende no pagará, por ejemplo sobredimensionamiento, verificaciones extras, tratamientos superficiales, etc., finalmente el producto se encarecería dificultándose su venta. Este se da normalmente por falta de especificaciones de trabajo y toma de deciciones en niveles inapropiados.

*Ilustración 8: Desperdicio por procesos inadecuados.*

*Fuente: El Autor.*

### 2.2.3.6. Desperdicio por exceso de inventario.

En resumen es tener una mayor cantidad de las que se necesitan. El mantener un alto inventario de materia prima, producto en proceso y/o producto terminado, permite cumplir con el cliente pero a un alto costo de almacenaje que resta competitividad. Los directores japoneses han denominado al stock como “la raíz de todos los males”, los stocks son los primeros síntomas de una empresa defectuosa ya que encubre productos muertos que no se han dado de baja, necesitan de cuidados, no ofrece retorno de la inversión y generan costos difíciles de contabilizar.

Los causas principales que provocan este desperdicio son: cuellos de botella, estudios erróneos de ventas, sobreproducción, reprocesos.

*Ilustración 9: Desperdicio por exceso de inventario.*

*Fuente: El Autor.*

### 2.2.3.7. Desperdicio por defectos.

Se da cuando el producto no cumple con las especificaciones previstas. Se pude decir que este es el más aceptado en las industrias, pese a que representa un costo extra por retrabajos o devoluciones por parte del cliente, aparte del tiempo que se pierde.

Las posibles causas de este desperdicio son: errores por parte del personal, poca experticia de los operarios, procesos o herramientas inapropiadas, entre otras.

*Ilustración 10: Desperdicio por defectos.*

*Fuente: El Autor.*

### 2.2.3.8. Desperdicio por subutilización del personal.

Es frecuente que no se valore la creatividad, inteligencia, aptitudes, etc. del personal, debido a la creencia de que ellos están simplemente para obedecer. Muchas veces no se les escucha y esto conlleva a una desmotivación.

*Ilustración 11: Desperdicio por subutilización del personal.*

*Fuente: El Autor.*

## 2.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El mantenimiento productivo total es un conjunto de técnicas japonesas de mantenimiento industrial enfocado en el mantenimiento preventivo, cero defectos, cero accidentes y participación del personal. Además de evitar los correctivos, se logrará mejorar la eficiencia global de los equipos la cual es un indicador esencial en las empresas (Tejeda, 2011). Podemos desarrollar una definición de Mantenimiento Productivo Total a partir del concepto de cada una de las palabras que componen su título.

- Mantenimiento: Realizar actividades de gestión y control para transformar a la empresa.
- Productivo: Mejoramiento de la eficiencia de los equipos y de los procesos.
- Total: Estarán involucrados todos los departamentos de la empresa y todos y cada uno de los integrantes de la misma.

### 2.3.1. Principios del TPM.

La finalidad que caracteriza al TPM es el exhaustivo seguimiento del cumplimiento de metas como: cero averías o cero defectos. Para lograr esto, el TPM se centra mucho en el mantenimiento antes de la avería, es decir el preventivo. Esta prevención está basada en tres principios (Shirose, 1994).

#### 2.3.1.1. Mantenimiento de las condiciones básicas de los equipos.

Es recomendado mantener las condiciones del equipo en el tiempo como si fuese recién adquirido, esto se consigue mediante la intervención del operario con tareas básicas de mantenimiento como: inspección en general, limpieza, lubricación, ajustes y aprietes de tuercas y tornillos.

#### 2.3.1.2. Descubrimiento temprano de anomalías.

Mientras el operario realiza las actividades mencionadas, es necesario que aplique su intuición, aplicando sus sentidos para detectar anomalías en progreso como son: ruidos anormales, vibraciones fuera de lo común, fugas, calentamientos excesivos, deterioro, etc., además de la aplicación de instrumentos de medición para descubrir anormalidades lo antes posible. El personal de mantenimiento deberá también contribuir con esta finalidad con la intervención de equipos más especializados.

#### 2.3.1.3. Respuesta rápida.

El tiempo que transcurre entre el aviso de la anomalía y la intervención por parte del personal de mantenimiento debe ser el más corto posible, de allí la importancia del indicador de mantenimiento Tiempo Medio Para Reparar (MTTR por sus siglas en inglés de Mean Time To Repair)

### 2.3.2. Metas del TPM.

La idea global del TPM es que todos aporten para mantener productivos los equipos de la empresa, desde la alta gerencia hasta la gente de planta. Para conseguir esto, el TPM se propone las siguientes metas (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013) y (Shirose, 1994).

#### 2.3.2.1. El TPM mejora la eficiencia global de los equipos.

La eficiencia global de los equipos (OEE por sus siglas en inglés de Overall Equipment Efficiency) es tal vez el principal indicador en las empresas ya que involucra en un solo indicador todos los parámetros fundamentales en la producción industrial como son: la eficiencia, la disponibilidad y la calidad, entonces si decimos que mejoramos el OEE, decimos que mejoraremos los tres parámetros implícitos en él.

#### 2.3.2.2. El TPM crea un sistema de mantenimiento productivo.

Se debe crear un sistema de mantenimiento que contemple toda la vida útil del equipo, incluye prevención del mantenimiento, mantenimiento preventivo y mantenimiento enfocado en mejoras.

#### 2.3.2.3. El TPM crea un sistema de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento está basado en la promoción de la prevención a través de la motivación a pequeños grupos autónomos de trabajo.

#### 2.3.2.4. El TPM involucra a todos los departamentos de la empresa.

El TPM involucra a cada uno de los departamentos de la empresa: gerenciales, operativos, obviamente mantenimiento, etc. para conseguir la transformación de la empresa.

#### 2.3.2.5. El TPM involucra a todo el personal de la empresa.

Para conseguir la transformación que se desea, el TPM involucra a todos y cada uno de los pertenecientes a la empresa, desde los representantes hasta el último empleado en el organigrama, incluyendo al personal de mantenimiento.

### 2.3.3. Los 8 pilares del TPM.

Los pilares del TPM son procesos fundamentales en los que se edifica un sistema de producción ordenado y eficiente. Todos estos están construidos sobre una base sólida que es la gente con una cultura de orden y limpieza, cada uno de ellos tiene su metodología propia con la que se logrará mejorar los sistemas productivos de la empresa. Son ocho los pilares del TPM que se explican brevemente en los siguientes párrafos.

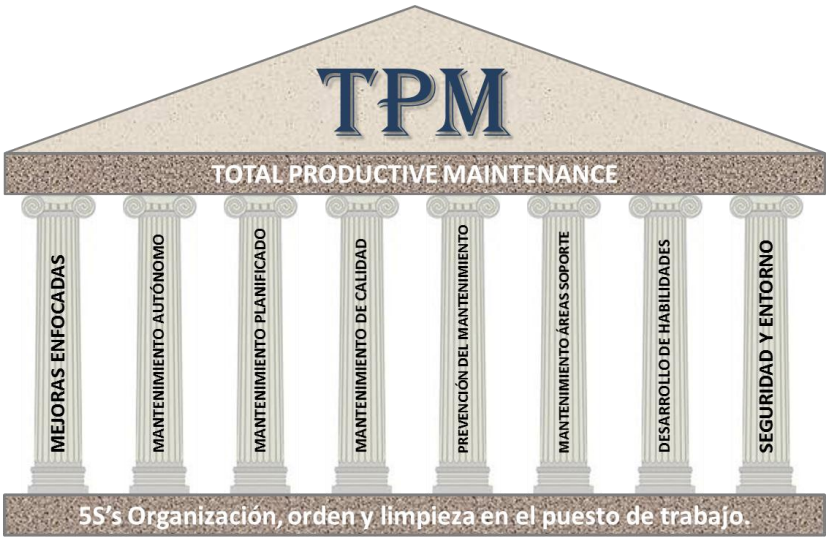



*Ilustración 12: Los ocho pilares del TPM.*

*Fuente: Propia basada en (CDI Lean Manufacturing S.L., 2012).*

#### 2.3.3.1. Mejoras enfocadas.

Son actividades que son desarrolladas por todas las áreas comprometidas, con la finalidad de maximizar el OEE por medio del ataque directo hacia las seis grandes pérdidas. La clave de este pilar es el de atacar primeramente a los problemas que generen mayores pérdidas a la empresa para luego seguir con los de menor criticidad.

#### 2.3.3.2. Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo desarrolla en el operario las capacidades para detectar y prevenir anomalías antes de que se transformen en crónicas. Dentro de estas actividades se encuentran: lubricación, orden y limpieza, intervenciones menores, inspecciones básicas, etc. Para lograr esto, el operario debe ser capacitado y entrenados para dominar el equipo que se encuentra a su cargo.

#### 2.3.3.3. Mantenimiento planificado.

Con este pilar se pretende eliminar los problemas de los equipos por medio de las acciones de mantenimiento antes de que estos se produzcan, utilizando herramientas de predicción de fallos y una programación de las tareas preventivas provenientes de: catálogos de los equipos, experiencias del personal, base de datos, entre otros. Un punto muy importante de este pilar es que el operario pueda identificar las fallas en proceso o ya consumadas y las identifique por medio de etiquetas estandarizadas para que cuando el responsable del departamento de mantenimiento se acerque a realizar la reparación, este se acerque directamente a la falla y no se pierda tiempo en la búsqueda de dicha anomalía.

#### 2.3.3.4. Mantenimiento de calidad.

Este pilar ataca a cualquier tipo de fallo que interfiera con la buena calidad del producto final, certificando a los equipos que cumplen con las características mínimas necesarias para asegurar que el producto cumplirá con la calidad requerida. Además realiza un estudio en el tiempo de la variabilidad de las características de los equipos con la finalidad de prevenir defectos y tomar decisiones para adelantarse a los fallos.

#### 2.3.3.5. Prevención del mantenimiento.

Son todas aquellas actividades que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos con la finalidad de reducir los costes de mantenimiento durante el uso de dicho equipo. Esta anticipación depende mucho del contexto operacional de los equipos ya que no todos los ambientes son similares y cada uno requiere de cuidados especiales.

#### 2.3.3.6. Mantenimiento en áreas de soporte.

El objetivo de este pilar es el de eliminar las pérdidas en los procesos administrativos. No involucra al personal productivo. Los departamentos como planificación, diseño, administración, entre otros, no generan valor directo sobre el producto pero aportan a que proceso productivo funcione eficientemente.

#### 2.3.3.7. Desarrollo de habilidades.

El activo más importante de las empresas el humano. Se debe realizar acciones para que el personal desarrolle habilidades y conocimientos con lo que mejore su desempeño. Esto se logra con la desarrollo de talleres y lecciones de un punto.

#### 2.3.3.8. Seguridad y medio ambiente.

La finalidad del mantenimiento no es solamente asegurar la disponibilidad de los equipos sino que lo debe hacer de una forma segura y amigable con el ambiente. Se debe crear un sistema de gestión de seguridad que nos ayuden a lograr un índice de cero accidentalidad y cuyos procesos no afecten negativamente al medio ambiente.

### 2.3.4. Las 6 grandes pérdidas.

Como ya se ha mencionado en repetidas ocasiones, una de las finalidades del TPM es mejorar la eficacia total de los equipos. Para conseguirlo, es necesario identificar, clasificar y eliminar o disminuir los factores que impiden lograr dicho propósito. A estos factores se les ha bautizado con el nombre de Grandes Pérdidas y se los ha agrupado en tres grupos: disponibilidad, rendimiento y calidad, que son las variables de la OEE. A continuación se detalla cada una de ellas (PROANLNET, 2014) y (Villaseñor Contreras & Galindo Cota, 2007).

#### 2.3.4.1. Pérdidas por averías.

Están relacionadas con fallos de los equipos que requieren de alguna forma de intervención y ocasionan un tiempo muerto por mantenimiento. A más del tiempo improductivo del equipo, se debe cuantificar los recursos invertidos en la intervención hasta tener al equipo disponible como horas hombre, repuestos, logística, etc.

#### 2.3.4.2. Pérdidas por preparación y ajustes.

Son ocasionadas por el cambio de las condiciones de operación, se mide desde la última pieza correcta A hasta la primera pieza correcta B. En esta pérdida están involucrados: los tiempos muertos, cambios de moldes, cambio de herramientas, etc.

#### 2.3.4.3. Pérdidas por tiempos muertos o paradas pequeñas.

Son tiempos pequeños en el cual no hay producción, pero por ser tan pequeños no se los registra o controla. El problema no es la duración de la parada sino la frecuencia con la que se produce. Si no se las puede cuantificar, una forma de medirla es por medio de la diferencia entre el ciclo ideal y el real.

#### 2.3.4.4. Pérdidas por reducción de la velocidad de los equipos.

Es ocasionada por la pérdida de la velocidad de operación, de igual forma que la anterior es muy difícil cuantificar pero se lo puede hacer mediante sistemas automáticos de medición de trabajo de los equipos. Hay que tener cuidado de separar y no confundir los tiempos por pequeñas paradas y los de velocidad reducida ya que los causales son totalmente distintos.

#### 2.3.4.5. Pérdidas por arranques.

Es aquel que se genera en la fase inicial de producción, desde el arranque hasta la primera pieza correcta. La eliminación de pérdida por arranque variará de acuerdo a la idea del personal de que esta pérdida es inevitable.

#### 2.3.4.6. Defectos de calidad y trabajos de rectificación.

Este se genera una vez que la máquina está estable y trabajando luego del arranque. Es causado por mal funcionamiento de la máquina y se debe cuantificar las pérdidas tanto de materia prima desperdiciada, tiempo perdido en el proceso y tiempo de reproceso si fuera el caso. Así mismo se debe diferenciar entre los defectos de calidad por arranque y por producción ya que los causantes también son distintos.

*Ilustración 13: Las seis grandes pérdidas.*

*Fuente: Propia basada en (García, 2014)*

### 2.3.5. Eficiencia total del equipo OEE.

Cuando analizamos a una empresa desde la perspectiva del TPM, la eliminación o minimización de las seis grandes pérdidas será el principal punto de enfoque por parte del departamento de proyectos de mejora de los equipos. Esto es debido a que así podremos mejorar la eficiencia global de los equipos y por ende de la empresa. Pero ¿qué es la eficiencia global de los equipos OEE?, la respuesta es muy sencilla, el OEE es un indicador usado en Lean y es el que más información brinda ya que cuantifica en uno solo tres parámetros fundamentales que son: disponibilidad, rendimiento y calidad.

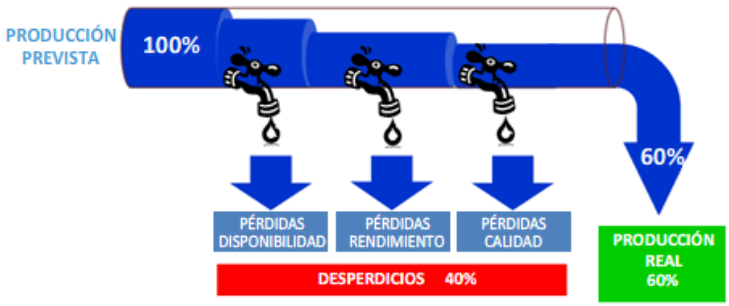



*Ilustración 14: Representación gráfica del OEE.*

*Fuente: (CDI Lean Manufacturing S.L., 2012).*

#### 2.3.5.1. Disponibilidad.

Es la tasa de operación, está relacionada con las pérdidas por averías y preparación de los equipos. Está basada en la relación entre el tiempo que el equipo está operativo y el tiempo planificado de trabajo. Donde el tiempo planificado o tiempo de carga es aquel que resulta de restar el tiempo de trabajo menos las paradas programadas. El tiempo de operación es el resultado de sustraer del tiempo de carga todas las paradas no programadas debido a fallos, cambios de herramientas, puesta a punto de la máquina, etc. Se espera que este índice sea superior al 90%.

$\boldsymbol{A} = Tiempo\ total\ de\ trabajo.$
$\boldsymbol{B} = Tiempo\ de\ paros\ planeados.$
$\boldsymbol{C} = A - B\ (Tiempo\ disponible).$
$\boldsymbol{D} = Tiempo\ de\ paros\ no\ planeados.$
$\boldsymbol{E} = C - D\ (Tiempo\ de\ operación.$

$$\text{Í}\boldsymbol{NDICE\ DE\ DISPONIBILIDAD} = \frac{E}{C}$$

#### 2.3.5.2. Índice de rendimiento.

Está afectado por la disminución de la velocidad de producción ya sea por tiempos muertos o por disminución de la máquina misma. Resulta de dividir la producción real entre la capacidad productiva. El valor esperado para este indicador es mayor a 95%.

$\boldsymbol{H} = Velocidad\ teórica\ (unid/min).$
$\boldsymbol{I} = E \times H\ (Producción\ teórica.$
$\boldsymbol{G} = Producción\ terminada + producción\ rechazada\ (Producción\ real).$

$$\text{Í}\boldsymbol{NDICE\ DE\ PRODUCCI}\text{Ó}\boldsymbol{N} = \frac{G}{I}$$

#### 2.3.5.3. Índice de calidad.

Está influenciada por los defectos tanto de producción como de puesta en marcha. Es el cociente de la producción sin defectos entre la producción real. El valor deseado para este índice es de más de 99%.

$\boldsymbol{K} = Producción\ rechazada.$

$$\text{Í}\boldsymbol{NDICE\ DE\ CALIDAD} = \frac{(G-K)}{G}$$

$$\boldsymbol{OEE = DISPONIBILIDAD \times INDICE\ DE\ RENDIMIENTO \times INDICE\ DE\ CALIDAD}$$

*Tabla 2: Aceptabilidad del valor de OEE.*

*Fuente: (Cruelles, 2010)*

| VALOR DE OEE | ACEPTABILIDAD | OBSERVACIONES |
|---|---|---|
| OEE<65% | Inaceptable | Muy baja competitividad. |
| 67%<OEE<75% | Regular | Aceptable solo si se está en proceso de mejora. |
| 75%<OEE<85% | Aceptable | Continuar con la mejora. |
| 85%<OEE<95% | Buena | Buena competitividad. |
| >95% | Excelente | Excelente competitividad. |

## 2.4. Conclusiones.

Las empresas pueden mejorar radicalmente sus ingresos al integrar en su ideología el pensamiento Lean. El Lean es un universo tan amplio que resultaría imposible el integrarlo totalmente y de un solo golpe en una empresa, pero hay que empezar dando el primer paso. Una vez que la empresa está encausada en esta filosofía, será mucho más fácil el continuar integrando cada vez más herramientas Lean a la misma.

Una de estas herramientas es el TPM que pretende disminuir las conocidas seis grandes pérdidas con la ayuda de todo el personal relacionado con la empresa. Ya muchas empresas han logrado conseguir este objetivo y han sido condecoradas con uno de los premios TPM que otorga el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIMP por sus siglas en inglés de Japanese Institute of Plant Maintenance).

Paralelamente a lo dicho, las empresas que se encaminan en esta línea del Lean podrán incrementar El OEE de sus plantas, hay plantas que han logrado hacerlo hasta valores del 85% que es una eficiencia de clase mundial, es muy difícil llegar a estas instancias pero no imposible, se debe trabajar muy duro pero sobre todo es un trabajo en conjunto con el valor más importante de las industrias que es el personal.

# CAPÍTULO 3

## 3. FASES DEL TPM.

### 3.1. Introducción.

Están establecidas cuatro fases para la implementación del TPM: preparación, introducción, implementación y consolidación; cada una de ellas desglosadas en etapas dando un total de doce que van desde la decisión tomada por la alta gerencia de implementar el TPM hasta la consolidación misma de la implementación, pasando por la generación de objetivos, políticas, implantación de ciertas herramientas, etc. (Cuatrecasas & Torrell, 2010).

*Tabla 3: Estructura de implantación de un sistema TPM.*

*Fuente: (Cuatrecasas & Torrell, 2010).*

| FASE | ETAPA | ASPECTO DE GESTION |
|---|---|---|
| 1.- Preparación | 1.- Decisión de aplicar el TPM en la empresa. | La alta dirección hace público su decisión de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas. |
| | 2.- Información sobre el TPM. | Campañas informativas a todas las aéreas para la introducción del TPM. |
| | 3.- Estructura promocional del TPM. | Formar comités especiales en cada área para promover el TPM. Crear una oficina de promoción del TPM. |
| | 4.- Objetivos y Políticas básicas del TPM. | Analizar las condiciones existentes, establecer objetivos y prever resultados. |
| | 5.- Plan maestro de desarrollo del TPM. | Preparar planes centrados con la actividad a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevén para ello. |
| 2.- Introducción | 6.- Arranque formal del TPM. | Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades nacionales. |
| 3.- Implantación | 7.- Mejorar la efectividad del equipo. | Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar. |
| | 8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo. | Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada. |
| | 9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado. | Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo. |
| | 10.- Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento. | Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente. |
| | 11.- Gestión temprana de equipos. | Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y manejabilidad. |
| 4.- Consolidación | 12.- Consolidación del TPM y evaluación de metas. | Mantener y mejorar resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua que puede tocarse en la implicación del ciclo PHVA. |

El objetivo final de la presente plataforma no es la implementación íntegra del TPM en una empresa de manufactura. Lo que se busca es introducir la filosofía TPM basada en Lean Manufacturing, adecuando a la empresa para que en un futuro esta pueda integrar de lleno esta estrategia en el desarrollo de sus procesos y productos, resultando más sencilla dicha implementación. Es por este motivo que no se desarrollarán los doce pasos de implementación del TPM, sino unos cuantos (de acuerdo a la larga y acertada experiencia del Ing. Fernando García, consultor de CIDE Consultora y tutor del desarrollo de esta plataforma), los cuales abrirán el camino hacia el TPM.

En este capítulo se dará los lineamientos del cómo desarrollar los pasos planteados para la introducción del TPM en la empresa y luego en el siguiente capítulo realizar una aplicación práctica de esta teoría.

Es así que el esquema de introducción del TPM planteado en la plataforma de este documento queda estructurado de la siguinete manera:

*Tabla 4: Estructura de la plataforma de introducción de TPM en la empresa.*
*Fuente: El Autor, basada en (Cuatrecasas & Torrell, 2010).*

| FASE | ETAPA | ASPECTO DE GESTION |
|---|---|---|
| 1.- Preparación | 1.- Promoción del TPM. | Los administrativos hacen extenciva la noticia de que se va a introducir la filosofía TPM en la empresa. |
| | 2.- Estructura organizativa. | Se creará un grupo bien estructurado de trabajo para promover el TPM creado por personal adecuado. |
| | 3.- Planteamiento de meta, objetivos y políticas. | El grupo estructurado determinará los lineamientos apegados a la realidad de la empresa lo que servirá de guía permanente en el desarrollo de la plataforma. |
| | 4.- Plan de trabajo de TPM. | Preparar un plan general de trabajo y uno específico para cada herramienta a desarrollarse, que contenga las actividades y cronograma. |
| 2.- Introducción | 5.- Lanzamiento del TPM. | Es conveniente realizar el lanzamiento oficial de la introducción de TPM en la empresa. Se puede invitar a clientes, proveedores y stakeholders en general. |
| 3.- Implantación | 7.- Mejoras enfocadas: Capacitación, KAIZEN, 5 S's, Sistemas visuales, Memo 3 GP. | Estas herramientas serán implementadas primeramente en las etapas de producción que mayores pérdidas ocacionen. |
| | 8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo. | Tiene que ver con el trato técnico de las máquinas realizado por el operario, previo a la capacitación correspondiente. |
| | 9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado. | Trata sobre las actividades cíclicas programadas que se realiza a los equipos. |
| | 10.- Desarrollar un programa de mantenimiento predictivo. | Es parte del mantenimiento planificado, pero por su complejidad se lo a separado para ser más efectivo en el trabajo. |
| | 11.- Desarrollar un programa de mantenimiento de calidad. | Es importante realizar actividades de mantenimiento o innovación con la finalidad de mejorar la calidad del producto terminado. |

## 3.2. Primera Fase: Preparación.

Esta primera fase es básicamente de escritorio, en donde primeramente la alta gerencia toma la desición de introducir la filosofía TPM dentro de los procesos de producción de la empresa. Para ello previamente los administrativos debieron familiarizarse sobre esta filosofía, cuales son sus beneficios y cuales son las responsabilidades de ellos para sacar adelante la implementación de esta forma de trabajar.

### 3.2.1. Promoción.

La promoción del TPM se la realiza por medio de la estructuración de pequeños grupos que se complementan en toda la empresa, cada grupo tendrá su líder que a su vez es parte de un grupo de nivel superior, asegurando la comunicación horizontal y vertical.

Es deseable que se cree una oficina de promoción de TPM que se enfoque en promover y desarrollar modos eficaces para promocionar el TPM. El papel de esta oficina variará con el avance de la implementación del TPM, de tal manera que en un inicio será muy importante la presencia de esta oficina con sus líderes y a medida que se vaya logrando la implementación, el trabajo de esta oficina irá disminuyendo hasta casi desaparecer (Cuatrecasas & Torrell, 2010).

### 3.2.2. Estructura organizativa.

Según (Barone, 2009), estructura es “la forma de organización que adoptan los componentes de un grupo o sistema bajo condiciones particulares de tiempo y lugar”. Es una forma de distribuir responsabilidades entre el personal de una empresa de forma estructurada. No todas las organizaciones son iguales ni tampoco existe un modelo de la mejor organización, sino que cada empresa formará la estructura que más se acople a su realidad. Además permite:

- Tener un conocimiento global de cómo está estructurada la empresa.
- Articular las diferentes funciones.
- Destacar los distintos puestos.
- Establecer las líneas de comunicación entre un puesto y otro.
- Conocer cómo están relacionados los diferentes puestos de trabajo.

Según la forma y dispocición geométrica, existen cinco tipos principales de estructuras, sin embargo se pueden crear más de acuerdo a la realidad de cada empresa:

- Estructuración vertical.

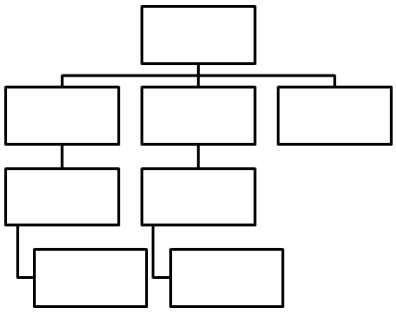


*Ilustración 15: Estructuración Vertical.*

*Fuente: El Autor, basado en (Barone, 2009)*

- Estructuración horizontal.

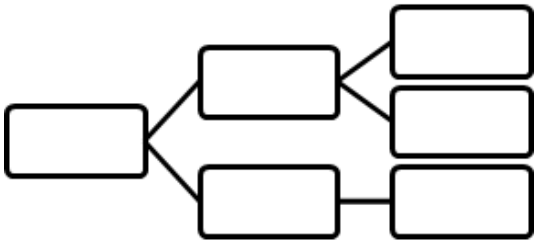


*Ilustración 16: Estructuración horizontal.*

*Fuente: El Autor, basado en (Barone, 2009)*

- Estructura mixta.

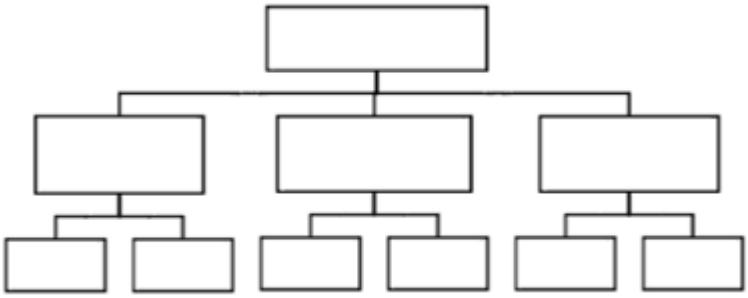


*Ilustración 17: Estructuración mixta.*

*Fuente: El Autor basado en (Barone, 2009)*

- Estructuración escalar.

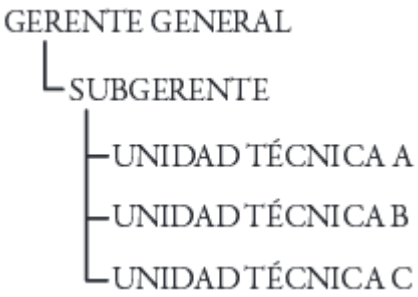



*Ilustración 18: Estructuración escalar.*

*Fuente: (Barone, 2009)*

- Estructuración circular.

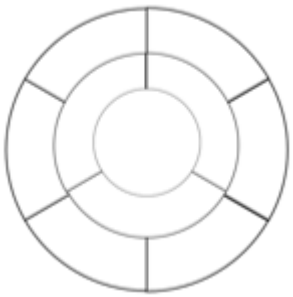


*Ilustración 19: Estructuración circular.*

*Fuente: El Autor, basado en (Barone, 2009)*

### 3.2.3. Meta.

Desde un inicio se debe tener claro cuál es el horizonte al que queremos llegar al realizar cualquier proyecto. Es decir, la meta es el objetivo o propósito general y por ende es único. La empresa que pretenda aplicar esta plataforma debe tener muy claro qué meta espera obtener y redactarla de una forma que no produzca confusión. En resumen la meta sirve para (Sanz Santos, 2008):

- Definir el resultado final que se pretende obtener.
- Es una permanente referencia para que no haya confusión en el desarrollo del proyecto.
- Relaciona a todos los objetivos.

### 3.2.4. Objetivos.

Los objetivos son cada una de las fases que se deben cumplir para lograr alcanzar la meta propuesta. Estos objetivos son más específicos y enfocados a la acción. Deben cumplir las siguientes características (Sanz Santos, 2008).

- Específico: Es decir las generalidades no son aceptadas.
- Medible: Es necesario la inserción de indicadores los cuales nos den una pauta del cumplimiento.
- Asignables: Es necesario que el objetivo se lo pueda asignar a una/s persona/s o departamento.

### 3.2.5. Políticas.

La política es una de las vías para hacer realidad los objetivos estratégicos. Se la puede interpretar como un compromiso al ser desplegada por todos los niveles jerárquicos de la empresa, además se refuerza el compromiso y la participación del personal y de más de un área funcional de la empresa. La política además proporciona los lineamientos para que los ejecutivos y los mandos medios elaboren sus planes de acción que permita conseguir los objetivos planteados (Koontz, Weihrich, & Cannice, 2012).

Al ser la política un compromiso empresarial, esta debe ser difundida tanto internamente para el conocimiento de los miembros de la empresa, como externamente para el conocimiento de la sociedad en general. Esta debe ser adecuada a la realidad de cada empresa y ajustada a los requerimientos y expectativas de sus clientes. Es necesario que la política haga referencia a:

- Un objetivo general.
- La forma en la que se va a alcanzar.
- Los recursos necesarios para alcanzarla.
- Los clientes directos y sus intereses.

### 3.2.6. Plan de Trabajo.

Primeramente tengamos claro que la palabra plan hace referencia a un conjunto sistemático de actividades que se realizan para suplir alguna necesidad. De allí se puede decir que plan de trabajo es un tipo de manual que sugiere la forma de utilizar eficientemente los recursos (tecnológicos, materiales, financieros y humanos) que se tienen con la finalidad de planificar, programar, ejecutar, implementar y fiscalizar un proyecto (Revista Ejemplode.com, 2012).

No hay un formato establecido para un plan de trabajo, es decir, cada empresa desarrollará un formato y lo ajustará a sus necesidades. Como sugerencia se puede decir que es más fácil desarrollar un plan de trabajo mediante tablas en las que se detalle: la acción que se desea realizar, los objetivos, el procedimiento, herramientas necesarias y cuándo.

| PLAN DE ACCIONES DE MEMO 3GP | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ACCIONES | OBJETIVO | ACTIVIDADES | HERRAMIENTA | QUIEN | CUANDO |
| CAPACITACION | | | | | |
| DETERMINAR ALCANCE, LÍMITES Y PROCEDIMIENTO | | | | | |
| IMPLEMENTACION | | | | | |
| SEGUIMIENTO Y CONTROL | | | | | |

*Ilustración 20: Ejemplo de plan de trabajo.*

*Fuente: El Autor.*

## 3.3. Lanzamiento.

Es la etapa en la que oficialmente se da por iniciado la puesta en práctica del TPM, es recomendable realizar un acto formal de presentación al cual asistan los empleados, autoridades, clientes y proveedores, para que estén enterados de lo que pretende hacer la empresa y sembrar un pensamiento TPM en cada uno de ellos.

## 3.4. Segunda Fase: Implementación.

Luego de que se a creado un organigrama general de TPM, se a establecido las directrices para la introducción del TPM en la empresa y se a realizado el lanzamiento oficial de implementación de plataforma de introducción al TPM, se procederá a desarrollar las herramientas propuestas por la plataforma. A continuación se realiza

un vistazo del marco teórico de las herramientas propuestas por la plataforma con la finalidad de utilizar esta teoría en la capacitación y refuerzo durante el desarrollo de cada herramienta.

### 3.4.1. Mejoras enfocadas.

Es común que las empresas tengan cierto grado de problemas de producción, unas más graves que otras, sería absurdo que los departamentos respectivos empiecen sin ningún análisis a invertir recursos en la resolución de estos problemas. Las mejoras enfocadas son aquellas actividades que se centran en aquellos problemas que producen las mayores pérdidas a la empresa con la finalidad de resolverlos planificadamente dejando los leves para unas posteriores intervenciones.

Para la resolución de los problemas de producción, existen algunas herramientas, cada una con su metodología propia y creada para atacar inconvenientes específicos. En los siguientes subtemas se da a conocer la metodología de las herramientas que son parte del pilar “mejoras enfocadas” del TPM.

#### 3.4.1.1. Capacitación y entrenamiento.

Tiene como objetivo aumentar la habilidad y capacidad de los trabajadores de acuerdo a los objetivos de la empresa para así conseguir altos niveles de desempeño en cada uno de los lugares de trabajo. La capacitación se debe iniciar desde el primer momento en el que se decide implantar TPM en una organización.

Se pueden dar dos formas de capacitación. La primera es fuera de la empresa, en centros de educación y formación. La segunda es dentro de la empresa, donde el desarrollo del aprendizaje se realiza en la realidad misma del lugar de trabajo y por ende mucho más aprovechable que la primera opción.

Para cada una de las herramientas que plantea esta plataforma, se deberá capacitar al personal respectivo que las va a desarrollar y con ello conseguir una correcta implementación y sobre todo mantenerla en el tiempo.

### 3.4.1.2. Grupos KAIZEN.

La palabra KAIZEN proviene de dos vocablos japoneses: KAI que significa cambio y ZEN que se traduce como bueno. De esta manera podemos traducir la palabra KAIZEN como cambio para mejorar o como se lo conoce en el mundo del TPM como mejora continua. Ésta metodología está enfocada en el mejoramiento de los procesos en pequeños pasos, significativos y económicos pero sobre todo con el apoyo de la gente que está en la operación (Sánchez & Lemus, 2010).

La metodología KAIZEN está directamente relacionada con el ciclo de Shewhart o conocido como ciclo PHVA: Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

La etapa de Planificar primeramente define el área para mejorarla, define el problema, objetivos y procesos necesarios a aplicar para solucionar el problema.
El Hacer tiene como finalidad primeramente la capacitación al personal acerca de los procesos planificados e implementar dichos procesos. Es necesario documentar todo lo que se realice, haya sido o no planificado.

En la verificación se evalúa si las actividades fueron desarrolladas, los resultados concuerdan con los objetivos, etc. para ver si se ha conseguido las mejoras esperadas. Las conclusiones que se puedan sacar de esta etapa deben estar documentadas.

Por último se tiene el Actuar que hace referencia a la modificación de los estándares de acuerdo a las conclusiones obtenidas en la verificación, para de esta manera mejorar continuamente el sistema de producción.

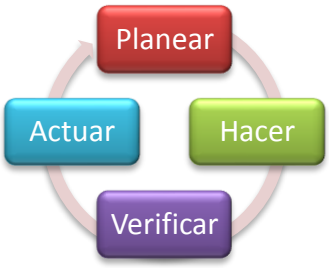



*Ilustración 21: Ciclo de Shewhart.*

*Fuente: El Autor.*

Con base en los conceptos de mejora continua, se puede formar grupos interdisciplinarios conformado por diferentes niveles de responsabilidad quienes

deben estar capacitados en herramientas de análisis y eliminación o disminución de pérdidas en las empresas. Son precisamente estos grupos los encargados en implantar cada una de las metodologías explicadas en esta plataforma.

#### 3.4.1.3. 5 S´s: Principio de orden y limpieza.

La herramienta de las 5 S´s está relacionada con la práctica no muy formal y metodológica de orden y limpieza que se lleva en las empresas. Cada S corresponde a la letra de inicio de cada palabra japonesa que describe la acción a realizar dentro de la herramienta. Esta herramienta en muchos casos no es conocida. Esta es una herramienta muy sencilla y muy efectiva y es la primera que se debe insertar en toda empresa que pretenda abordar el Lean Manufacturing. Además provoca resultados tangibles, con gran impacto visual y en un relativo corto plazo. Los pasos para implementar las 5S´s son (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013):

##### 3.4.1.3.1. Selección del área piloto.

Tenemos claro que cada empresa es diferente a otra, así sus productos sean similares. Es por este motivo que como primer paso, no solo de esta herramienta sino de algunas que veremos, se deberá identificar la zona, sector, departamento, etc. al cual vamos a tomarlo como sección piloto donde se desarrollará la herramienta y luego se realizará un espejo en el resto de zonas y finalmente en toda la empresa.

##### 3.4.1.3.2. Definición de la situación actual.

Es necesario identificar la manera en la que se lleva el orden y la limpieza antes de implementar la herramienta. Para esto nos ayudaremos de fotografía, videos, planos, etc. de todas las anomalías que al respecto encontremos. Estos documentos deben estar con su respectiva fecha, además deben estar tomados desde un ángulo establecido para poder comparar un antes y un después.

##### 3.4.1.3.3. Primera S: SEIRI (Clasificar).

En esta primera fase se pretende identificar, clasificar, separar y eliminar lo innecesario, conservando solo los elementos que consideremos necesarios. Para ello podemos emplear las siguientes ayudas:

- Listado de elementos innecesarios: Permite registrar el elemento obsoleto, ubicación, cantidad, causa y acción a realizarse con dicho elemento.
- Tarjeta roja: Esta indica que en el lugar de trabajo se encuentra un elemento obsoleto al que se debe proponer una acción correctiva.
- Plan de acción para eliminar el innecesario: Una vez identificado el elemento innecesario, se deberá tomar una decisión sobre la disposición final que se le dará a este.
- Control: El jefe respectivo deberá desarrollar este informe para que pueda ser publicado en un lugar visible.

En el siguiente diagrama se puede visualizar de mejor manera el desarrollo de la clasificación.

*Ilustración 22: Diagrama de flujo para Clasificación.*

*Fuente: (Vargas Rodríguez, 2004).*

#### 3.4.1.3.4. Segunda S: SEITON (Ordenar).

La regla para esta fase será que un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio, para que de esta forma sea mucho más fácil y rápido tanto el acceso como el retorno a su lugar de los elementos utilizados. Además se mejora el aspecto debido a la organización evidente del lugar de trabajo. Nos podemos ayudar de los siguientes criterios:

- Ubicar los elementos de acuerdo a la frecuencia de utilización.
- Ubicar elementos semejantes en el mismo lugar.
- Utilizar rotulación y código de colores para identificar los elementos.
- Estandarizar los nombres de los elementos.
- Comprometer a todo el personal para que mantengan el orden.

#### 3.4.1.3.5. Tercera S: SEITON (Limpiar).

Como su nombre lo indica, este paso hace referencia a la limpieza del área de trabajo, teniendo presente que mejor que limpiar es no ensuciar. Al mantener el lugar de trabajo limpio se estará contribuyendo con la mejora del aspecto visual de la empresa, disminuyendo los riesgos de accidentes, cuidar de la salud de la gente, entre otros aspectos. Mientras se realiza la limpieza es importante identificar las fuentes de suciedad, fugas, derrames, etc., para luego poder eliminarlas o controlarlas. Esta limpieza, según (Instituto Politécnico Nacional, 2013) se la puede realizar en seis pasos:

- Jornada de limpieza: En donde se realiza una primera limpieza, obteniendo las condiciones que se beberán mantener en el tiempo.
- Determinar las metas de la limpieza: Para lo cual estableceremos tres categorías de limpieza: almacenes (repuestos, herramientas, husillos), equipos (máquinas herramientas, instrumentos, elementos de oficina) y áreas (piso, paredes, luces, señalización).
- Responsables de limpieza: La limpieza debe ser responsabilidad de todos. Se puede llevar este tema de dos formas: la primera es con un Layout delimitado por secciones y definir un responsable de limpieza por cada sección, una segunda opción es con un programa de limpieza en donde se planifica y establece fechas en las que actuará cada responsable.
- Determinar métodos de limpieza: Con lo cual se establece los materiales, elementos, formas y procedimientos de limpieza, además de establecer tiempos para integrar esta actividad a las cotidianas de la empresa.
- Preparar las herramientas y materiales: Una vez establecido un procedimiento, prepararemos todo lo necesario para el desarrollo de la limpieza colocándolos y organizándolos en un lugar determinado.
- Ejecutar la limpieza: Ya se ha definido el qué hacer y el cómo hacer, ahora hay que hacerlo, teniendo en cuenta todos los pasos anteriores a más de normas de seguridad.

#### 3.4.1.3.6. Cuarta S: SEIKETSU (Estandarizar o Mantener).

En esta etapa se quiere mantener las condiciones de trabajo alcanzadas con las primeras 3´S. Para conseguir esto es muy útil el control visual, con juego de colores señalización, luces, etc. Además los formatos, guías, Layout, etc. obtenidos en la S

anterior, serán exhibidos en pancartas o carteles de fácil acceso para todos. Pero sobre todo y lo más importante es cambiar la mentalidad del personal hacia un pensamiento de orden y limpieza en el área de trabajo.

#### 3.4.1.3.7. Quinta S: SHITSUKE (Autodisciplina).

De nada sirve haber avanzado tanto para luego regresar al inicio. La última S corresponde a empoderarnos de la idea del orden y limpieza, todo empieza en uno mismo, debemos hacer de este pensamiento un hábito de todos. Para conseguir esto, primeramente se necesita del compromiso de todos los involucrados, además de una auditoría 5´S con la cual encontraremos posibles anomalías en cuestión de orden y limpieza.

#### 3.4.1.3.8. Auditoría 5 S´s.

La auditoría 5 S´s no es más que una lista de verificación para cada una de las S´s, para ello cada empresa debe elaborar un formato que se ajuste a su realidad y a cada departamento o área dentro de la empresa que va a ser auditada. A cada una de las preguntas se le pondera un puntaje y por cada S se obtiene un porcentaje de cumplimiento. Un ejemplo de la lista de verificación lo podemos visualizar en la siguiente ilustración.

*Tabla 5: Lista de verificación 5S.*

*Fuente: El Autor, basado en (Reyes A., s.f.)*

***0 = No hay implementación / 1 = Un 30% de cumplimiento***
***2 = Cumple al 65% / 3 = Un 95% de cumplimiento***

| | ***FORMATO DE EVALUACIÓN*** | ***Calif.*** |
|---|---|---|
| | ***Seleccionar*** | |
| 1 | Las herramientas de trabajo se encuentran en buen estado para su uso | 2 |
| 2 | El mobiliario se encuentra en buenas condiciones de uso | 2 |
| 3 | Existen objetos sin uso en los pasillos | 1 |
| 4 | Pasillos libres de obstáculos | 2 |
| 5 | Las mesas de trabajo están libres de objetos sin uso | 1 |
| 6 | Se cuenta con solo lo necesario para trabajar | 0 |
| 7 | Los cajones se encuentran bien ordenados | 1 |
| 8 | Se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado | 2 |
| 9 | Es difícil encontrar lo que se busca inmediatamente | 1 |
| 10 | El área está libre de cajas de papeles u otros objetos | 1 |
| | ***Ordenar*** | |
| 11 | Las áreas están debidamente identificadas | 1 |
| 12 | No hay unidades encimadas en las mesas o áreas de trabajo | 2 |
| 13 | Los botes de basura están en el lugar designado para éstos | 3 |
| 14 | Lugares marcados para todo el material de trabajo (Equipos, carpetas, etc.) | 0 |
| 15 | Todas las sillas y mesas están el lugar designado | 2 |
| 16 | Los cajones de las mesas de trabajo están debidamente organizados y sólo se tiene lo necesario | 1 |
| 17 | Todas las identificaciones en los estantes de material están actualizadas y se respetan | 3 |
| | ***Limpiar*** | |
| 18 | Los escritorios se encuentran limpios | 1 |
| 19 | Las herramientas de trabajo se encuentran limpias | 3 |
| 20 | Piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas | 0 |
| 21 | Las gavetas o cajones de las mesas de trabajo están limpias | 1 |
| 22 | Las mesas están libres de polvo, manchas y componentes de scrap o residuos. | 2 |
| 23 | Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida | 3 |
| | ***Estandarizar*** | |
| 24 | Todos los contenedores cumplen con el requerimiento de la operación | 3 |
| 25 | El personal usa la vestimenta adecuada dependiendo de sus labores | 3 |
| 26 | Todas las mesas, sillas y carritos son iguales | 1 |
| 27 | Todo los instructivos cumplen con el estándar | 1 |
| 28 | La capacitación está estandarizada para el personal del área | 0 |

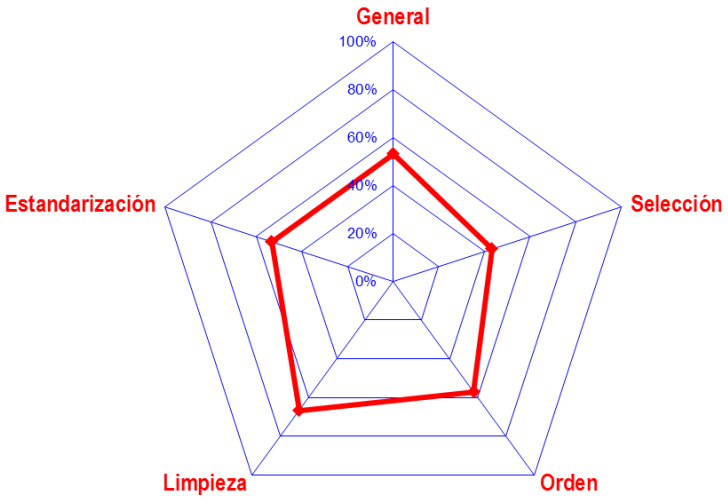
La tabla anterior nos arroja los siguientes resultados:

*Tabla 6: Resultados de la lista de verificación 5S.*

*Fuente: El Autor, basado en (Reyes A., s.f.)*

| | Porcentajes | Puntos |
|---|---|---|
| ***General*** | ***53%*** | ***43*** |
| ***Selección*** | ***43%*** | ***13*** |
| ***Orden*** | ***57%*** | ***12*** |
| ***Limpieza*** | ***67%*** | ***10*** |
| ***Estandarización*** | ***53%*** | ***8*** |

| ***Regular*** | **Bien** | **Excelente** |
|---|---|---|
| > 50 % | > 70 % | > 90 % |




### 3.4.1.4. Sistemas visuales.

Todos los días y por todos lados encontramos señales que llaman nuestra atención: logos de compañías, alertas, prohibiciones, etc. Todas ellas con diseños, colores y formas a las cuales respondemos con mayor facilidad y son mucho más rápidas de interpretar que cuando se las explica con palabras. Este mismo sistema se lo puede emplear en el interior de las empresas para trabajar de una forma más segura, eficiente y controlada.

El desarrollo de esta herramienta conlleva algunas etapas las cuales se describen a continuación.

#### 3.4.1.4.1. Selección de la máquina o sección.

Al igual que en la herramienta de las 5´S, un primer paso que se debe dar es la elección del área en la que se va a incorporar sistemas visuales. La elección de esta zona se la realiza teniendo en cuenta a la de mayor cuidado y que tiene que ser monitoreada constantemente. Otro factor para identificar la zona piloto es de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia de errores humanos y/o técnicos.

#### 3.4.1.4.2. Observar y documentar la situación actual.

Es necesario realizar un análisis del proceso, identificando las zonas de mayor control, en donde es inaceptable los errores ya sean humanos o técnicos. Además es recomendable realizar un estudio en históricos de la/s zonas con mayor frecuencia de errores donde se producen defectos en el producto. Todo este análisis debe estar documentado y respaldado por fotografías, tablas, videos, etc. para luego poder hacer una comparación con el antes y el después.

#### 3.4.1.4.3. Análisis de factibilidad de las herramientas visuales.

No todos los equipos o procesos son aptos para las herramientas visuales, como no todas las herramientas visuales son aptas para todo equipo o proceso. Es por este motivo que se deberá analizar la posibilidad de que cierto sistema visual pueda ser aplicado al proceso seleccionado para ser uso de esta herramienta. Este análisis puede ser de índole: económico (en el caso de que la solución sea más costosa que sostener el problema), técnico (en el caso de que sea imposible su implementación, por ejemplo falta de suministro eléctrico) o físico (cuando el espacio físico no es el suficiente como para insertar el sistema visual, por ejemplo su implementación entorpecerá el paso del personal o de vehículos).

#### 3.4.1.4.4. Implementación de sistemas POKA – YOKES.

El término Poka Yoke es traducido al español como “a prueba de fallos o errores”, fallos que normalmente son humanos que se producen debido a la repetitividad del trabajo o tareas que dependen de la memoria. Al liberar al personal de esta distracción, por llamarla así, se ganará mayor concentración en sus labores y por ende mayor calidad en el producto. Debemos diferenciar entre error y defecto.

Defecto es el resultado y error es la causa de ese resultado. Los errores más frecuentes en el ser humano son:

- Olvidos,
- Falta de entendimiento,
- Errores en identificación,
- Falta de experiencia,
- Errores voluntarios,
- Errores inadvertidos,
- Errores por lentitud,
- Falta de estándares,
- Errores por sorpresa,
- Errores intencionales.

El Poka Yoke lo que busca es eliminar el error con lo que cortamos de raíz la causa de los defectos. Esto se logra desarrollando el siguiente procedimiento.

1) Identificar el tipo de defecto: Pude ser por proceso o por materia prima.
2) Identificar el lugar del proceso en el que se da el defecto.
3) Describir el procedimiento a detalle que se realiza en el lugar donde se da el defecto, identificando en que elemento se produce dicho defecto.
4) Identificar las posibles causas que producen el defecto.
5) Identificar la causa raíz (error) del defecto encontrado.
6) Identificar las posibilidades de dispositivos Poka Yoke a utilizar para combatir el error.
7) El equipo de trabajo será el que elija la mejor opción de dispositivo Poka Yoke.

Hay que tener presente que cualquier sistema Poka Yoke debe ser: sencillo, parte del proceso y puestos en el lugar donde ocurre el error. En la siguiente ilustración se observan algunos sistemas Poka Yoke con los cuales nos encontramos comúnmente.

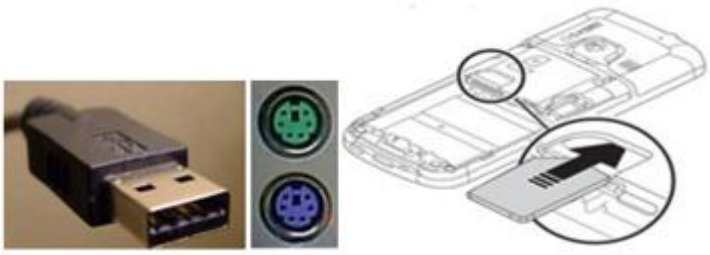


*Ilustración 23: Ejemplos de sistemas Poka Yoke.*

*Fuente: (García, 2014).*

#### 3.4.1.4.5. Implementación de sistemas ANDON.

ANDON es un sistema de señales de diferentes tipos que indican fallas en los procesos productivos. Normalmente se utilizan alarmas luminosas o sonoras que advierten al operario algún suceso fuera de lo común, indicando el lugar exacto donde se esté dando dicho suceso. Los propósitos de este sistema son: alertar a tiempo sobre defectos cuando estos se dan, solicitar asistencia cuando se presenten problemas, detener la línea de producción, entre otras (Medina Gutiérrez & Navarrete Camelo, 2005).

Cabe señalar que el sistema ANDON no es un solucionador de problemas sino un alertador de los mismos, la solución del problema, el tiempo para hacerlo y la calidad de la resolución del problema es dependiente directo del personal que acuda al llamado. Para acudir ágilmente al llamado de un ANDON, este sistema debe:

- Ser simple y de fácil interpretación,
- Indicar con claridad que desea conseguir,
- Tener prioridades de alarmas,
- Definir el procedimiento a seguir para cada alarma.

Un sistema ANDON está compuesto por los siguientes elementos:

1) Estación de trabajo: Es el lugar en donde se desarrolla las labores cotidianas de trabajo dentro de la empresa.
2) Cuerdas, botones e interruptores: Dispara y direcciona una alarma dentro de la estación de trabajo.
3) Señales visuales: Se utilizan para facilitar y agilizar la ubicación del lugar donde se está produciendo el problema.
4) Señales auditivas: De igual forma que las visuales, estas sirven para identificar el lugar donde se está produciendo la falla. Pueden ser de diversos tonos de acuerdo al tipo de llamado.

Tanto para cuerdas, botones, interruptores y señales visuales, se deben utilizar los colores normalizados de advertencia como son: rojo para emergencia, amarillo para prevención (puede ser para mantenimiento), verde para funcionamiento normal, además de otros colores pre establecidos por la empresa como pueden ser: blanco para problemas de calidad, azul para llamado de materia prima, etc.

*Ilustración 24: Sistemas ANDON.*

*Fuente: (García, 2014).*

Además los sistemas ANDON nos puede dar información de las metas a conseguir, datos en tiempo real de cómo está la producción: dentro de los límites, retrasados, con demasía de producción, etc., entre otras aplicaciones similares.

#### 3.4.1.4.6. Estandarización del proceso.

Todo lo establecido por la empresa concerniente a los sistemas visuales, deben estar documentado y estandarizado. En este documento se describirá cada uno de los Poka Yoke que se insertaron en la empresa, el porqué del mismo y su funcionamiento. Asimismo con los sistemas ANDON implementados, con su funcionamiento, significado de colores y sonidos, cómo accionarlos y las acciones a tomar para cada llamado con el responsable de cada llamado. Es recomendable que cada empresa diseñe sus propios formatos para documentación con la finalidad de que estos sean registrados, aprobados y con el tiempo se puedan hacer mejoras de los mismos.

#### 3.4.1.4.7. Seguimiento de sistemas visuales.

Para el seguimiento de los sistemas visuales nos valdremos directamente de una breve lista de verificación con las que analizaremos el aporte de las herramientas utilizadas. Esta inspección es visual, en donde se realiza una comparación entre el antes y el después de la implementación de Poka Yoke y ANDON. Además con ella podremos notar la necesidad de implantar más sistemas visuales en el proceso de producción.

Las preguntas a ser evaluadas serán definidas por el grupo de trabajo de acuerdo a la realidad de la empresa. En la siguiente tabla se presentan una propuesta de lista de verificación la cual puede ser tomada como base para ser aplicada, pudiendo añadir o eliminar preguntas según se crea necesario.

*Tabla 7: Lista de verificación para sistemas visuales.*

*Fuente: El Autor.*

***0 = No hay implementación / 1 = Un 30% de cumplimiento***
***2 = Cumple al 65% / 3 = Un 95% de cumplimiento***

| | ***FORMATO DE EVALUACIÓN*** | ***Calif.*** |
|---|---|---|
| | ***Sistemas Visuales*** | |
| 1 | No son muy comunes los errores humanos en el proceso de producción | 1 |
| 2 | Se ha introducido algún sistema visual en el proceso de producción | 2 |
| 3 | El sistema visual introducido es de fácil comprensión y utilización | 3 |
| 4 | El sistema visual introducido es útil para el proceso de producción | 3 |
| 5 | Han disminuido los errores humanos | 1 |
| 6 | Han disminuido las fallas mecánicas | 1 |
| 7 | El tiempo de respuesta por parte de mantenimiento ha disminuido | 2 |
| 8 | El reconocimiento de las fallas es más sencillo | 3 |
| 9 | La tasa de accidentabilidad ha disminuido | 1 |
| 10 | Los defectos en el producto final han disminuido | 2 |

Con lo que obtenemos los siguientes resultados:

*Tabla 8: Resultados de lista de verificación de sistemas Visuales.*

*Fuente: El Autor.*

| | **PORCENTAJE** | **PUNTOS** |
|---|---|---|
| ***Sistemas visuales*** | 63% | 19 |

| ***Regular*** | **Bien** | **Excelente** |
|---|---|---|
| > 50 % | > 70 % | > 90 % |

### 3.4.1.5. Memo 3 GP: Hojas de recomendaciones.

El Memo 3 GP es una herramienta de Lean Manufacturing que está enfocada en eliminar o reducir los tres grandes problemas como son: la irracionalidad, la inconsistencia y el despilfarro, utilizando un buzón de mensajería del cual cada trabajador podrá hacer uso para realizar sus sugerencias acerca los procesos dentro de la empresa. El personal debe estar consciente de que cualquier sugerencia, por más pequeña que esta sea, es muy valiosa para la empresa ya que de ellas se podrá ir mejorando con el tiempo.

#### 3.4.1.5.1. Alcance y límites.

Como ya se mencionó en el párrafo anterior, el Memo 3 GP está enfocado en eliminar los tres grandes problemas, a continuación se realiza un análisis de cada uno de ellos según (Vásquez, 1994).

Irracionalidad son, como su nombre lo indica, aquellas actividades que no tienen sentido, que se hacen porque alguien ha dicho que las haga o que son muy difíciles de hacer. Normalmente este problema causa fatiga indebida debido a que requiere de: largos períodos de vigilancia, esfuerzo físico o posiciones ergonómicas inadecuadas.

La inconsistencia afecta directamente con la calidad del producto, en características de color, textura, espesor, irregularidad, etc. Esto se da comúnmente cuando el operario, por mejor hacer, añade un toque personal al proceso, produciendo una inconsistencia en la calidad final.

Despilfarro es todo aquel gasto que se pueda producir innecesariamente o que no agregan valor a los procesos de producción, estos están encasillados en actividades como: mal uso del talento humano, adquisición de equipamiento sin previo análisis que no ayudan en los procesos o no son rentables.

La metodología del Memo 3 GP consta de dos partes: identificar el problema y resolver el problema identificado. Para la resolución de los problemas hay dos tipos de estrategia: para las soluciones que son complicadas y requieren de un estudio ingenieril con su respectivo procedimiento lo llamaremos estrategia A, y para aquellas soluciones que no son complicadas sino inmediatas las llamaremos estrategias B. (Sugiyama, 1991) nos presenta en el siguiente cuadro los dos posible caminos según la estrategia a utilizar.

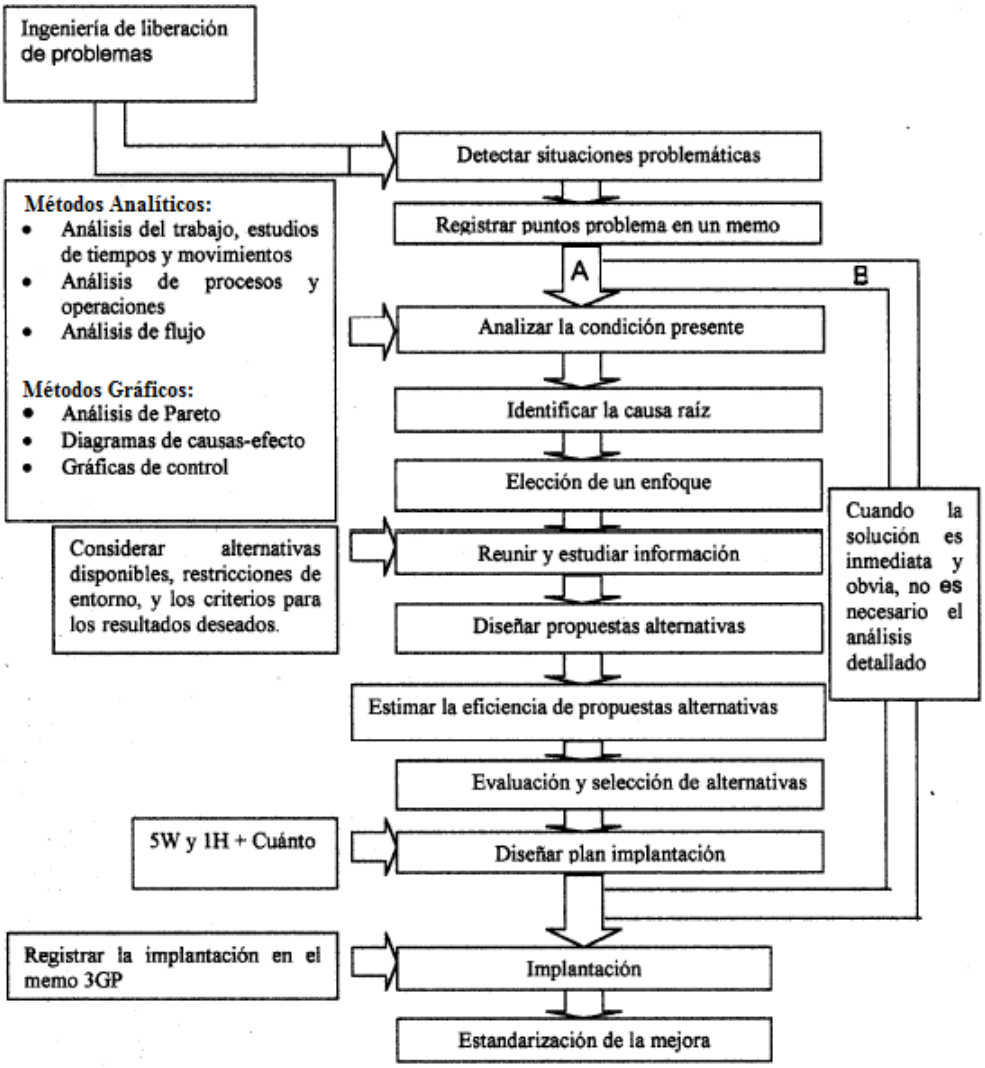



*Ilustración 25: Resolución de problemas con estrategia A y B.*

*Fuente: (Sugiyama, 1991).*

### 3.4.1.5.2. Formato Memo 3 GP.

Ya existe un formato establecido para el Memo 3 GP, el mismo que puede ser modificado por la empresa de acuerdo a la conveniencia de la misma. A continuación se indica un estándar del formato Memo 3 GP.

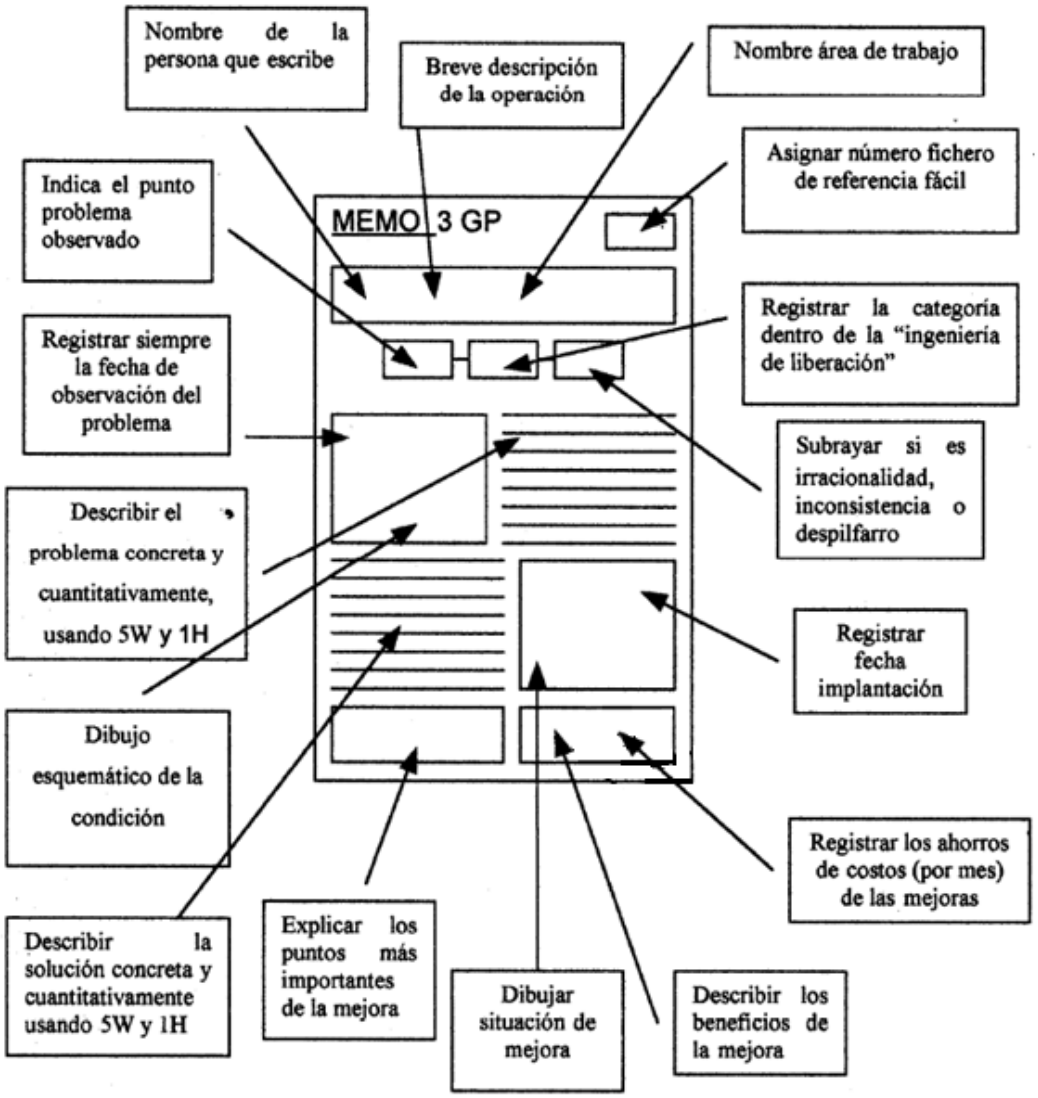



*Ilustración 26: Formato estándar para Memo 3 GP.*

*Fuente: (Sugiyama, 1991).*

### 3.4.1.5.3. Estandarización del proceso.

Es necesario que todo el personal este informado de cómo funciona el sistema del Memo 3 GP, para ello se debe estandarizar, especificando la forma de llenar un formato, quienes pueden hacerlo, que decisiones tomar y quien las debe tomar, entre otros aspectos importantes. También se puede establecer una gama de premios con la finalidad de motivar al personal a dar sus recomendaciones, pero esto dependerá de cada empresa.

### 3.4.1.5.4. Diario de operaciones del Memo 3 GP.

Como es lógico, no habrá solo un Memo, por lo que se debe llevar un control y seguimiento del total de sugerencias que se den. Esto se lo realiza con un formato conocido como diario de operaciones del Memo 3 GP, en donde se describe un resumen de los Memos, sus eficiencias, ahorros, etc. Un formato de este diario se indica a continuación.

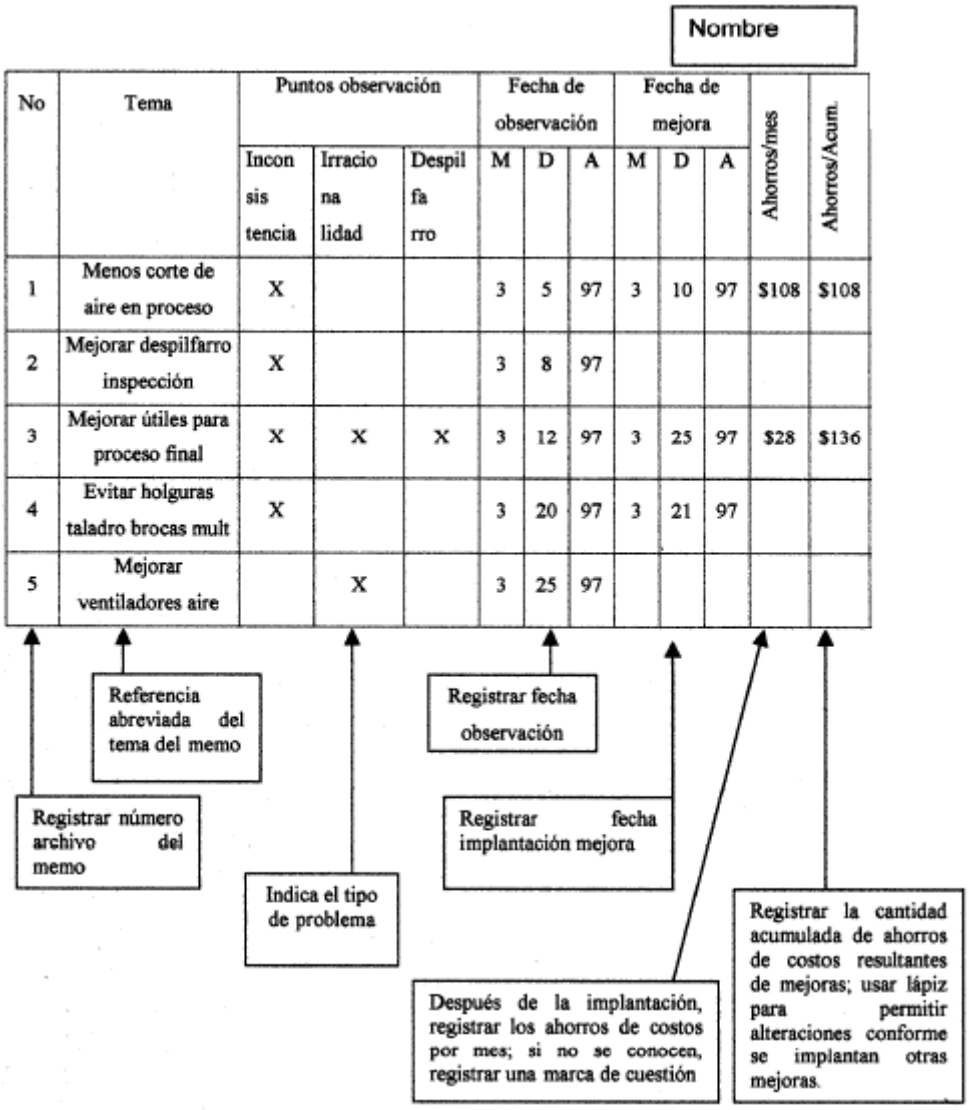



*Ilustración 27: Diario de operaciones de Memo 3 GP.*

*Fuente: (Sugiyama, 1991).*

### 3.4.2. Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo está relacionado con las actividades periódicas ejecutadas por el operario como: limpieza, lubricación, ajustes, aprietes, intervenciones menores, cambio de herramientas. Todas estas actividades se las debe realizar previa capacitación y estandarización para que los trabajadores se sientan capaces de desarrollarlas. La mentalidad de trabajo descontinuada por parte de muchos de los trabajadores hace que el mantenimiento autónomo sea una de las acciones más difíciles de conseguir y que más tiempo conlleva (González Guajardo, s.f.).

La creencia de que el departamento de producción debe estar en continua guerra con el de mantenimiento debe acabar definitivamente, es más, los dos deben complementarse. Las acciones autónomas evitarán el deterioro prematuro de los equipos a más de que colaborarán para que el equipo de mantenimiento pueda intervenir con técnicas de mantenimiento más sofisticadas.

El consultor del JIPM, Fumio Goto, propuso desarrollar el mantenimiento autónomo en siete pasos. Para desarrollar este procedimiento, primeramente se deberá elegir una zona piloto que será identificada por el grupo de trabajo de acuerdo a la necesidad. Los siete pasos del mantenimiento autónomo se describe brevemente a continuación (Nakajima, 1993).

#### 3.4.2.1. Limpieza inicial.

En esta fase, los operarios están comprometidos e interesados al realizar la limpieza total de la máquina que cada uno opera. Mediante esta limpieza el operario irá descubriendo focos de suciedad, métodos de lubricación, formas de sujeción y sobre todo detectará problemas y aprenderá cómo solucionarlos.

#### 3.4.2.2. Contramedidas por las causas y efectos de la suciedad y el polvo.

Que tan difícil le resulte al operario limpiar está relacionado directamente con el deseo de mantener limpia el área de trabajo. Es por este motivo que se debe realizar métodos de mantenimiento del orden y limpieza, teniendo presente la eliminación de las fuentes de suciedad, de no ser posible la eliminación de dicha fuente, se tomarán las medidas necesarias para controlarlas. Cada zona será responsable de mantener

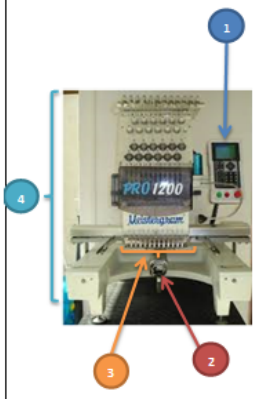
limpia su área de trabajo siendo respaldada por los departamentos administrativos y de mantenimiento, contribuyendo en la mejora continua.

### 3.4.2.3. Estándares de limpieza y lubricación.

En los dos puntos anteriores se han determinado las acciones de limpieza básicas que los operarios las pueden ejecutar tranquilamente como son: limpieza, lubricación, etc. Obviamente la finalidad de la empresa no es limpiar (excepto en las empresas que se dedican a ese negocio) sino producir cierto producto, es por esta razón que no le podemos dedicar demasiado tiempo a las tareas de mantenimiento autónomo, es así que se debe dar márgenes de tiempo establecidos para cada tarea e ir mejorando continuamente estos márgenes con el apoyo de los departamentos administrativos y de mantenimiento. Todo lo descrito se logra al crear estándares de limpieza y lubricación en donde se describe las tareas autónomas, los materiales necesarios y los tiempos adecuados para ejecutarlos.

**ESTANDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACION PARA LA BORDADORA *Meistergram Pro 1200***

| | |
|---|---|
| ***Director del Taller:*** | Mariela Astudillo |
| ***Jefe de la Sección:*** | Freddy Astudillo |
| ***Ingeniero PM:*** | Freddy astudillo |
| ***Supervisor:*** | Leonardo Astudillo |




| Areas de Limpieza N° | Categoría | Estándares de Limpieza | Métodos de Limpieza | Utiles de Limpieza | Tiempo de Limpieza | Ciclo de Limpieza Día | Semana | Mes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Panel de Mandos | Limpieza polvo producido por la tela y el pelón. | Con una franela seca, limpiar superficialmente. | Franela | 10 min. | x | | |
| 2 | Cabeza rotativa | Eliminar los residuos provocados por la tela y el pelón. | Primeramente eliminar los residuos con una brocha y luego con aire. | Brocha Soplador industrial | 15 min. | | x | |
| 3 | Porta Agujas | Limpieza de polvo e hilos producidos por el trabajo. | Limpiar con una brocha el polvo y luego con una pinza remover los residuos de hilo. | Brocha Pinzas | 20 min. | | x | |
| 4 | Cuerpo de la Bordadora | Limpieza superficial de polvo y residuos de las telas. | Limpiar con aire toda la superficie de la máquina y luego repasar con una brocha y franela seca en los lugares que requiera. | Soplador industrial Brocha Franela | 30 min. | | | x |
| Limpiar puntos de Chequeo | | Verificar que las agujas esten en buen estado. | | | | | | |
| | | Chequear que haya el suficiente hilo en la bandeja de hilos. | | | | | | |
| | | Ajustar las tensiones. | | | | | | |
| | | Limpiar los puntos de lubricación. | | | | | | |

*Ilustración 28: Estándares de limpieza y lubricación.*

*Fuente: El Autor.*

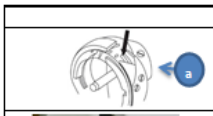
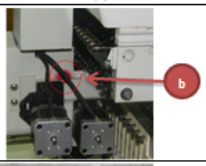
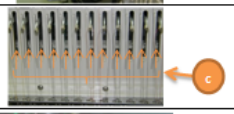
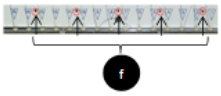
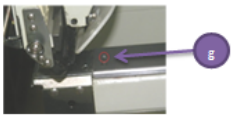
| | Areas de Lubricación | | Estándares de Lubricación | Métodos de Lubricación | Utiles de Lubricación | Tiempo de Lubricación | Ciclo de Lubricación | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N° | Categoría | | | | | Día | Semana | Mes |
|  | a | Cabeza rotativa | Lubricar con una gota de aceite al iniciar el día de trabajo. | Aceitar usando un aceitero donde indica la flecha. | Aceitero Franela | 3 min. | x | | |
|  | b | Eje Motor del Prensatelas | Lubricar con una gota de aceite al iniciar el día de trabajo. | Aceitar usando un aceitero donde indica el punto rojo. | Aceitero Franela | 2 min. | x | | |
|  | c | Eje de Barra de Agujas | Lubricar con una gota de aceite en cada barra al iniciar el primer día de trabajo de la semana. | Aceitar usando un aceitero donde indica la flecha. | Aceitero Franela | 12 min. | | x | |
| | d | Interior del Brazo | Lubricar con tres gotas de aceite, enel agujero marcado, al iniciar el primer día de trabajo de la semana. | Aceitar usando un aceitero donde indica el punto rojo. | Aceitero Franela | 2 min. | | x | |
| | e | Barras de Agujas | Lubricar con tres gotas de aceite, enel agujero marcado, al iniciar el primer día de trabajo de la semana. | Aceitar usando un aceitero donde indica el punto rojo. | Aceitero Franela | 3 min. | | x | |
|  | f | Colchón de las barras de ajugas | Lubricar con una gota de aceite, en los lugares marcados, al iniciar el primer día de trabajo del mes. | Aceitar usando un aceitero donde indica el punto rojo. | Aceitero Franela | 5 min. | | | x |
|  | g | Eje de la Cabeza Rotativa | Lubricar con tres gotas de aceite, enel agujero marcado, al iniciar el primer día de trabajo del mes. | Aceitar usando un aceitero donde indica el punto rojo. | Aceitero Franela | 2 min. | | | x |
| | Puntos Chequeo Lubricación | | Verificar con el check list que todos los puntos sean lubricadas. | | | | | | |

*Ilustración 17: Estándares de limpieza y lubricación (continuación).*

*Fuente: El Autor.*

### 3.4.2.4. Inspección general.

La inspección general permitirá estimar el deterioro del equipo, además de la restauración a un estado inicial bueno de trabajo. Los departamentos administrativos y de mantenimiento desarrollarán un procedimiento para realizar dicha inspección y capacitarán al personal para que lo lleven a cabo. De los hallazgos negativos que se encuentren se tomará la mejor decisión para resolverlo y evitar que vuelva a ocurrir en el futuro.

En las tres primeras fases del mantenimiento autónomo, los resultados no serán tan grandes como en esta cuarta fase donde los resultados serán drásticos, es por este motivo que el tiempo para completar esta fase es muy larga en comparación con las anteriores.

#### 3.4.2.5. Inspección autónoma.

En este paso se revisan los estándares desarrollados en los cuatro pasos anteriores con el fin de eliminar inconsistencias. Los operarios estarán capacitados plenamente en lo que se refiere a inspección general. El departamento de mantenimiento podrá entonces desarrollar un plan de mantenimiento anual con sus respectivos estándares y estos compararse con los realizados para el mantenimiento autónomo, eliminando así las tareas que se repitan.

#### 3.4.2.6. Estandarización.

En este paso, los directivos complementan la implementación del mantenimiento autónomo mediante la revisión de las actividades de los operarios y esclareciendo cualquier duda respecto a sus responsabilidades. La organización es muy importante ya que en esta fase se quiere que los supervisores, por medio de estándares y sistemas visuales, indiquen los aspectos a tener presente en el área de trabajo. El orden hace referencia a apegarse a los estándares preestablecidos cuya responsabilidad es netamente del personal operativo.

#### 3.4.2.7. Mantenimiento autónomo pleno.

Esta fase se encarga de ejecutar los estándares establecidos en el paso anterior, convencidos de que los operarios están en la capacidad de realizar sus tareas autónomas, de verificar su trabajo, detectar anomalías y de ser posible resolverlas, de proponer mejoras para los procesos, etc.

#### 3.4.2.8. Seguimiento del mantenimiento autónomo.

El control del mantenimiento autónomo se realiza por medio de la revisión periódica de los estándares propuestos, verificando que las tareas se han realizado de acuerdo a lo programado y de la forma correcta. La forma adecuada de garantizar que las tareas autónomas se están realizando, es por medio de la validación de las órdenes de trabajo cíclicas que contengan las tareas establecidas para el mantenimiento autónomo.

### 3.4.3. Mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado se lo realiza con dos finalidades: mantener a los equipos operativos y lograr que trabajen eficientemente. El JIPM propone implementar el mantenimiento planificado en seis pasos, los cuales se describen en los siguientes sub temas.

#### 3.4.3.1. Evaluar la situación actual.

Está relacionado con la documentación que se tiene de los equipos con el fin de conocer el estado del mismo. Entre estos datos están: datos de placa, análisis mtbf, análisis mttr, registro de mantenimiento rutinario y registro de mantenimiento cíclico.

#### 3.4.3.2. Reconducción al estado ideal.

Se busca identificar y eliminar los problemas que puedan tener los equipos, además de buscar los métodos para que no se vuelvan a repetir ya sea en la misma máquina o en otras similares. Esto se realiza con la finalidad de reconducir al equipo a un punto lo más cercano a nuevo.

#### 3.4.3.3. Desarrollo de un sistema de gestión de información.

El mantenimiento planificado implica el manejo de una gran cantidad de información. Es por esta razón que es necesario la implantación de un sistema que nos ayude a controlar y procesar dicha información de una forma más eficiente. La información que se debe manejar es entre otras: catálogos, modos de fallos, costos, tareas de mantenimiento, repuestos. En el mercado existen programas de computadora especializados en el manejo de esta información.

#### 3.4.3.4. Desarrollo de un plan de mantenimiento periódico.

Este paso lo que quiere es ampliar el manejo del mantenimiento preventivo, mediante la estandarización del mantenimiento, creando flujos de trabajo. Para ello nos apoyaremos en la información que tengamos disponible como: históricos, catálogos, estadísticas de equipos similares, etc. Se pude afirmar que la ejecución de las tareas periódicas bien planificadas reduce notablemente las averías de los equipos. Se

pueden planear los mantenimientos por: período, parada, tiempo, por proyecto y por oportunidad.

#### 3.4.3.5. Desarrollo de un sistema de mantenimiento predictivo.

Se pretende introducir herramientas especializadas que nos ayuden a identificar la condición de los equipos y con el análisis de los resultados estudiar la necesidad de intervenirlos o no. Esta metodología además propondrá los intervalos de intervenciones de acuerdo a las condiciones actuales. Las condiciones a tener en cuenta son: temperatura, vibración, lubrificantes, fugas, grietas, ruidos, corrosión, etc. Existe un instrumento especializado para cada una de estas condiciones. Este tema se ahonda mucho más en el subtema 3.3.4.

#### 3.4.3.6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado.

Este punto está enfocado en la mejora continua, en donde interviene no solo el departamento de mantenimiento sino toda la empresa tomando en consideración los aspectos humano, técnico y organizativo. Para ello se analizará: los índices de mantenimiento (mtbf, mttr, OEE), los costes de mantenimiento, habilidades del personal, etc. Además se puede hacer el seguimiento de las tareas realizadas mediante las órdenes de trabajo creadas, las mismas que actuarán como documentación de respaldo con sus firmas respectivas de ejecución y aceptación.

### 3.4.4. Mantenimiento Predictivo:

Esta forma de mantenimiento está basada en la condición actual del equipo, determinada por instrumentación especializada para ese fin, en pruebas no destructivas. La mayoría de fallos que se dan en las máquinas son detectables antes de que estos ocurran, haciendo de la intervención de mantenimiento más controlada y al ser antes de que se dé una avería severa, el mantenimiento resultará ser más económica.

Al necesitar de técnicas especializadas, algunas empresas prefieren contratar este servicio, pero otras optan por tener a su personal calificado para estas intervenciones, es más, en algunos casos es necesario la instalación de instrumentación en línea que nos dé resultados en tiempo real. A las máquinas que se les pueden aplicar estas técnicas son:

- Máquinas rotativas,
- Motores eléctricos,
- Equipos estáticos,
- Instrumentación,
- Aparamenta eléctrica.

La gran ventaja del mantenimiento predictivo es que se puede detectar fallos en estado incipiente, además alarga la vida útil de los elementos debido a que se los reemplazaría únicamente cuando es necesario y como se conocerá el progreso de un fallo antes de que este ocurra, se puede planificar y programar de una mejor manera el mantenimiento, evitando una no disponibilidad de las máquinas. A continuación se enumeran algunas de las técnicas de predicción de fallos.

- Inspección visual,
- Líquidos penetrantes,
- Partículas magnéticas,
- Radiografía,
- Ultrasonido,
- Análisis de vibraciones,
- Análisis de lubricantes,
- Termografía, etc.

En el diagrama P-F se muestra el progreso del fallo y las técnicas a utilizar. Se puede observar además que mientras más tiempo transcurre desde que se detecta un fallo potencial, es más costoso el daño, hasta que se produce la conocida falla catastrófica que es cuando se produce la falla.

*Ilustración 29: Curva P-F de predicción de fallos.*

*Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=IF4k_HNxnTo*

Según (Boucly, 1999), el procedimiento para la ejecución del mantenimiento predictivo consta de tres fases: preparación, implantación y análisis de resultados.

#### 3.4.4.5. Preparación.

##### 3.4.4.5.1. Definición de las máquinas.

Hay que identificar la máquina a la que va a ser la metodología predictiva, definir sus características y calificar su importancia dentro del proceso de producción.

Determinar las técnicas de medida.

Existe preestablecido para cada familia de máquinas las técnicas predictivas adecuadas que se les puede aplicar, con sus respectivos límites.

*Tabla 9: Técnicas predictivas de acuerdo a la máquina a analizar.*

*Fuente: (García C. , 2014)*

| **Aplicaciones** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tecnologías** | **Bombas** | **Motores eléctricos** | **Generadores diésel** | **Condensadores** | **Maquinaria pesada** | **Válvulas** | **Intercambiadores de calor** | **Transformadores** | **Tanques y tuberías** |
| **Análisis de vibraciones** | x | x | x | | x | | | | |
| **Análisis de lubricantes** | x | x | x | | x | | | x | |
| **Análisis de desgaste de partículas** | x | x | x | | x | | | | |
| **Análisis de temperatura** | x | x | x | | x | | | | |
| **Análisis de ultrasonido** | x | x | x | x | | x | x | x | |
| **Termografía infrarroja** | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| **Inspección visual** | | | | | | | | | x |
| **Análisis de corriente** | | x | | | | | | | |

#### 3.4.4.5.2. Estructurar la base de datos.

Con la información de los dos puntos anteriores, se puede realizar una tabulación de datos como: frecuencia de chequeos, alcance de las medidas, definición de rutas, definición de alertas y alarmas y formación del personal.

### 3.4.4.6. Implantación.

Hace referencia a la ejecución misma de las técnicas elegidas para cada máquina, utilizando las rutas y frecuencias preestablecidas. Para ello se debe realizar: medidas periódicas, registro de datos, valoración de los datos con los límites y análisis de anomalías.

### 3.4.4.7. Análisis de resultados.

Los datos generados en el tiempo deben ser analizados periódicamente, para tomar las mejores decisiones y actuar con la mejora continua. Este análisis incluye: historial de medidas y fallos, resultados y dispersión de datos, cambio de parámetros, frecuencias y límites.

## 3.4.5. Mantenimiento de calidad.

El mantenimiento de calidad tiene como finalidad establecer las condiciones en un equipo para que desarrolle su trabajo con cero defectos, mediante las intervenciones de mantenimiento. La página web ceroaverias.com aclara que es y que no es mantenimiento de calidad con los siguientes aspectos.

*Tabla 10: Que es y que no es Mantenimiento de calidad.*

*Fuente: (Apsoluti Group, S.L., 2006-2015).*

| Mantenimiento de calidad es: | Mantenimiento de calidad no es: |
|---|---|
| Realizar acciones de mantenimiento para que los equipos no generen defectos en el producto. | Aplicar técnicas de control de calidad al proceso de mantenimiento. |
| Prevenir defectos de calidad certificando que las máquinas cumplen con las condiciones adecuadas para el cero defectos. | Aplicar una norma de calidad al sistema de mantenimiento. |
| Observar las tendencias de las características de los equipos para adelantarse a los fallos potenciales. | Aplicar un control estadístico al sistema de mantenimiento. |
| Realizar el análisis de los elementos que inciden directamente en la calidad del producto final para ponerles más atención en las labores de mantenimiento. | Aplicar acciones de mejora continua al sistema de mantenimiento. |

En resumen, lo importante no es solo mantener la funcionalidad del equipo, sino también mantener los más altos indicadores de calidad del producto final al que se debe la empresa. Para conseguir este objetivo, el mantenimiento de calidad se lo puede desarrollar en diez pasos:

### 3.4.5.1. Identificar la situación actual del equipo.

En este paso se investigan los defectos en el proceso y sub procesos que producen mala calidad en el producto y se los clasifican por su gravedad y naturaleza. Para ello nos ayudamos de la matriz Q-A (defectos vs. etapa del proceso).

## MATRIZ QA PROCESO ENCAPSULADO

| PROCESO | SUBPROCESO | MAQUINA | COMPONENTES DE CALIDAD DE LA MAQUINA | | | CARACTERISTICA DE CALIDAD ⇨ | Humedad | Humedad | libre de contaminacion | capsula con peso optimo | cierre de cap. | cierre de cap. | cierre de cap. | compresion | Color | Presentación | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ◇ PROCESO DONDE SE REALIZA LA INSPECCION DEL PROCESO<br>◆ PROCESO DONDE SE PRODUCE LA INSPECCION DE L PRODUCTO | | | DEFECTO ⇨ | Mezcla mojada por equipo | cap. Mojada por aire comp. Con | Contaminacion por particulas o cruzada | capsula vacia o baja de peso | caps. Largas | cap. Ponchadas. | cap. Telescopiada | cap. Duras | Color Diferente | Producto Manchado | |
| | | | | | | FRECUENCIA ⇨ | ★ | ☆ | ★ | ★ | ★ | ★ | ☆ | ☆ | ☆ | ☆ | |
| | | | | | | CRITICIDAD ⇨ | ● | ● | ● | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ● | ● | x |
| ENCAPSULADO | ALIMENTACION | ZANASI | TOLVA,BAJANTE | | | | X | | X | | | | | | | | 2 |
| | | | SENSOR | | | | | | | ⓪ | | | | | | | |
| | | | TINA ASPIRANTE | | | | X | | X | ⓪ | | | | | | | 2 |
| | | | VACIO | | | | | | ⓪ | X | ⓪ x | | | | | 0 | 2 |
| | CIERRE | ZANASI | PUNZONES DE CIERRE | | | | | | | | X | X | X | | | | 3 |
| | | | EJE | | | | | | | | X | X | | | | | 2 |
| | | | CILINDRO DE CONTACTO | | | | | | | | X | x | X | | | | 3 |
| | EXPULSION | ZANASI | PUNZONES DE EXPULSION CON AIRE COMPRIMIDO | | | | | ⓪ | 0 | | | | | | | | |
| | | | BAJANTE | | ◆ | | | | | O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | LIMPIEZA | ZANASI | PUNZONES DE LIMPIEZA CON AIRE COMPRIMIDO | | | | | x | | | | X | | | | ⓪ | 2<br>0 |
| | DOSIFICACION | ZANASI | COMPRESION | | | | | | | x | X | x | ⓪ | x | | | 4 |
| | | | PISTONES | | | | | | | | X | x | | | | | 2 |
| | | | DOSIFICADORES | | | | x | | | | | | x | | | | 2 |
| | | | BOCOLAS | | | | x | x | | | X | x | | | | | 4 |
| | | | CAMARA | | | | | | | x | X | x | ⓒ | | | ⓪ | 3 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Total de puntos donde hay relación directa con el defecto de calidad** | | | | | | X | 4 | 2 | 2 | 3 | 7 | 9 | 3 | 1 | 0 | 1 | 31 |

| Analisis de la correlación | |
|---|---|
| ○ | Proceso en el que ocurre el prolema (donde se ha descubierto) |
| X | Proceso directamente relacionado con elproblema (cuando algo va mal,el problema siempre se produce en el |
| ⓪ | Proceso donde se pronostica que se producira el problema |

| CRITERIOS DE PRIORIZACION | |
|---|---|
| ★ | Frecuencia alta (mayor repetición del defecto de calidad) |
| ☆ | Frecuencia baja (menor repetición del defecto de calidad) |
| ● | Gravedad (Se produce un gran defecto) |
| ▲ | Solucionable (Mediante acciones correctivas) |

*Ilustración 30: Diagrama Q-A*

*Fuente: (Apsoluti Group, S.L., 2006-2015) www.ceroaverias.com/centroTPM/guiarapidatpm/matrizqa.html*

### 3.4.5.2. Analizar las condiciones 4M (materiales, maquinaria, mano de obra, métodos).

Construir una tabla en la que relacione los subprocesos con cada una de las condiciones 4M, que cuando se establecieron no producían defectos. Se debe comprobar si: existe estándares, se está trabajando de acuerdo a los estándares, las condiciones permiten cumplir los estándares, no existen estándares y son necesarios.

| | |
|---|---|
| ○ | Existe estándar y se cumple |
| △ | Estandares no seguidos apropiadamente |
| X | Estandares imposibles de seguir |
| ⊗ | Es necesario un estandar |

| PROCESO | SUBPROCESO | DEFECTO | ENTRADAS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | METODO | E | MATERIALES | E | MANO DE OBRA | E | MAQUINARIA | E |
| ENCAPSULADO | ALIMENTACION | HUMEDAD | Usar toalla y aire comprimido para secar el equipo | △ | | | Garantizar que las partes del equipo esten bien secas antes de adicionar la mezcla. | △ | | △ |
| | | CONTAMINACION | Realizar despeje del area y solicitar la verificacion en el instructivo de trabajo antes de cada inicio de un lote | ○ | | | Utilizar los implementos de poteccion adecuados, antes de manipular el producto | ⊗ | Realizar revision del equipo cada que se desmonte para asegurar el correcto ajuste de cada tornillo,todo tornillo de cambio se debe entregar al taller | ⊗ |
| | CIERRE | PONCHADAS | Revisar que el taco no se salga del cuerpo de la capsula | ⊗ | La humedad de la capsula debe ser inferior al 0,5% | | | ⊗ | Lavar cada 8 horas las bocolas,revisar cada 10 minutos los punzones de cierre que esten limpios | ⊗ |
| | | TELESCOPIADAS | Revisar la salida de los pistones cada que se modifique la altura de la camara | | La humedad de la capsula debe ser inferior al 0,5% | | | ⊗ | Revisar y calibrar los dosificadores en cada lavada del equipo | ⊗ |
| | | LARGAS | | | | | | | | |
| | LIMPIEZA | HUMEDAD | | | | | | | | |
| | | POCHADAS | | | | | | | | |

*Ilustración 31: Ejemplo de Matriz 4M.*

*Fuente: (Apsoluti Group, S.L., 2006-2015)*
*www.ceroaverias.com/centroTPM/guiarapidatpm/matrizqa.html*

### 3.4.5.3. Preparar lista de defectos.

Se extrae una lista de todas las condiciones anormales del proceso. En el caso de que los problemas tengan soluciones sencillas, estos se los resolverán inmediatamente. Para los casos en donde las soluciones son más laboriosas se seguirán con los siguientes pasos.

#### 3.4.5.4. Priorizar el efecto de los problemas.

Para aquellos problemas de mayor complejidad, se realizarán análisis con herramientas como: AMFE (Análisis de Modos de Falla y Efecto), criticidad, etc.

#### 3.4.5.5. Desarrollar acciones de mejora.

Se necesita conocer la causa de cada una de las fallas del punto anterior, para eso nos ayudaremos de herramientas como: 5W y 1H (What, Where, When, Who, Why, How), diagrama de espina de pescado, etc. cada uno de ellas con su respectivo procedimiento. Una vez que conozcamos las causas, se debe proponer acciones, ya sea de contención, preventivas, correctivas e incluso rediseños, que disminuyan la probabilidad de ocurrencia.

#### 3.4.5.6. Evaluar el efecto de las acciones implantadas.

Luego de que las mejoras están implantadas, se realiza nuevamente un análisis 4M para verificar la efectividad de las mejoras aplicadas.

#### 3.4.5.7. Revisar y actualizar la matriz 4M.

Como ya se ha resuelto algunos de los problemas, en este punto se debe actualizar la matriz 4M, para verificar que los estándares son apropiados y seguidas sin dificultad por los trabajadores.

#### 3.4.5.8. Crear un plan de monitoreo.

Este punto es importante porque así tendremos la certeza de que los procesos están bajo control y dentro de los límites de la matriz 4M, es decir se mantienen las condiciones para no generar defectos de calidad en el producto.

#### 3.4.5.9. Establecer acciones de mantenimiento para posibles desvíos.

Se deberá preestablecer acciones correctivas para cuando las condiciones de los procesos se salen de los límites y poder regresarlos a un punto aceptable.

#### 3.4.5.10. Crear procedimientos de control y verificación.

Para asegurar que los procesos están operando de acuerdo a lo planeado, se debe realizar una verificación de los mismos. Para ello se revisará desviaciones, estándares, calibraciones, etc.

## 3.5. Recopilación de resultados.

Una vez finalizada la implementación de todas las herramientas mencionadas en esta plataforma, se debe realizar una recopilación de todos los resultados conseguidos. Estos resultados pueden ser visuales, de los indicadores de mantenimiento, etc. Lo más recomendable es realizar resumen mediante gráficos para que estos puedan ser presentados a los interesados. Además de recomendable presentar estos gráficos en carteleras accesibles a todos los que transiten por la planta y así, el personal interno se motive por los resultados obtenidos de su trabajo y el personal externo se interese en esta metodología logrando romper barreras y extender esta teoría fuera de la planta.

## 3.6. Conclusiones.

El Mantenimiento Productivo Total es una metodología muy extensa, cuya implementación no es nada fácil y solo las empresas verdaderamente comprometidas podrán implementarla. En este capítulo se ha ido tocando las fases para la implementación del TPM hasta llegar a describir con un poco más de detalle las herramientas que se propone aplicar en esta plataforma como base de la futura implementación íntegra del TPM.

Cada una de estas herramientas tiene su procedimiento y exigencias. Lo que se propone en esta plataforma es introducir cada una de estas herramientas, para lo cual se presenta un procedimiento para lograr este objetivo, se ha tratado de que estos procedimientos sean lo más claro y breve posible para que no haya duda en las empresas que decidan seguir este duro pero gratificante mundo del TPM.

Teniendo presente que cada una de las herramientas Lean tienen su metodología y por ende el tratar de explicarla íntegramente sería algo muy engorroso, pues sería necesario mucho material para hacerlo, tenemos que aclarar que se ha tratado de

explicarlo lo más simple posible para que el personal pueda insertar estos conceptos en sus tareas cotidianas.

# CAPÍTULO 4

# 4. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CULEBRILLAS – SAN PEDRO.

## 4.1. Introducción.

Ninguna empresa es igual a otra, por más que su producto final sea el mismo. En el presente capítulo se desarrollará cada una de las herramientas mencionadas en la teoría de este documento con la finalidad de aclarar cualquier duda que anteriormente se haya dado. Cabe aclarar que se ha tratado de adelantar el trabajo en muchos aspectos de acuerdo a lo programado. En otros casos no se ha podido adelantar dicho trabajo debido a la complejidad del mismo pero se ha dado propuestas para la implementación, en algunos casos se ha podido ejemplificar para tener una guía y en otros casos se ha creado unos formatos para llenarlos a medida que se vayan desarrollando cada una de las herramientas.

## 4.2. Generalidades de ETAPA EP.

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, ETAPA EP, desde el día de su fundación en 1968 se ha ido adaptando al crecimiento de Cuenca, posicionándose hoy en día en una de las más importantes del Ecuador con una reconocida eficiencia en sus servicios.

### 4.2.1. Misión.

Somos una empresa que mejora la calidad de vida de los habitantes, ofreciendo servicios integrales e innovadores de telecomunicaciones, agua potable y saneamiento manteniendo los más altos estándares de calidad, a través de una gestión económica, social y ambientalmente responsable (ETAPA EP, 2016).

### 4.2.2. Visión.

Al 2019 ser una empresa sostenible y rentable, con talento humano competente y comprometido, que brinda soluciones integrales e innovadoras, con presencia nacional, entregando servicios de calidad (ETAPA EP, 2016).

### 4.2.3. Valores corporativos.

#### 4.2.3.1. Trabajo en equipo.

Trabajamos de la mano para alcanzar objetivos comunes. Complementamos y potenciamos las iniciativas, los conocimientos y recursos individuales, para hacerlo mejor (ETAPA EP, 2016).

#### 4.2.3.2. Actitud de liderazgo.

Buscamos el mejoramiento continuo, para constituirnos en el mejor referente del desarrollo local, regional y nacional. Propiciamos el desarrollo de las personas y de los talentos de la empresa (ETAPA EP, 2016).

#### 4.2.3.3. Vocación del servicio para satisfacer al cliente.

El cliente guía nuestro accionar. Es una actitud del personal de la empresa, atender las necesidades y satisfacer sus experiencias (ETAPA EP, 2016).

#### 4.2.3.4. Generadores de desarrollo sustentable.

Con nuestros servicios propiciamos el desarrollo y mejoramos la calidad de vida de la colectividad, hoy y siempre. Generamos valor de largo plazo de manera sustentable, manteniendo un adecuado balance entre el valor económico, social y medioambiental (ETAPA EP, 2016).

#### 4.2.3.5. Innovación.

La innovación es una fuerza motriz para proveer nuevos y mejores servicios a nuestros clientes, generar mejores procesos y sistemas, desarrollar nuestra infraestructura y talentos (ETAPA EP, 2016).

### 4.2.4. Organigrama.

ETAPA EP es una empresa muy grande que cuenta con muchas ramificaciones. Para el presente estudio tomaremos en cuenta el ramal de Agua Potable hasta llegar a los

involucrados en el proyecto que son: el supervisor de plantas con su personal y el ingeniero de mantenimiento con su personal. Este cronograma es el que sigue.

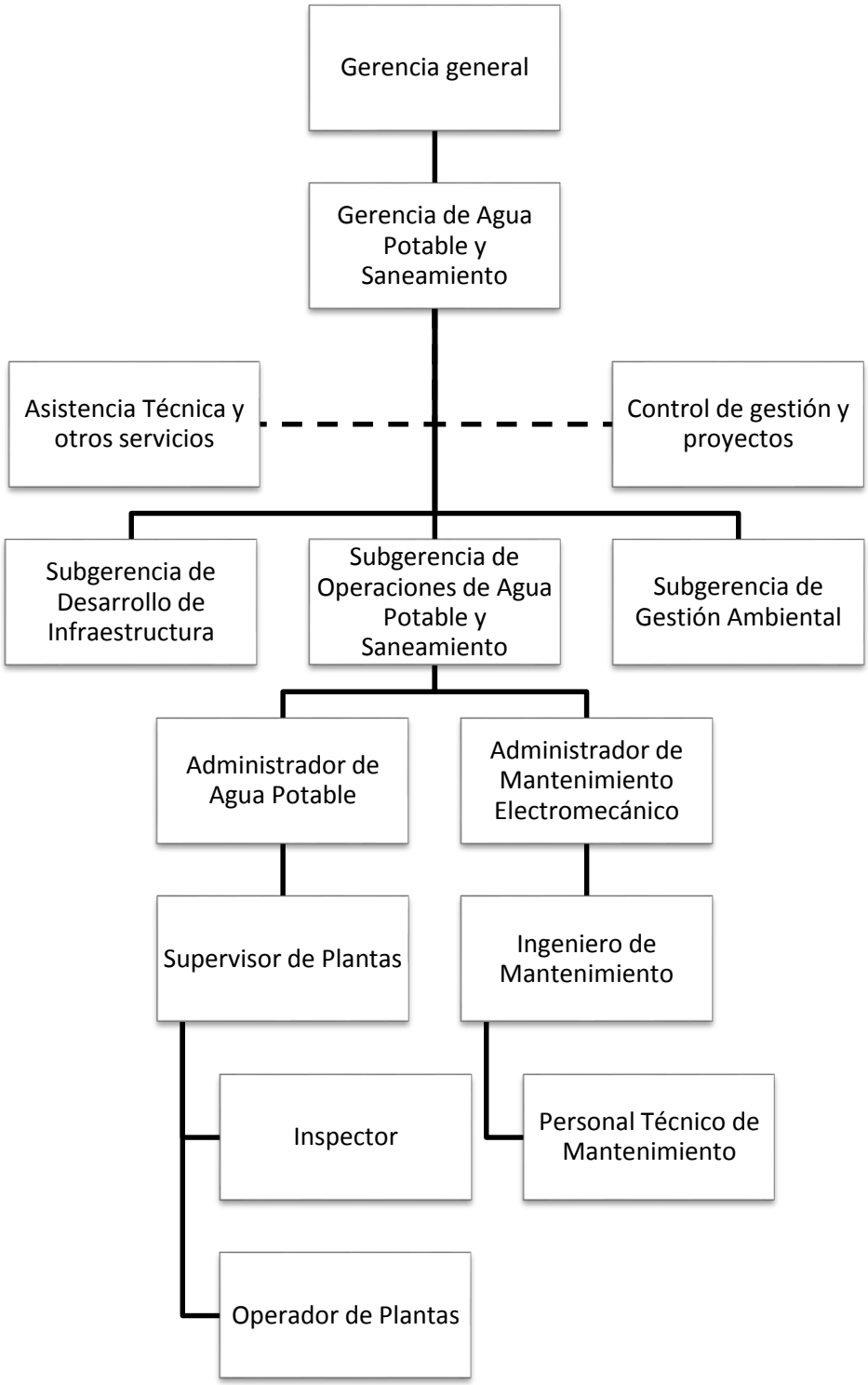



*Ilustración 32: Organigrama resumido de ETAPA EP.*

*Fuente: El Autor, basado en (ETAPA EP, 2016)*

## 4.3. Situación actual de la planta.

La Planta de tratamiento de agua potable de Culebrillas – San Pedro está bajo el control del Supervisor de la Planta de El Cebollar. Está ubicada en la parte noroccidental de la ciudad de Cuenca con una producción promedio de 150000 $m^3$ mensual, sirviendo hoy en día a aproximadamente a 25000 personas con una proyección de 50000 usuarios. Comenzó a abastecer de agua a la comunidad en octubre de 2014, es decir es una planta nueva.

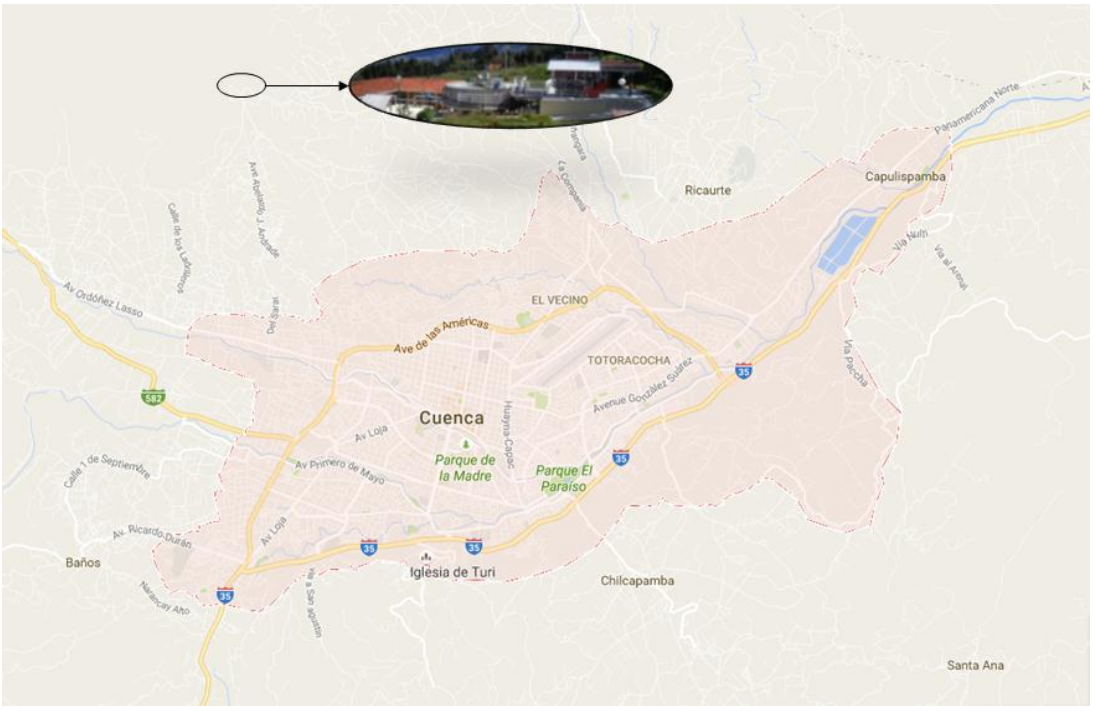



*Ilustración 33: Ubicación de la Planta de Culebrillas - San Pedro.*

*Fuente: El Autor.*

Debido a la automatización y cantidad de equipos y máquinas que esta planta tiene, es muy importante mantener un sistema de gestión bien alineado a las políticas de la empresa. En la actualidad no se tiene un plan de intervención de mantenimiento, ya sea electromecánico o civil, por lo que se ha creído conveniente implantar en esta planta un sistema de gestión apoyado en el TPM. La finalidad es que esta planta sea como un espejo para el resto de plantas, en donde se puedan reflejar y así eliminar los problemas tan comunes que se suelen dar.

Cabe mencionar que para desarrollar este proyecto se cuenta con la total aprobación por parte del supervisor de la planta de El Cebollar y de la administradora de mantenimiento electromecánico.

## 4.4. Desarrollo de la plataforma para implementación de TPM.

### 4.4.1. Promoción.

Estableceremos un grupo de trabajo principal, quienes estarán a la cabeza del proyecto. Al ser el lugar de aplicación del proyecto una planta relativamente pequeña, tanto el grupo de promoción como el organigrama de TPM estará conformado por pocos miembros. Este grupo está conformado por:

- Ing. Freddy Astudillo: Líder TPM
- Ing. Fernando García: Auditor TPM.
- Ing. Javier Vásconez: Supervisor de planta de El Cebollar.

### 4.4.2. Estructura organizativa.

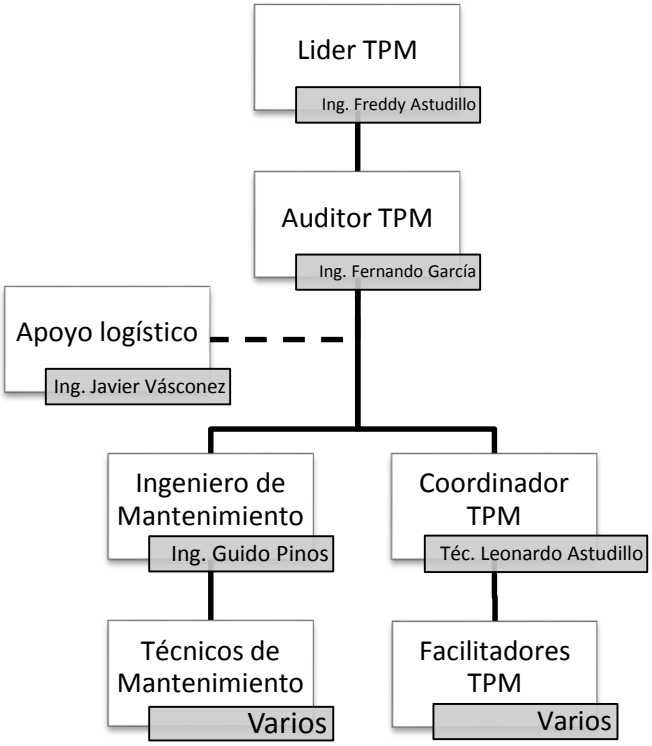



*Ilustración 34: Organigrama TPM.*

*Fuente: El Autor.*

El líder TPM es la persona sobre quien recae toda la responsabilidad del proyecto, de ella depende la correcta dirección y velocidad de implementación del proyecto. Esta persona debe conocer a cabalidad la filosofía que se pretende implementar. Puede ser interna en la empresa o externa de la misma.

El auditor TPM debe ser un experto en la materia, es quien guiará el trabajo de implementación de las herramientas y en todo momento estará atento de que las cosas se ejecuten de la mejor manera. Es recomendable que esta persona sea externa a la empresa ya que no podrá ser juez y parte del proyecto.

El apoyo logístico estará encargado en dar las facilidades para que la ejecución del proyecto fluya de una forma correcta, es necesario que esta persona sea interna en la empresa y tenga la suficiente autoridad como para dar facilidades en la implantación de las herramientas.

El ingeniero de mantenimiento será aquella persona que en conjunto con sus técnicos de mantenimiento plantearán, basados en la filosofía TPM, los planes de mantenimiento autónomo, planificado, predictivo y de calidad así como los sistemas visuales. Se recomienda que estas personas deben ser internas de la empresa, así sea que las tareas de mantenimiento se subcontrate.

El coordinador TPM es aquella persona que encabezará al grupo encargado en desarrollar y sostener las herramientas TPM como: mantenimiento autónomo, 5 S´s y Memo 3 GP.

Estos dos últimos grupos, tanto de mantenimiento como de coordinación de TPM, deben trabajar en conjunto, con la supervisión del líder TPM y del auditor TPM, para que la implantación de las herramientas se produzca de una forma correcta y eficiente.

### 4.4.3. Meta.

Realizar un plan de implantación de herramientas Lean, en la planta de tratamiento de agua potable de Culebrillas – San Pedro de ETAPA EP, con miras a la implementación de mantenimiento productivo total en la planta.

### 4.4.4. Objetivos.

1) Definir un organigrama TPM para la planta.
2) Impartir una inducción general de Lean – TPM al personal involucrado en la planta.
3) Establecer grupos de mejora continua entre los involucrados en la planta.
4) Crear un plan de trabajo generalizado de la implantación de las herramientas Lean.
5) Crear planes de trabajo individuales para cada una de las herramientas a ser implementadas.
6) Realizar un plan de implantación para cada una de las herramientas Lean.
7) Proponer recomendaciones para la ejecución de las herramientas en la planta.

### 4.4.5. Política.

La planta de tratamiento de agua potable de Culebrillas – San Pedro, es un referente para el resto de plantas pertenecientes a ETAPA EP en el manejo de herramientas Lean, enfocados en la mejora continua de los procesos, teniendo siempre como objetivo primordial la satisfacción de los requerimientos de nuestro cliente directo.

### 4.4.6. Plan de trabajo.

A continuación se plantea un Plan de trabajo general de TPM, en donde se identifican las fases de la primera etapa de la implementación de TPM que es la preparación. En los subcapítulos designados para cada herramienta se elaborará un plan de trabajo para cada una de las herramientas.

#### 4.4.6.1. Plan de trabajo general de TPM.

*Tabla 11: Plan de trabajo general de TPM.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE TPM BASADA EN LEAN | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **CRONOGRAMA** | | | | | | | | | | |
| | | | | | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** |
| **Promoción del TPM** | Establecer un grupo principal de trabajo que guiará toda la implantación. | 1. Analizar las personas que potencialmente formarían parte del grupo.<br>2. Designación de las personas que conforman el grupo con sus respectivos roles. | Materiales de oficina. | Líder TPM. | | | | | | | | | | | | |
| **Planteamiento de la meta, objetivos, políticas y plan de trabajo TPM.** | Establecer los lineamientos a seguir durante la implementación de las herramientas Lean. | 1. Realizar una reunión con el grupo principal de trabajo.<br>2. Definir la meta TPM.<br>3. Definir los objetivos.<br>4. Definir la política TPM.<br>5. Desarrollar un plan de trabajo general de TPM | Materiales de oficina. | Grupo principal de trabajo. | | | | | | | | | | | | |
| **Reconocimiento de la planta e identificar las herramientas a aplicarse.** | Identificar la zona o máquina en donde aplicar cada una de las herramientas. | 1. Inspección del estado actual de la empresa.<br>2. Levantar un Layout de la planta.<br>3. Determinar la zona o equipo en donde se aplicará cada herramienta. | Material de oficina.<br>Cámara fotográfica. | Grupo principal de trabajo. | | | | | | | | | | | | |
| **Nombrar a los miembros de mantenimiento y facilitadores TPM (Grupos Kaizen).** | Nombrar al ing. de mantenimiento, técnicos de mantenimiento, coordinador TPM y facilitadores TPM. | 1. Realizar una reunión con el grupo principal de trabajo.<br>2. Identificar a las personas idóneas para ocupar el lugar de miembro del organigrama.<br>3. Nombrar al personal elegido. | Materiales de oficina. | Grupo principal de trabajo. | | | | | | | | | | | | |
| **Capacitación** | Dar el conocimiento adecuado a cada uno de los integrantes del Grupo Kaizen para que puedan implementar adecuadamente las herramientas Lean. | 1. Impartir una charla de motivación a todo el personal.<br>2. Capacitar a los miembros de los grupos Kaizen de acuerdo a la herramienta designada. | Herramientas audiovisuales.<br>Computador. | Líder TPM | | | | | | | | | | | | |
| **Plan de acción de las herramientas a implementarse.** | Establecer una guía de implementación de cada herramienta. | 1. Establecer un plan de acción para cada herramienta. | Computador.<br>Materiales de oficina. | Grupo principal de trabajo. | | | | | | | | | | | | |
| **Ejecución de cada una de las herramientas Lean.** | Ejecutar cada una de las herramientas Lean teniendo como horizonte la implementación del TPM. | 1. Establecer el orden de implementación de las herramientas.<br>2. Ejecutar cada una de las herramientas de acuerdo a su procedimiento. | Herramientas varias. | Grupo Kaizen. | | | | | | | | | | | | |

#### 4.4.6.2. Reconocimiento de la planta.

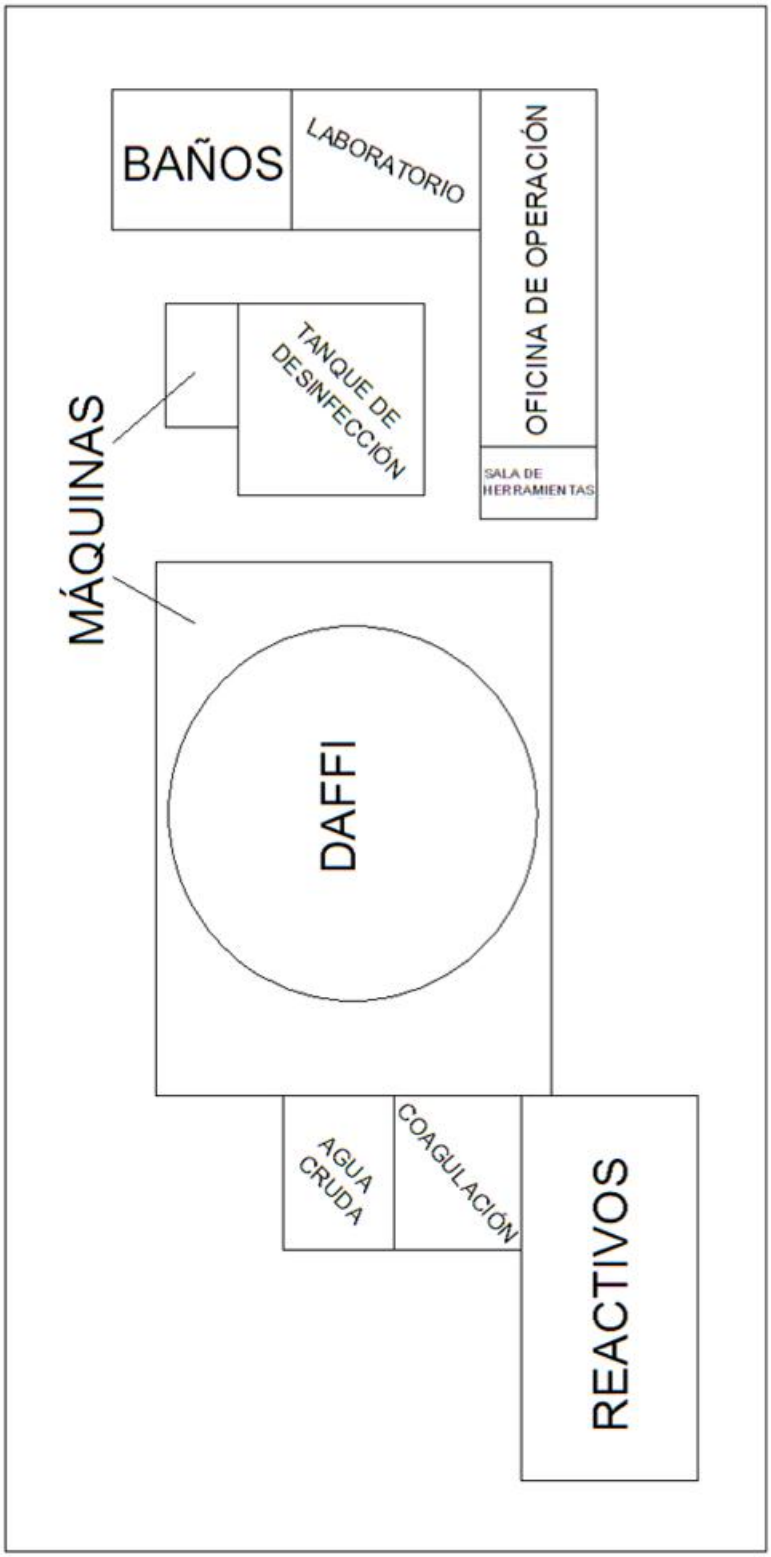



*Ilustración 35: Layout de la planta.*

*Fuente: Documentación de ETAPA EP.*

#### 4.4.6.3. Determinación de la zona o máquina con la herramienta respectiva.

Como finalidad didáctica se realizará la implementación de las herramientas en sólo algunas zonas o máquinas y no en la totalidad. Esto se debe a que el procedimiento es similar, con las particularidades propias de cada equipo. Luego de un análisis realizado por el grupo principal de trabajo, se ha visto la conveniencia de implementar las herramientas de acuerdo a la siguiente tabla.

*Tabla 12: Máquina vs. Herramienta.*

*Fuente: El Autor.*

| HERRAMIENTA | | ZONA | EQUIPO |
|---|---|---|---|
| ***5 S's: Orden y limpieza*** | | Reactivos | Toda la zona |
| ***Sistemas Visuales*** | ***Poka Yoke*** | DAFFI | Unidades de filtración |
| | ***ANDON*** | DAFFI | Carro puente |
| ***Memo 3 GP*** | | Toda la Planta | Toda la Planta |
| ***Mantenimiento Autónomo*** | | Máquinas | Compresor |
| ***Mantenimiento Planificado*** | | Máquinas | Bomba ADT |
| ***Mantenimiento Predictivo*** | | Máquinas | Bomba ADT |
| ***Mantenimiento de Calidad*** | | Tanque de desinfección | Instrumentación |

#### 4.4.6.4. Designar a los integrantes de los grupos Kaizen.

Para lo concerniente a mantenimiento se ha creído conveniente ponerlo a la cabeza al ingeniero de mantenimiento electromecánico de ETAPA EP. Para designar al coordinador de herramientas TPM se ha elegido a la persona de operación más idónea de acuerdo a un análisis realizado por el grupo principal de trabajo. Habrá dos grupos de trabajo guiados por las cabezas de grupo mencionadas. Los grupos quedan establecidos como sigue.

*Tabla 13: Integrantes del grupo Kaizen de mantenimiento.*

*Fuente: El Autor.*

| MANTENIMIENTO | |
|---|---|
| Ing. Guido Pinos<br>Tnlgo. Hugo Centeno<br>Técn. Rafael Cabrera | Sistemas Visuales |
| | Mantenimiento Planificado |
| | Mantenimiento Predictivo |
| | Mantenimiento de Calidad |

*Tabla 14: Integrantes del grupo Kaizen de operación.*

*Fuente: El Autor.*

| OPERACIÓN | |
|---|---|
| Leonardo Astudillo<br>Jorge Morocho | 5 S's: Orden y limpieza |
| Leonardo Astudillo<br>Carlos Ávila<br>Manuel Bravo<br>Daniel Chávez<br>Jorge Guambaña<br>Alberto Montaño<br>Jorge Morocho | Memo 3 GP |
| Leonardo Astudillo<br>Jorge Morocho | Mantenimiento Autónomo |

#### 4.4.6.5. Capacitación.

Ahora que se encuentra formado el grupo total de trabajo, es hora de realizar las capacitaciones pertinentes. Para ello nos valdremos del capítulo 2 y 3 de este trabajo. El capítulo 2 será dado a conocer a todos los involucrados, tanto del grupo de mantenimiento como el de operación. Para el capítulo 3, los grupos serán divididos de acuerdo a las herramientas que les corresponda de acuerdo a la tabla anterior. Estas charlas serán impartidas por el líder TPM y formarán parte de los planes de acción de cada herramienta.

Todas las capacitaciones deben seguir un lineamiento muy importante que es la mejora continua cuyo concepto lo deben tener presente en todo momento.

#### 4.4.6.6. Plan de acción e implantación para cada herramienta Lean.

De la misma manera que se realizó un plan de trabajo general para el TPM, se debe realizar un plan de acción para cada una de las herramientas a implementar. En los asuntos que se tratará en el subtema 4.5, que se refiere a la implantación, para cada herramienta se construirá un plan de acción.

### 4.4.7. Lanzamiento.

El lanzamiento se lo realizará en la planta misma. Se convocará a una reunión con todo el personal de la planta, supervisor de la planta de El Cebollar, personal de mantenimiento electromecánico y delegados de nuestro cliente directo que es distribución. Además se invitará a supervisores de otras áreas para generar curiosidad e interés por esta metodología y en un futuro se la pueda implantar en otras plantas. Por último se tendrá la presencia de un delegado de la subgerencia de agua potable y saneamiento.

Para motivar a los presentes se tendrá afiches informativos, pancartas y material audiovisual presentado por el líder TPM y el supervisor de la planta de El Cebollar.

## 4.5. Implementación.

Para poder implementar cada una de las herramientas propuestas, se ha creado un plan de acción respectivamente. En las siguientes páginas se muestra dicho plan y el planteamiento del desarrollo. Este desarrollo es un supuesto ya que no se lo ha realizado aún, pero servirá de guía para ahorrarnos un poco de trabajo cuando se lo lleve a cabo. Cabe aclarar que el desarrollo puede variar de acuerdo a decisiones que se puedan tomar en ese entonces.

### 4.5.1. Plan de acción para 5 S´s.

*Tabla 15: Plan de acción para 5 S´s.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE 5 S´s | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **CRONOGRAMA** | | | | | | | |
| | | | | | **Dic** | | | | **Ene** | | | |
| | | | | | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | 2 | 3 | 4 |
| ***CAPACITACION*** | Dar a conocer al personal de la planta el procedimiento para implementar las 5 S´s y sus beneficios dentro de la planta. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación a todo el personal de la planta.<br>3. Obtener el compromiso del personal. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM | | | | | | | | |
| ***SELECCIÓN DE LA SECCION PILOTO PARA LA IMPLEMENTACION*** | Determinar el área en donde se va a implementar el plan piloto. | 1. El grupo Kaizen recorrerá la planta.<br>2. Por consenso se elegirá la sección adecuada. | Layout de la planta. | Líder TPM<br>Auditor TPM<br>Supervisor de planta | | | | | | | | |
| ***DETERMINACION DE LA SITUACION ACTUAL*** | Establecer las condiciones actuales del área de estudio y recolectar la información necesaria que nos sirva para el análisis de resultados | 1. Determinar el ángulo adecuado para tomar fotografías y videos.<br>2. Tomar fotografías/videos del área seleccionada.<br>3. Colocar la fecha de toma de la fotografía/video. | Cámara fotográfica y de video. | Líder TPM<br>Auditor TPM<br>Supervisor de planta<br>Ingeniero de mantenimiento<br>Coordinador TPM | | | | | | | | |
| ***SEIRI CLASIFICAR*** | Identificar y separar los materiales, herramientas, elementos, etc. que son necesarios de los que no lo son. | 1. Identificar lo innecesario.<br>2. Hacer una lista de lo innecesario.<br>3. Establecer un criterio para descartar los innecesarios.<br>4. Eliminar los innecesarios de acuerdo al criterio establecido.<br>5. Documentar lo realizado con fotografías/videos. | Material de oficina.<br>Tarjeta roja.<br>Contenedores. | Líder TPM<br>Coordinador TPM<br>Facilitadores TPM | | | | | | | | |
| ***SEITON ORDENAR*** | Determinar un lugar para cada artículo, adecuado a las rutinas de trabajo, listos para utilizarse y con su debida señalización. | 1. Identificar un lugar para cada cosa.<br>2. Rotular la zona.<br>3. Ubicar cada cosa en su lugar.<br>4. Organizar los materiales para que el primero que entre sea el primero en salir.<br>5. Usar el criterio: fácil de ver, fácil de acceder, fácil de retornar. | Códigos de color.<br>Señalización<br>Mapa 5 S´s | Líder TPM<br>Auditor TPM<br>Supervisor de planta<br>Ingeniero de mantenimiento<br>Técnicos de mantenimiento<br>Coordinador TPM<br>Facilitadores TPM | | | | | | | | |
| ***SEISO LIMPIEZA*** | Establecer una metodología de limpieza que evite que el área de trabajo se ensucie. | 1. Identificarlos materiales necesarios y adecuados para la limpieza del área de trabajo.<br>2. Asignar un lugar adecuado y funcional a cada artículo utilizado para mantener limpia el área de trabajo.<br>3. Preparar el manual de procedimientos y responsables de limpieza.<br>4. Implementar las actividades de limpieza como rutina.<br>5. Establece métodos de prevención que evita que se ensucie el área. | Check list de inspección y limpieza.<br>Layout de limpieza.<br>Tabla de responsabilidad.<br>Materiales de limpieza. | Líder TPM<br>Supervisor de planta<br>Ingeniero de mantenimiento<br>Técnicos de mantenimiento<br>Coordinador TPM<br>Facilitadores TPM | | | | | | | | |
| ***SEIKETSU ESTANDARIZACION*** | Desarrollar condiciones de trabajo que eviten retrocesos en las primeras tres S "Todo igual siempre". | 1. Estandarizar los procedimientos preparados.<br>2. Publicarlos en tableros visibles para todos. | Material de oficina.<br>Carteleras de estándares. | Coordinador TPM<br>Facilitadores TPM | | | | | | | | |
| ***SHITSUKE AUTODISCIPLINA*** | Convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo | 1. Hacer visible los resultados de las 5 S´s.<br>2. Las fotografías/videos deben ser tomadas desde el mismo ángulo.<br>3. Promover las 5S en toda la planta mediante esquemas promocionales.<br>4. Provocar la participación de todos en la generación de ideas para fomentar y mejorar la disciplina en las 5 S´s. | Cámara fotográfica.<br>Carteleras de antes y después. | Líder TPM<br>Supervisor de planta<br>Ingeniero de mantenimiento<br>Técnicos de mantenimiento<br>Coordinador TPM<br>Facilitadores TPM | | | | | | | | |
| ***AUDITORÍA 5 S´s*** | Realizar el seguimiento de la implementación de metodología 5 S´s. | 1. Elaborar una lista de verificación de 5 S´s.<br>2. Programar la auditoría de 5 S´s.<br>3. Ejecutar la auditoría de 5 S´s.<br>4. Desarrollar la mejora continua. | Lista de chequeos para auditoría 5 S´s.<br>Lista de chequeo para seguimiento 5 S´s. | Líder TPM<br>Audito TPM | | | | | | | | |

#### 4.5.1.1. Capacitación.

En primer lugar se debe realizar la invitación al personal al que se va a capacitar. Para realizar la capacitación nos ayudaremos del tema 3.3.1.3. Para ello nos podemos ayudar de herramientas audiovisuales y la presentación de preferencia se debe realizar en la sala de reuniones de la propia planta.

#### 4.5.1.2. Selección de la sección piloto.

Luego del recorrido de la planta, se vio necesaria la implementación de estándares de orden y limpieza en la sección de reactivos. El área de reactivos, aloja en ella algunos químicos como son: Sulfato de aluminio, polielectrolito, cal y cloro gas. De ellos el sulfato es ligeramente corrosivo y el cloro es sumamente tóxico. Además el apilamiento de estos se los realiza de una manera no muy técnica y se nota la presencia de suciedad de algunos tipos.

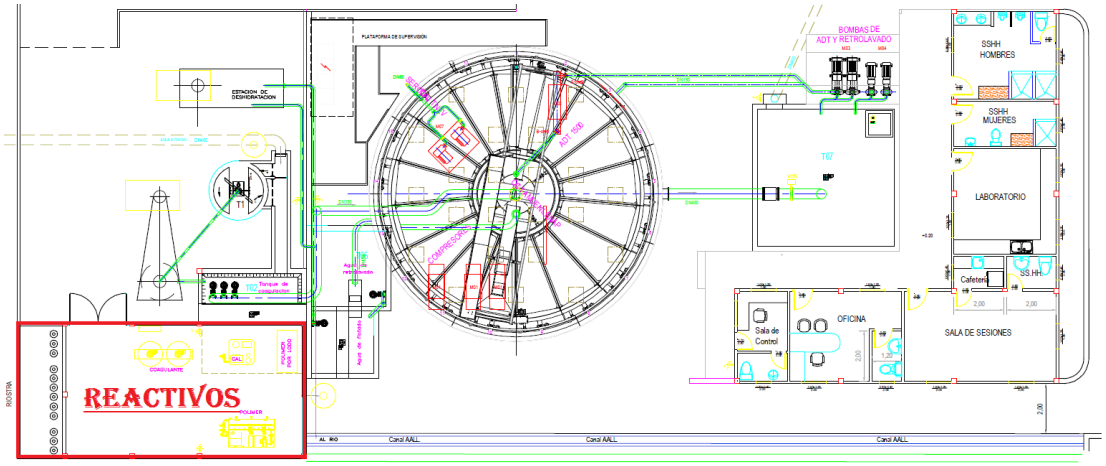



*Ilustración 36: Ubicación de la sección de Reactivos*

*Fuente: El Autor.*

#### 4.5.1.3. Determinación de la situación actual.

Al día 12 de diciembre de 2016 se puede observar lo siguiente:

- Aunque existe señalización, esta no es suficiente, falta rombos de seguridad, delimitación en el piso, etc.
- Se encuentra residuos por todos lados, proveniente de los químicos utilizados.
- Hay elementos inservibles dispersos por el lugar.

- Está instalada una manguera de forma antiestética.
- Existen fugas de líquido que se empoza en el piso.
- Algunas bases son biodegradables, por lo que con el tiempo tenderán a podrirse.
- El área en general necesita de limpieza.

*Ilustración 37: Evidencia antes de las 5 S´s.*

*Fuente: El Autor.*

Para el desarrollo de las 5 S´s, se dará propuestas que luego el Líder TPM lo implementará junto al grupo Kaizen formado. Para ello se ha creado una tabla (tabla 18) en la que se puede observar una imagen y las acciones a tomar para cada una de las 5 S´s. En los siguientes subtemas se presentarán los formatos a utilizar y por último se presentará la tabla mencionada.

### 4.5.1.4. Primera S: Seiri (Clasificar).

*Tabla 16: Formato de listado de Tarjeta Roja.*

*Fuente: El Autor.*

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| | |
|---|---|
| Versión: | |
| Fecha: | |

**LISTADO DE TARJETA ROJA**

| No. | Área | Descripción | Categoría | Cantidad | Criterio |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | |
|---|---|
| Área: | Agua Cruda (Ac) |
| | Reactivos (Ra) |
| | Coagulación (Cg) |
| | DAFFI (D) |
| | Desinfección (Di) |
| | Máquinas (Mq) |
| | Baños (Bñ) |
| | Laboratorio (Lb) |
| | Oficina (Of) |
| | Sala de herramientas (Sh) |

| | |
|---|---|
| Categoría: | Equipo (Eq) |
| | Herramienta (Hrta) |
| | Instrumento (In) |
| | Consumible (Con) |
| | Materia Prima (Mp) |
| | Otro (O…) |

| | |
|---|---|
| Criterio: | Agrupar por separado (As) |
| | Eliminar ( El) |
| | Reubicar (Ru) |
| | Repara (Rp) |
| | Reciclar (Rc) |
| | Otro (O…) |

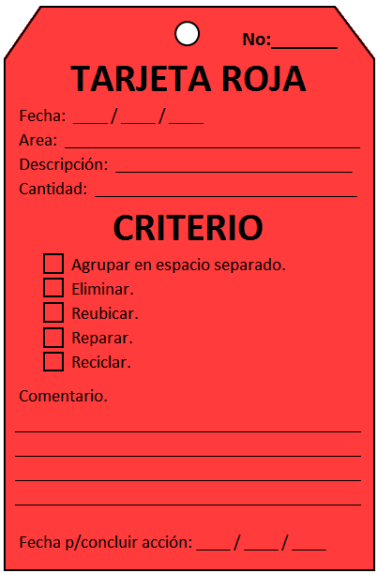



*Ilustración 38: Formato de Tarjeta Roja.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.1.5. Segunda S: Seiton (Ordenar).

Para organizar de una forma técnica se utilizarán los siguientes elementos.

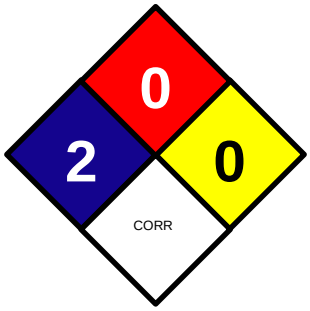



*Ilustración 39: Rombo de seguridad de Sulfato para Aluminio.*

*Fuente: NFPA.*

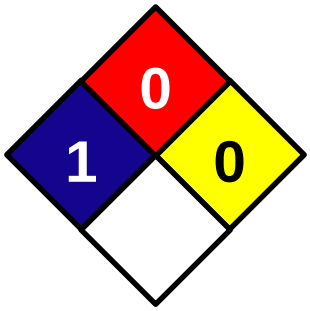



*Ilustración 40: Rombo de seguridad para Polímero.*

*Fuente: NFPA.*

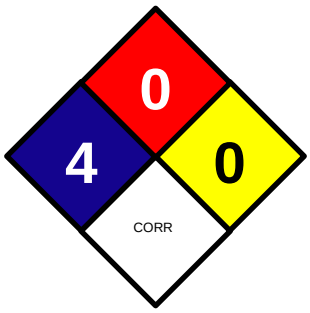



*Ilustración 41: Rombo de seguridad para Cloro Gas.*

*Fuente: NFPA.*

*Tabla 17: Colores de seguridad y su significado.*

*Fuente: El Autor basado en (NTE INEN 0439, 1984)*

| COLOR | SIGNIFICADO | EJEMPLO DE USO |
|---|---|---|
| | Alto<br>Prohibición | Señal de parada Signos de prohibición Este color se usa también para prevenir fuego y para marcar equipo contra incendio y su localización. |
| | Atención<br>Cuidado<br>Peligro | Indicación de peligros (fuego, explosión, envenenamiento, etc.) Advertencia de obstáculos. |
| | Seguridad | Rutas de escape, salidas de emergencia, estación de primeros auxilios. |
| | Acción obligada *)<br>información | Obligación de usar equipos de seguridad personal.<br>Localización de teléfono. |
| *) El color azul se considera color de seguridad sólo cuando se utiliza en conjunto con un círculo. | | |

### 4.5.1.6. Tercera S: Seiso (Limpiar).

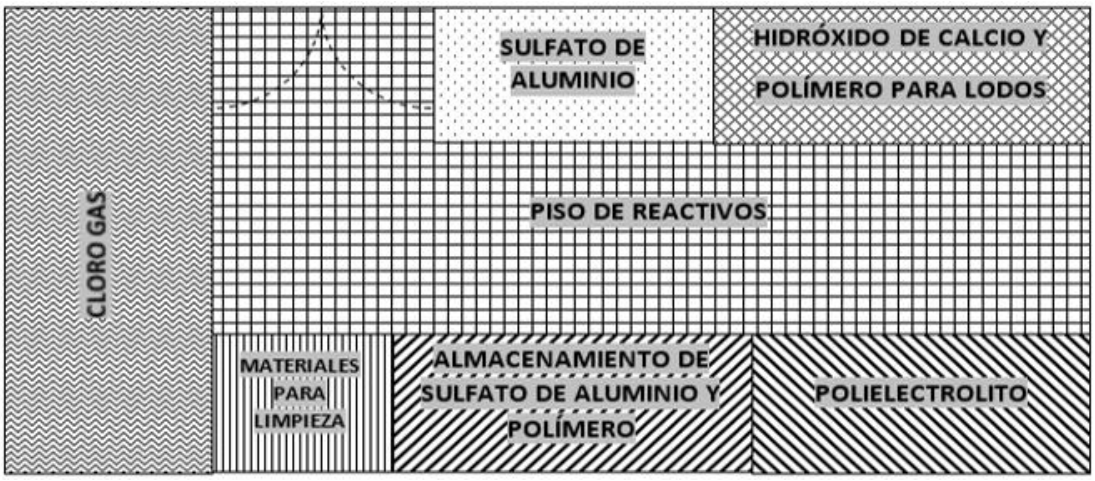



*Ilustración 42: Mapa de 5 S´s.*

*Fuente: El Autor.*

*Tabla 18: Responsable de limpieza por áreas.*

*Fuente: El autor.*

| ETAPA EP<br>EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Versión: | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Fecha: | |
| **ÁREA** | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ***Cloro gas*** | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM |
| ***Sulfato de aluminio*** | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM |
| ***Hidróxido de calcio y polímero para lodos*** | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG |
| ***Polielectrolito*** | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC |
| ***Almacenamiento de sulfato de aluminio y polímero*** | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB |
| ***Materiales de limpieza*** | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA |
| ***Piso de reactivos*** | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA | CA | MB | DC | JG | AM | JM | LA |

*Tabla 19: Materiales de limpieza para la zona de reactivos.*

*Fuente: El Autor.*

| ÁREA | MATERIALES DE LIMPIEZA |
|---|---|
| ***Cloro gas*** | Escoba, brocha wipe, agua.<br>*No usar solventes.* |
| ***Sulfato de aluminio*** | Trapeador, wipe, agua. |
| ***Hidróxido de calcio y polímero para lodos*** | Trapeador wipe, agua.<br>*Para el equipo de polímero no usar wipe húmedo.* |
| ***Polielectrolito*** | Trapeador wipe, agua.<br>*Para el equipo de polímero no usar wipe húmedo.* |
| ***Almacenamiento de sulfato de aluminio y polímero*** | Escoba, trapeador.<br>*Tener cuidado de no salpicar agua a los sacos con químicos.* |
| ***Materiales de limpieza*** | Agua, detergente, aire comprimido |
| ***Piso de reactivos*** | Trapeador, wipe, agua |

### 4.5.1.7. Cuarta S: Seiketsu (Estandarizar).

Para llevar a cabo la cuarta de las 5 S´s, se debe publicar los formatos presentados en las cuatro S´s anteriores, además de utilizar los colores de seguridad para delimitar áreas. De esto se hablará en la tabla 18.

### 4.5.1.8. Quinta S: Shitsuke (Autodisciplina).

En este punto se verán los resultados, lo que ayudará a motivar al personal a mantener la herramienta de las 5 S´s en el futuro. Los resultados serán publicados en una cartelera al ingreso de la sala de reactivos. Ver más en la tabla de auditoría de 5 S´s.

### 4.5.1.9. Auditoría 5 S´s.

*Tabla 20: Formato para auditoría 5 S´s (ejemplo).*

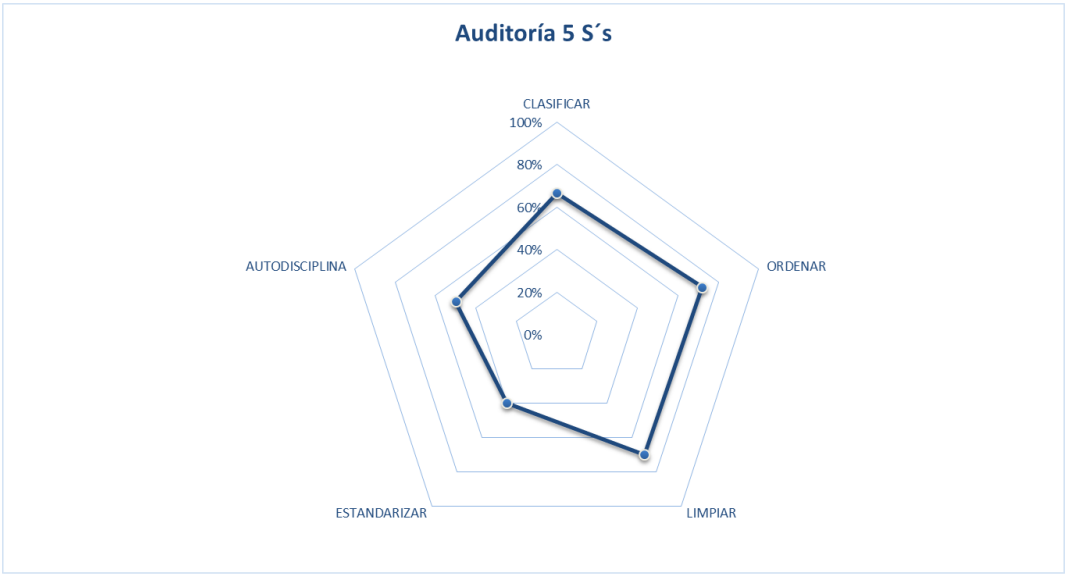
*Fuente: El Autor.*

| AUDITORÍA 5 S´s | | |
|---|---|---|
| ETAPA EP | Versión: | |
| | Fecha: | |
| | Área auditada: | |
| | Auditor: | |

| Criterios de evaluación<br>1=Muy malo 2=Malo 3=Intermedio 4=Bueno 5=Muy bueno | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CATEGORÍA** | **DESCRIPCIÓN** | **CALIFICACIÓN** | **OBSERVACIONES** | |
| **CLASIFICAR**<br>Conservar solo lo necesario. | ¿Hay elementos innecesarios en el lugar de trabajo? | 2 | | |
| | ¿Existen materiales defectuosos en el área auditada? | 3 | | |
| | ¿Las zonas de tránsito se encuentran bloqueadas? | 5 | | |
| | ***SUMA*** | 10 | 15 | 67% |
| **ORDENAR**<br>Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. | ¿Existe un lugar delimitado para cada cosa? | 4 | | |
| | ¿Se encuentra cada cosa en su lugar? | 3 | | |
| | ¿Están delimitadas las zonas? | 5 | | |
| | ¿Hay materiales fuera del alcance de los usuarios? | 2 | | |
| | ¿La materia prima está organizada para que la primera que entra sea la primera que sale? | 4 | | |
| | ***SUMA*** | 18 | 25 | 72% |
| **LIMPIAR**<br>Mantener en óptimas condiciones el área de trabajo. | ¿Se tienen identificados los materiales de limpieza? | 4 | | |
| | ¿Se tiene un mapa de limpieza? | 3 | | |
| | ¿Se tiene establecido responsables de limpieza por área? | 5 | | |
| | ¿Se encuentra la zona libre de suciedad? | 2 | | |
| | ***SUMA*** | 14 | 20 | 70% |
| **ESTANDARIZAR**<br>Trabajo rutinario. | ¿El personal conoce sus responsabilidades? | 0 | | |
| | ¿Se realizan las acciones de orden y limpieza de forma repetitiva? | 5 | | |
| | ¿Se mantiene uniformidad en señalización? | 2 | | |
| | ¿Los depósitos para desperdicios se encuentran disponibles? | 1 | | |
| | ***SUMA*** | 8 | 20 | 40% |
| **AUTODISCIPLINA**<br>Hábito de orden y limpieza. | ¿El personal ha recibido capacitación sobre 5 S´s? | 3 | | |
| | ¿Se aplica constantemente las técnicas de orden y limpieza? | 4 | | |
| | ¿Se respeta la señalización dispuesta? | 2 | | |
| | ¿Los desperdicios se encuentran bien ubicados y ordenados? | 1 | | |
| | ***SUMA*** | 10 | 20 | 50% |

| | |
|---|---|
| Puntos posibles (pp): | 100 |
| Puntos obtenidos (po): | 60 |
| Calificación (100*po/pp): | **60%** |

| |
|---|
| Regular |
| > 50 % |
| Bien |
| > 70 % |
| Excelente |
| > 90 % |



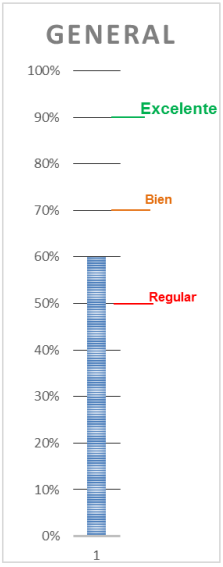




*Ilustración 43: Gráficas de auditoría 5 S´s.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.1.10. Propuestas para 5 S´s.

*Tabla 21: Propuestas para 5 S´s.*

*Fuente: El Autor.*

| PROPUESTA PARA 5 S´s | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **IMAGEN** | **PRIMERA S: SEIRI – CLASIFICAR** | **SEGUNDA S: SEITON - ORDENAR** | **TERCERA S: SEISO - LIMPIAR** | **CUARTA S: SEIKETSU - ESTANDARIZAR** | **QUINTA S: SITSUKE - AUTODISCIPLINA** |
| | • Hay sacos vacíos en la zona.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es reciclar. | • Las bases son de madera, cambiarlas por cemento.<br>• Delimitar el piso con pintura de color amarillo alrededor del área de almacenamiento de reactivos.<br>• Colocar letreros en la pared indicando que reactivo va en cada lugar.<br>• Ubicar los sacos de tal manera que los primeros en llegar sean los primeros en salir. | • Adecuar un lugar para los materiales de limpieza de acuerdo al mapa de 5 S´s.<br>• Utilizar la tabla de responsabilidad de limpieza.<br>• Tomar en cuenta la tabla de materiales para la limpieza.<br>• Hacer conciencia que no es más limpio el que más barre sino el que menos ensucia. | • Socializar los formatos elaborados.<br>• Indicar las responsabilidades a cada uno de los involucrados.<br>• Publicar los formatos en un tablero al ingreso de la sala de reactivos. | • Tomar fotografías de las condiciones luego de aplicar las 5 S´s.<br>• Publicar las fotografías en el tablero al ingreso de la sala de reactivos.<br>• Incentivar al personal a que den ideas para mejorar. |
| | • Se observan cilindros de cloro gas mal ubicados.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es reubicar.<br>• Hay un impermeable colgado.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es reubicar. | • Delimitar el piso con pintura de color amarillo alrededor de cada sistema de dosificación.<br>• Delimitar el piso con pintura de color amarillo alrededor del área de limpieza.<br>• Colocar letreros en la pared indicando que material va en cada lugar.<br>• Instalar de una forma más técnica la manguera de agua. | | | |
| | • Hay un saco con polímero en el piso.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es reubicar. | • Colocar un letrero que indique de que reactivo se trata.<br>• Colocar un rombo de seguridad.<br>• Ubicar un letrero de piso resbaloso.<br>• Instalar cintas antideslizantes en el piso.<br>• Realizar un canal de desfogue para el agua del piso. | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | • Hay un tramo de tubería apoyada en la pared.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es eliminar. | • Colocar un letrero que indique de que reactivo se trata.<br>• Colocar un rombo de seguridad.<br>• Realizar una instalación decente para la dosificación.<br>• Realizar un agujero de desfogue para el agua. | • Adecuar un lugar para los materiales de limpieza de acuerdo al mapa de 5 S´s.<br>• Utilizar la tabla de responsabilidad de limpieza.<br>• Tomar en cuenta la tabla de materiales para la limpieza.<br>• Hacer conciencia que no es más limpio el que más barre sino el que menos ensucia. | • Socializar los formatos elaborados.<br>• Indicar las responsabilidades a cada uno de los involucrados.<br>• Publicar los formatos en un tablero al ingreso de la sala de reactivos. | • Tomar fotografías de las condiciones luego de aplicar las 5 S´s.<br>• Publicar las fotografías en el tablero al ingreso de la sala de reactivos.<br>• Incentivar al personal a que den ideas para mejorar. |
| | • Hay un saco de polímero en el área.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es eliminar.<br>• Hay un tramo de tubería en el piso.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es eliminar. | • Realizar una disposición más técnica de las tuberías de dosificación.<br>• Colocar un rombo de seguridad.<br>• Disponer un lugar para almacenamiento de cilindros llenos y vacíos y diferenciarlos.<br>• Delimitar el piso con pintura de color amarillo alrededor de cada sistema de dosificación. | | | |
| | • Se encuentran unos soportes colgados.<br>• Utilizar una tarjeta roja.<br>• El criterio es reubicar.<br>• Hay algunos empaques de plomo usados.<br>• Aplicar una tarjeta roja.<br>• El criterio es reciclar. | • Colocar un depósito para los empaques usados y otro para los nuevos.<br>• Colocar un rombo de seguridad. | | | |

### 4.5.2. Plan de acción para Sistemas Visuales.

*Tabla 22: Plan de acción para Sistemas Visuales.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS VISUALES | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **CRONOGRAMA** | | | | | | | | | |
| | | | | | **Ene** | | | | **Feb** | | | | | |
| | | | | | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | | |
| ***CAPACITACIÓN*** | Dar a conocer al personal de la planta los principios de sistemas visuales, su aplicación y funciones. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación a todo el personal de la planta.<br>3. Obtener el compromiso del supervisor de planta. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM. | | | | | | | | | | |
| ***SELECCIONAR LA MÁQUINA/SECCIÓN*** | Identificar la máquina o sección adecuada para la implementación de sistemas visuales. | 1. El grupo Kaizen recorrerá la planta.<br>2. Analizar cuál es la máquina o sección que requiere mayor control.<br>3. Analizar cuál es la máquina o sección que presenta mayor probabilidad de errores humanos.<br>4. Analizar cuál es la máquina o sección con mayores errores técnicos.<br>5. Decidir a cual máquina o sección aplicar sistemas visuales. | Layout de la planta. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Supervisor de planta. | | | | | | | | | | |
| ***DOCUMENTAR LA SITUACIÓN ACTUAL*** | Reconocer la situación en la que se encuentra actualmente la máquina o sección de acuerdo a sistemas visuales. | 1. Tomar fotografías/videos del área seleccionada.<br>2. Crear históricos de errores humanos y fallas técnicas.<br>3. Describir causas de pérdida de tiempos debido a falta de señalización. | Cámara fotográfica y de video.<br>Históricos de calidad.<br>Históricos de producción.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Supervisor de planta.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Coordinador TPM. | | | | | | | | | | |
| ***ANALIZAR LA FACTIBILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS VISUALES*** | Confirmar la factibilidad de la implementación de sistemas visuales en las máquinas/sección identificadas. | 1. Estudiar la forma de sistema visual a ser aplicada.<br>2. Determinar la factibilidad de implementación de las herramientas.<br>3. Proponer alternativas.<br>4. De no ser factible, determinar otra máquina o sección. | Material de oficina.<br>Catálogos.<br>Layout de la planta. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Supervisor de planta.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Coordinador TPM. | | | | | | | | | | |
| ***IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA POKA YOKE*** | Eliminar las pérdidas por defectos humanos mediante la aplicación de sistemas Poka Yoke. | 1. Identificar el tipo de error a atacar.<br>2. Identificar el lugar del proceso en el que se da el defecto.<br>3. Describir el procedimiento a detalle, identificando en que elemento se produce el defecto.<br>4. Identificar las posibles causas que producen el defecto.<br>5. Identificar las posibilidades de dispositivos Poka Yoke a utilizar para combatir el error.<br>6. Implementar el Poka Yoke determinado. | Material de oficina.<br>Catálogos.<br>Layout de la planta. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento. | | | | | | | | | | |
| ***IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ANDON*** | Eliminar las pérdidas por defectos causados por las máquinas y reacción tardía del operador, mediante la aplicación de sistemas ANDON. | 1. Identificar el tipo de defecto.<br>2. Identificar el lugar del proceso en el que se da el defecto.<br>3. Identificar las posibles causas que producen el defecto.<br>5. Identificar las posibilidades de dispositivos ANDON a utilizar para combatir el defecto.<br>6. Implementar el sistema ANDON determinado. | Material de oficina.<br>Catálogos.<br>Layout de la planta. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento. | | | | | | | | | | |
| ***ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO*** | Redactar un procedimiento de uso de los sistemas visuales implementados y cómo reaccionar ante ellos. | 1. Documentar los sistemas implementados.<br>2. Describir cómo funcionan los sistemas implementados.<br>3. Describir la respectiva respuesta a los sistemas implementados.<br>4. Socializar al personal sobre los sistemas implementados. | Material de oficina.<br>Herramientas audiovisuales. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | | | |
| ***SEGUIMIENTO DE SISTEMAS VISUALES*** | Realizar el seguimiento de los sistemas visuales implementados. | 1. Desarrollar estadísticas de errores y defectos en las máquinas o secciones seleccionadas.<br>2. Comparar las estadísticas actuales con las de antes de implementar los sistemas visuales.<br>3. Desarrollar la mejora continua. | Material de oficina.<br>Carteleras de antes y después. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Supervisor de Planta. | | | | | | | | | | |

#### 4.5.2.1. Capacitación.

El primer paso para la implementación es la capacitación, esta se la debe hacer al grupo establecido de mantenimiento. Para esto nos ayudaremos del subcapítulo 3.3.1.4 de este documento, con el apoyo de herramientas audiovisuales y de ser posible en la sala de reuniones de la misma planta para que resulte más didáctica la charla.

#### 4.5.2.2. Selección de la máquina o sección.

El grupo principal de TPM ha recorrido la planta junto con los operadores identificando los lugares que requieren mantener controlado todo el tiempo y los elementos que presentan mayor número de confusiones al operario. Se ha llegado a las siguientes conclusiones.

En primer lugar, los operarios han comentado que hay ocasiones que necesitan lavar un filtro específico, para ello requieren saber el número de filtro al que se refieren y suelen haber confusiones y por ende realizan el lavado de otra unidad de filtrado. De igual manera, hay tres tuberías que se conectan a cada filtro, cada una con una válvula por filtro. En ocasiones se ha reportado fallas dando información equívoca de la válvula de la que se trata lo que produce pérdida de tiempo del personal de mantenimiento. Es por estos motivos que se ha decidido aplicar sistemas Poka Yoke en las unidades de filtración y las tuberías que en ellas se conectan, con la finalidad de evitar confusiones.

Por otro lado, se ha notado que se dan ocasiones en las que el carro puente se detiene por algunas razones. El problema cuando esto ocurre es que el floc flotante no es retirado de la superficie del agua, además de que no se realizarán los lavados de las unidades de filtración. Debido a esto, se ha decidido implementar una alarma luminosa y sonora para cuando el carro puente se detenga de forma anormal.

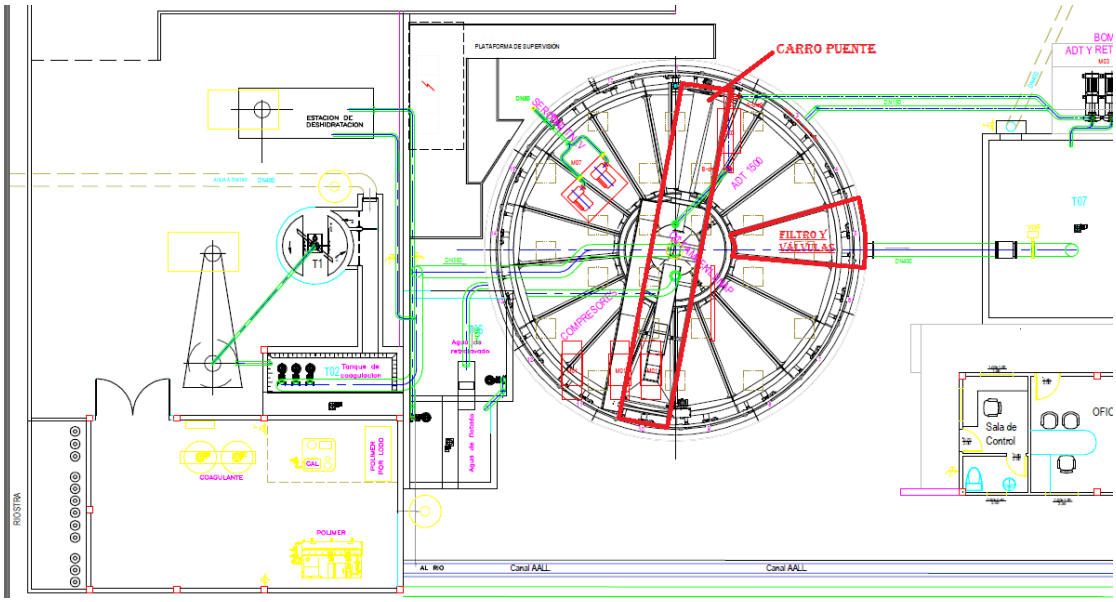



*Ilustración 44: Ubicación de filtros y carro puente.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.2.3. Documentar la situación actual.

- Las unidades de filtración no se encuentran numeradas.
- Las tuberías no se encuentran rotuladas con el tipo de fluido que conducen y la dirección de flujo.
- Las válvulas no se encuentran identificadas de acuerdo al fluido que transporta.
- No existe señalización que indique el paro del carro puente.

*Ilustración 45: Condición actual de los filtros y carro puente.*

*Fuente: El Autor.*

#### 4.5.2.4. Factibilidad de las herramientas visuales.

En el caso de los Poka Yokes, se pretende utilizar rotulación para identificar cada uno de los filtros. Esta rotulación será de tipo adhesivo e irá colocado en cada unidad de filtración de un tamaño razonablemente grande para que pueda ser apreciado desde cualquier parte de la planta. Además se utilizará rotulación del mismo tipo para identificar cada una de las tuberías, válvulas y el sentido de flujo. Para realizar esta aplicación no hay ninguna causa que impida llevarla a cabo.

Para la implementación de sistemas ANDON, se piensa colocar un sensor de movimiento en el carro puente el cual nos dispare una alarma cuando este deje de moverse. Esta alarma será lumínica y sonora y se la colocará en el centro del DAFFI para que pueda ser vista y escuchada desde cualquier parte de la planta. Para ello se cuenta con el espacio y los recursos necesarios.

#### 4.5.2.5. Implementación del Poka Yoke.

*Tabla 23: Problemas presentados en los filtros.*

*Fuente: El autor, basado en el parte de operación.*

| FECHA | DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | CAUSA DEL PROBLEMA | EFECTO DEL PROBLEMA |
|---|---|---|---|
| 16/11/2015 | Se quiere lavar el filtro 4 para realizar pruebas pero por error de conteo se lava el filtro 5. | Se supone que el filtro en el que se encuentra situado actualmente el carro puente es el 4 cuando en realidad es el 5. | Se produce gasto de agua, reactivos, energía eléctrica y tiempo. |
| 3/1/2016 | Se quiere lavar el filtro 14 por colmatación pero por error de identificación se lava el filtro 13. | Se supone que el filtro en el que se encuentra situado actualmente el carro puente es el 14 cuando en realidad es el 13. | Se produce gasto de agua, reactivos y energía eléctrica. |
| 18/1/2016 | Existe un problema con la válvula de agua de lavado del filtro 4, se reporta a mantenimiento como falla de la válvula de agua filtrada del filtro 4. | El operador que comunica el problema supone que la válvula con el defecto es de agua filtrada. | El equipo de mantenimiento que acude pierde tiempo que puede invertirlo en otras intervenciones. |
| 19/1/2016 | Se quiere lavar el filtro 4 para realizar pruebas pero por error de conteo se lava el filtro 5. | Se supone que el filtro en el que se encuentra situado actualmente el carro puente es el 4 cuando en realidad es el 5. | Se produce gasto de agua, reactivos, energía eléctrica y tiempo. |
| 8/3/2016 | En una visita técnica, se da información equivocada sobre las tuberías que están conectadas a los filtros. | El operador supone que la tubería de 400mm es la de agua de lavado y la de 150mm es de agua filtrada. | Hay una mala información a los visitantes, lo que produce errores en la información extendida. |

La propuesta para eliminar estos problemas es la siguiente. Hay que numerar cada uno de los filtros y válvulas. En las tuberías se colocará rotulación alrededor del DAFFI.

*Ilustración 46: Propuesta de Poke Yoke.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.2.6. Implementación de ANDON.

*Tabla 24: Problemas presentados en el carro puente.*

*Fuente: El Autor, basado en el parte de operación.*

| FECHA | DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | CAUSA DEL PROBLEMA | EFECTO DEL PROBLEMA |
|---|---|---|---|
| 10/2/2016 | El carro puente deja de girar. | Los contactos de la junta rotativa se descarrilan. | El flotante no es evacuado y no se produce el lavado de los filtros. |
| 29/6/2016 | El carro puente deja de girar. | La rueda patina en la pista. | |
| 4/11/2016 | El carro puente deja de girar. | Causa desconocida | |
| 10/12/2016 | El carro puente deja de girar. | El relé térmico del motor se acciona. | |

La propuesta de sistema ANDON es el colocar un sensor de movimiento en la pista y que esta accione una alarma sonora y auditiva en el centro del DAFFI.

*Ilustración 47: Propuesta de ANDON.*

*Fuente: El Autor.*

#### 4.5.2.7. Estandarización de sistemas visuales.

Para este punto se deberá tomar fotografías para ser colocadas en un cartel y poder comparar con la situación inicial. Además se colocará una descripción de la aplicación de los sistemas propuestos, para ello nos podemos ayudar de una tabla similar a la siguiente. Todo esto debe ser socializado con el personal de la planta.

*Tabla 25: Funcionamiento de los sistemas visuales propuestos.*

*Fuente: El Autor.*

| SISTEMA VISUAL | FUNCIONAMIENTO |
|---|---|
| ***POKA YOKE*** | Cada uno de las unidades de filtración se encuentran numeradas para que en el caso que se requiera realizar el lavado de uno en particular, el operador se podrá dar cuenta exactamente en qué posición se encuentra el carro puente. |
| | Las tuberías que están conectadas con las unidades de filtración se encuentran con sus respectivos nombres, de acuerdo al fluido que llevan, además indica la dirección del flujo. |
| ***ANDON*** | Mientras el carro puente se encuentre en su movimiento giratorio común, todo se mantiene normal, pero al momento que por cualquier razón el carro puente se detiene, una alarma tanto sonora como visual se activará, haciendo que el operario pueda tomar la decisión adecuada. |

### 4.5.2.8. Seguimiento de los sistemas visuales.

Luego de que han sido implementadas las herramientas visuales, es necesario realizar una retroalimentación en donde se verifique la ausencia o disminución de las pérdidas que en un inicio se propusieron eliminar. Como ya se dijo en la teoría, la herramienta Poka Yoke eliminará o disminuirá los errores humanos y los ANDON no eliminarán el problema sino pondrá al tanto al operador cuando este se presente.

*Tabla 26: Formato para seguimiento de sistemas visuales (ejemplo).*

*Fuente: El Autor.*

**SEGUIMIENTO DE SISTEMAS VISUALES**

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| | | |
|---|---|---|
| | Versión: | |
| | Fecha: | |
| | Área auditada: | |
| | Auditor: | |
| | ***FORMATO DE EVALUACIÓN*** | ***Calif.*** |
| | ***Sistemas Visuales*** | |
| 1 | No son muy comunes los errores humanos en el proceso de producción | 1 |
| 2 | Se ha introducido algún sistema visual en el proceso de producción | 2 |
| 3 | El sistema visual introducido es de fácil comprención y utilización | 3 |
| 4 | El sistema visual introducido es útil para el proceso de producción | 3 |
| 5 | Han disminuido los errores humanos | 1 |
| 6 | Han disminuido las fallas mecánicas | 1 |
| 7 | El tiempo de respuesta por parte de mantenimiento ha disminuido | 2 |
| 8 | El reconocimiento de las fallas es más sencillo | 3 |
| 9 | La tasa de accidentabilidad ha disminuido | 1 |
| 10 | Los defectos en el producto final han disminuido | 2 |

**Guía de calificación**
0 = No hay implementacion
1 = Un 30% de cumplimiento
2 = Cumple al 65%
3 = Un 95% de cumplimiento

| | PORCENTAJE | PUNTOS |
|---|---|---|
| ***Sistemas visuales*** | 63% | 19 |

| ***Regular*** | **Bien** | **Excelente** |
|---|---|---|
| > 50 % | > 70 % | > 90 % |

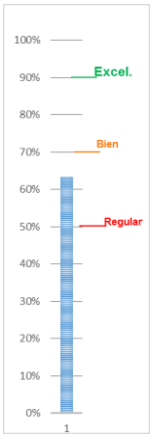



*Ilustración 48: Gráfico de seguimiento de sistemas visuales.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.3. Plan de acción para Memo 3 GP.

*Tabla 27: Plan de acción para Memo 3 GP.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MEMO 3 GP | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **Feb** | | | | **Mar** | | | | **Abr** | | | |
| | | | | | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| ***CAPACITACION*** | Dar a conocer al personal de la planta los principios del Memo 3 GP, su aplicación y funciones. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación a todo el personal de la planta.<br>3. Motivar al personal de la planta a utilizar el Memo 3 GP. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM. | | | | | | | | | | | | |
| ***DETERMINAR ALCANCE Y PROCEDIMIENTO*** | Plantear el alcance, límites y procedimiento del Memo 3 GP. | 1. Realizar una reunión con el grupo principal de trabajo.<br>2. Determinar el alcance del Memo 3 GP.<br>3. Establecer los límites del Memo 3 GP.<br>4. Describir un procedimiento para la utilización del Memo 3 GP.<br>5. Documentar lo anteriormente dicho. | Material de oficina. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Supervisor de planta. | | | | | | | | | | | | |
| ***IMPLEMENTACION*** | Identificar puntos de mejora detectados por el personal que labora en la planta. | 1. Identificar el lugar adecuado para colocar los formularios Memo 3 GP.<br>2. Instalar el formulario Memo 3 GP.<br>3. Informar en los formularios Memo 3 GP los puntos de mejora se descubra.<br>4. Analizar las recomendaciones presentadas y sus resoluciones.<br>5. En el caso de ser factible, direccionar la recomendación al departamento correspondiente. | Layout de la planta.<br>Formulario Memo 3GP.<br>Buzón de recomendaciones. | Líder TPM.<br>Supervisor de planta.<br>Coordinador TPM. | | | | | | | | | | | | |
| ***SEGUIMIENTO Y CONTROL*** | Determinar el grado de utilización de la herramienta y el ahorro causado por la misma. | 1. Analizar la funcionalidad del Memo 3 GP.<br>2. Determinar el número de recomendaciones presentadas.<br>3. Llenar el diario de operaciones de Memo 3 GP. | Formularios Memo 3GP.<br>Diario de operación de Memo 3 GP.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Coordinador TPM. | | | | | | | | | | | | |

#### 4.5.3.1. Capacitación.

Se debe reunir a todos los involucrados con la planta para realizar una charla informativa sobre el buzón de recomendaciones Memo 3 GP, es recomendable hacerlo en la propia planta ya que siempre debe haber por lo menos una persona atenta al proceso de potabilización. Es necesario realizar ejercicios prácticos para que no tengan duda al momento de llenar los formatos. Para las presentaciones nos podemos ayudar de la teoría del subcapítulo 3.3.1.5 en láminas de Power Point.

#### 4.5.3.2. Alcance.

El Memo 3 GP tiene como finalidad el eliminar los tres grandes problemas: irracionalidad, inconsistencia y despilfarro, que se dan en la planta de tratamiento de agua potable de Culebrillas – San Pedro.

#### 4.5.3.3. Límites.

La herramienta Memo 3 GP está enfocada a recopilar recomendaciones realizadas por la gente involucrada con la planta de Culebrillas – San Pedro perteneciente a ETAPA EP.

#### 4.5.3.4. Procedimiento.

Para llenar el formato Memo 3 GP, que será llenado por el personal que transita por la planta, realizamos los siguientes pasos:

1) Colocar el número correspondiente de recomendación.
2) Llenar el membrete con los datos que se pide.
3) En la casilla “punto” se coloca el problema encontrado, por ejemplo: calidad, mecánico, eléctrico, métodos, etc.
4) En la casilla “liberación de” se coloca lo que se eliminará con la propuesta, por ejemplo, liberación de defectos, liberación de tiempo muerto, liberación de limallas, etc.
5) En la siguiente casilla hay que marcar que tipo de problema se va a atacar.
6) En “condición actual” se dibuja un boceto del problema y da una breve descripción.

7) En “después de la mejora” se dibuja un boceto del problema y da una breve descripción de la solución propuesta.
8) En la casilla “punto de la mejora” se describe lo que se ganará luego de la mejora, por ejemplo: luego de eliminar el atasco se ganará continuidad en el proceso.
9) Por último en “resultados” colocaremos el ahorro que se logra al ejecutar la mejora, por ejemplo:

   4,5 $m^3$ por día a un costo de 0,50 dólares el $m^3$ = 67,5 dólares/mes

Para llenar el diario de operación de Memo 3 GP, que será llenado por el líder TPM y el supervisor de planta, se lo realizará de la siguiente manera.

1) En la casilla “No.” Colocar el número de Memo 3 GP.
2) En “Tema” se coloca una referencia abreviada del tema del Memo 3 GP.
3) En “problema a atacar” se coloca una X según corresponda.
4) En “fecha” se escribe las fechas de la propuesta y la de implementación respectivamente.
5) En la casilla “ahorro/mes” se coloca el ahorro logrado con la mejora promedio por mes.
6) En “ahorro acumulado” se realiza el cálculo del ahorro que se va realizando con la implementación de cada mejora.
7) En “costo ahorrado mes acumulado” se coloca el ahorro que se produce mensualmente.

En las siguientes hojas se muestran los dos formatos construidos para implementar la herramienta Memo 3 GP.

*Tabla 28: Formato para implementar Memo 3 GP.*

*Fuente: El Autor:*

# MEMO 3 GP

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| No. |
|---|
| |

| Fecha | | |
|---|---|---|
| **Nombre:** | **Departamento:** | **Lugar de trabajo:** |
| **Código:** | **Máquina/sistema:** | **Etapa de Proceso:** |

| | **Punto** | **Liberación de** | **3 grandes probl.** |
|---|---|---|---|
| **Puntos observación:** | | | Irracionalidad<br>Inconsistencia<br>Despilfarro |

| **Condición actual** | **Observación:** |
|---|---|
| | |

| **Observación:** | **Después de la mejora** |
|---|---|
| | |

| **Punto de la mejora:** | **Resultados** |
|---|---|
| | |

*Tabla 29: Formato de diario de operaciones Memo 3 GP.*

*Fuente: El Autor.*

## DIARIO DE OPERACIONES MEMO 3 GP

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| No. | TEMA | PROBLEMA A ATACAR | | | FECHA (dd/mm/aa) | | AHORRO/MES | AHORRO ACUMULADO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Irracionalidad* | *Inconsistencia* | *Despilfarro* | *Observación* | *Mejora* | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| Costos ahorrados mes acumulado | Fecha dd/mm/aa | 01/02/2017 | 01/03/2017 | 01/04/2017 | 01/05/2017 | 01/06/2017 | 01/07/2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cantidad ahorrada | | | | | | |

#### 4.5.3.5. Implementación.

*Ilustración 49: Disposición del buzón de Memo 3 GP.*

*Fuente: El Autor.*

Las recomendaciones que puedan ser solventadas inmediatamente se lo harán. En el caso de necesitar realizar un proyecto, este será estudiado para implementarlo lo más pronto posible.

El diario de operación estará ubicado en la oficina de operación.

#### 4.5.3.6. Seguimiento y control.

Cada mes se realizará la actualización del diario de operación de Memo 3 GP, con lo que haremos un conteo de la cantidad de recomendaciones hechas, cuántas de ellas fueron implantadas y el ahorro producido gracias a la implantación.

### 4.5.4. Plan de acción para Mantenimiento Autónomo.

*Tabla 30: Plan de acción para mantenimiento autónomo.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **CRONOGRAMA** | | | | | | | |
| | | | | | **Mar** | | | | **Abr** | | | |
| | | | | | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| ***CAPACITACION*** | Dar a conocer al personal de la planta las generalidades del mantenimiento autónomo. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación a todo el personal de la planta.<br>3. Obtener el compromiso del personal. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM. | | | | | | | | |
| ***LIMPIEZA INICIAL*** | Descubrir focos de suciedad, métodos de lubricación, formas de sujeción y detectar problemas. | 1. Limpiar para eliminar suciedad superficial.<br>2. Detectar focos de suciedad.<br>3. Detectar puntos de lubricación y sujeción.<br>4. Lubricar y apretar pernos. | Materiales de limpieza.<br>Lubricantes.<br>Herramientas de mantenimiento. | Técnicos de mantenimiento.<br>Facilitadores TPM. | | | | | | | | |
| ***CONTRAMEDIDAS EN LA FUENTE DE LOS PROBLEMAS*** | Mantener el área de trabajo limpia y controlada. | 1. De ser posible eliminar las fuentes de suciedad.<br>2. Las que no se puedan eliminar, buscar métodos de control de suciedad.<br>3. Facilitar el acceso a lugares difíciles de limpiar. | Herramientas de mantenimiento.<br>Lubricantes.<br>Materiales de limpieza.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN*** | Establecer estándares para un trabajo de mantenimiento básico, rápido y efectivo. | 1. Identificar los puntos de lubricación.<br>2. Identificar los puntos de apriete.<br>3. Identificar las formas de limpieza.<br>4. Establecer los materiales y herramientas necesarias. | Material de oficina.<br>Manuales.<br>Cámara fotográfica. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Coordinador TPM. | | | | | | | | |
| ***INSPECCIÓN GENERAL*** | Determinar el grado de deterioro de la máquina y reestablecerla a unas condiciones buenas de trabajo. | 1. Determinar el grado de deterioro de la máquina.<br>2. Estudiar propuestas de restablecimiento de la máquina.<br>3. Elegir la mejor propuesta para reestablecer a la máquina.<br>4. Reestablecer a la máquina a unas condiciones buenas de trabajo. | Cámara fotográfica.<br>Material de oficina.<br>Herramientas de mantenimiento. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***INSPECCIÓN AUTÓNOMA*** | Desarrollar y emplear listas de verificación para inspección autónoma. | 1. Revisar el desarrollo de los pasos anteriores.<br>2. Comparar tareas de mantenimiento planificado con las autónomas.<br>3. Eliminar las tareas redundantes.<br>4. Desarrollar un plan de mantenimiento autónomo. | 1. Plan de mantenimiento.<br>2. Lista de tareas autónomas.<br>3. Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***ESTANDARIZACIÓN*** | Redactar estándares de limpieza y lubricación que serán establecidos para desarrollarlos periódicamente. | 1. Establecer estándares de inspección, limpieza y lubricación.<br>2. Socializar con el personal correspondiente. | Material de oficina.<br>Carteles. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PLENO*** | Ejecutar los estándares realizados y las mejoras adoptadas, con la finalidad de eliminar o disminuir las seis pérdidas. | 1. Identificar las zonas con su respectivo responsable.<br>2. Poner en práctica lo establecido en los estándares. | Carteles.<br>Material de oficina.<br>Plan de mantenimiento autónomo. | Líder TPM.<br>Coordinador TPM.<br>Facilitadores TPM. | | | | | | | | |
| ***SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO*** | Realizar el seguimiento de la implementación de metodología 5 S´s. | 1. Desarrollar una lista de verificación de las tareas a desarrollar.<br>2. Programar las auditorías.<br>3. Aplicar las auditorías de acuerdo a lo programado. | Material de oficina. | Líder TPM.<br>Auditor TPM. | | | | | | | | |

### 4.5.4.1. Capacitación.

El primer paso para implantar mantenimiento autónomo es la capacitación. En esta fase es necesario socializar con los operadores de la planta de que se trata esta herramienta Lean, sus responsabilidades y como se la desarrolla. Para esta capacitación nos valdremos del subcapítulo 3.3.2 de este texto. Además necesitaremos herramientas audiovisuales.

### 4.5.4.2. Limpieza inicial.

Tengamos presente que la máquina a la que se implementará el mantenimiento autónomo como ejemplo es el compresor de tornillos. El primer paso es la limpieza general para poder localizar focos de suciedad, fugas, puntos de lubricación, apretar tuercas, etc.

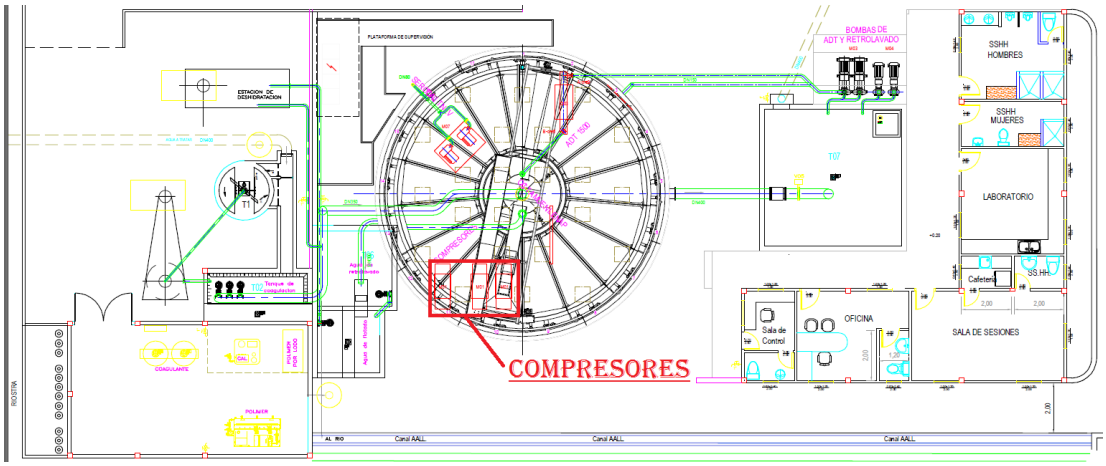



*Ilustración 50: Ubicación de compresores.*

*Fuente: El Autor.*

La planta cuenta con tres compresores similares, de los cuales dos trabajan en simultáneo y uno se encuentra en espera. Por ende el mantenimiento autónomo que se establezca para uno de los compresores será válido para los tres, teniendo presente de diferenciarlos en los formatos.

#### 4.5.4.3. Contramedida en la fuente de los problemas.

*Ilustración 51: Fotografía de la condición actual de los compresores.*

*Fuente: El Autor.*

Primeramente eliminaremos las fuentes de suciedad.

- Las cañerías del condensado desembocan en el piso provocando suciedad. Se montará una tubería para que el condensado se vierta en el canal de desagüe.
- El acceso a la parte superior de los compresores es difícil. Se montarán unas gradas en la parte posterior para poder limpiar en esta zona.
- En el primer compresor existe un goteo de aceite que cae sobre el tanque de aire. Se colocará un nuevo empaque en la junta del compresor para eliminar el goteo.
- La base de los compresores se encuentran anclados al piso. Confirmar que las tuercas sean de la misma medida y estén apretadas.

#### 4.5.4.4. Inspección general.

Los compresores son relativamente nuevos ya que tienen un poco más de dos años de funcionamiento. De acuerdo al catálogo se ha realizado un primer mantenimiento a las 2000 horas de funcionamiento y otro a las 4000 horas. A las 8000 horas, que está muy cerca que ocurra, se necesita hacer un mantenimiento total, lo cual reestablecerá a la máquina a un punto muy parecido al inicial. Para ello se contratará a expertos en el tema.

#### 4.5.4.5. Inspección autónoma.

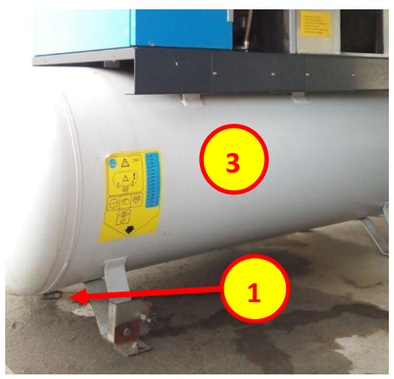
La planta de Culebrillas – San Pedro no tiene establecido un plan de mantenimiento, sino que se ha venido realizando únicamente correctivos y el preventivo propuesto por el fabricante. Esto quiere decir que cualquier tarea de mantenimiento que se proponga, estará correcta ya que no habrá redundancia.

### 4.5.4.6. Estandarización.

*Tabla 31: Estándar de limpieza y lubricación.*

*Fuente: El Autor.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ETAPA EP<br>EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO | ***LANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CULEBRILLAS - SAN PEDRO*** | | | ***APROBADO POR: Supervisor de plantas.*** |
| | ***SECCION OPERATIVA: Máquinas.*** | ***Versión:*** | | ***IMPLEMENTACION Y SEGUIMIENTO: Ingeniero de mantenimiento.*** |
| | ***EQUIPO: Compresor 1.*** | ***Fecha:*** | | ***A CARGO DE: Facilitadores TPM.*** |




| AREAS DE LIMPIEZA | | ESTANDARES DE LIMPIEZA | METODOS DE LIMPIEZA | UTILES DE LIMPIEZA | TIEMPO LIMPIEZA | CICLO LIMPIEZA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Categoría | | | | | DIARIO | SEMANAL | QUINCENAL | MENSUAL | TRIMESTRAL |
| 1 | Depósito de aire. | Eliminación del condensado. | Compresor apagado y usar la válvula de condensado. | Ninguno | 5 min. | | X | | | |
| 2 | Depósito de aceite. | Eliminación del condensado. | Compresor apagado y usar la válvula de condensado. | Visor de nivel y cubeta. | 8 min. | | | X | | |
| 3 | Depósito de aire. | Limpieza exterior del depósito. | Limpiar manualmente, usar guantes. | Wipe, desengrasante, franela. | 15 min. | | | | | X |
| 4 | Rejilla superior. | Eliminar el polvo adherido a la rejilla. | Apagar el compresor. | Aire comprimido. | 10 min. | | | | X | |
| 5 | Carcaza del compresor. | Mantener el exterior del compresor limpio. | Limpiar manualmente. | Brocha y wipe. | 30 min. | | | | | X |
| 6 | Interior del compresor. | Eliminar aceite que salpica al interior del compresor. | Limpiar manualmente, usar guantes. | Wipe, desengrasante, franela, aire comprimido. | 30 min. | | | | | X |
| 7 | Tubería de aire comprimido. | Limpieza de polvo. | Limpiar manualmente. | Brocha y wipe. | 10 min. | | | | X | |
| 8 | Piso. | Eliminar residuos del piso. | Limpiar manualmente. | Escoba. | 4 min. | | X | | | |
| 9 | Alternancia de compresor. | Poner en stand by al compresor. | Apagar el compresor. | Ninguno. | 2 min. | | | X | | |
| PUNTOS DE CHEQUEO | | Después de cada limpieza, apretar los anclajes de sujeción al piso. | | | | | | | | |
| | | Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de aire comprimido. | | | | | | | | |
| | | Verificar la posición de cierre y apertura de las válvulas de salida de aire comprimido. | | | | | | | | |
| | | Revisar que no haya fugas de aire en las tuberías. | | | | | | | | |

| AREAS DE LUBRICACION | | ESTANDARES DE LUBRICACION | METODOS DE LUBRICACION | UTILES DE LUBRICACIÓN | TIEMPO LUBRICACIÓN | CICLO LUBRICACIÓN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Categoría | | | | | DIARIO | SEMANAL | QUINCENAL | MENSUAL | TRIMESTRAL |
| A | Verificar el nivel de aceite del compresor. | Nivel correcto de aceite. | Indicador de nivel. | Franela. | 5 min. | | | | | X |
| PUNTOS DE CHEQUEO | | El compresor debe estar apagado para verificar el nivel en el visor de nivel. | | | | | | | | |
| | | Utilizar una llave de boca corona 34 mm para abrir el tapón del aceite. | | | | | | | | |
| | | Chequear si existe fuga de aceite. | | | | | | | | |

### 4.5.4.7. Seguimiento de mantenimiento autónomo.

Las tareas autónomas serán cargadas al software de mantenimiento de la empresa. Las tareas realizadas de mantenimiento autónomo deben estar justificadas por una orden de trabajo cíclica, con lo cual será muy fácil verificar que se estén realizando dichas tareas. También este seguimiento servirá para que el operador pueda manifestar alguna observación que se haya presentado durante las tareas de mantenimiento autónomo y si es necesario modificar o agregar algo en el formato.

**ETAPA EP**

**ORDEN DE TRABAJO**

**No.** 7534

**UBICACIÓN:**

CU-MQ-01-M001 COMPRESOR No. 1

**DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:**

Vaciado de condensado del tanque de aire comprimido.

| **SOLICITA:** CEBO/MTTO | **EJECUTA:** CEBO/MTTO | **PRVDR.:** | | **NORMAL:** | X |
|---|---|---|---|---|---|
| **FECHA PROG.:** | **DIRECTA:** | **PROGRAMADA:** | | **IMPORTANTE:** | |
| 9/1/2017 | | **X** | | **URGENTE:** | |

**TAREAS:**

| | |
|---|---|
| CU-MQ-01-M001 | Vaciado del condensado del tanque de aire comprimido. |
| CU-MQ-01-M001 | Limpieza de la zona de descarga de condensado. |
| CU-MQ-01-M001 | Inspección visual del estado del tanque de aire comprimido. |

| **PERSONAL REQUERIDO:** | **MATERIALES Y REPUESTOS:** |
|---|---|
| Freddy Astudillo | Wipe |
| Alejandro Quito | Desengrasante |

| **OBSERVACIONES:** | **RECIBIDO POR:** |
|---|---|
| El tanque de almacenamiento de aire comprimido se encuentra con rayones en la pintura. | **NOMBRE:** J. Vásconez<br>**FECHA:** 1/2/2017<br>**CONFORME:** SI ■ NO ☐ |

| **Emite:** 9/1/2017 | **Aprueba:** 9/1/2017 | **Cierra:** 9/1/2017 |
|---|---|---|
| Freddy Astudillo | Guido Pinos | Freddy Astudillo |

*Ilustración 52: Ejemplo de orden de trabajo.*

*Fuente: El Autor, basado en software de mantenimiento de ETAPA EP.*

### 4.5.5. Plan de acción para Mantenimiento Planificado.

*Tabla 32: Plan de acción para mantenimiento planificado.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACCIONES | OBJETIVOS | PASOS | HERRAMIENTA | RESPONSABLE | CRONOGRAMA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Abr | | | | May | | | | Jun | | | | Jul | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ***CAPACITACION*** | Dar a conocer al personal de mantenimiento las generalidades del mantenimiento planificado y su utilización. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación al personal de mantenimiento. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***SELECCIONAR EL SISTEMA O MÁQUINA*** | Identificar al sistema o máquina que nos servirá como piloto para la implementación de mantenimiento planificado. | 1. El grupo Kaizen recorrerá la planta.<br>2. Analizar los sistemas o máquinas adecuado para la implementación de la herramienta.<br>3. Decidir a cual sistema o máquina se va a aplicar el mantenimiento planificado. | Layout de la planta.<br>Manuales.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***EVALUAR LA SITUACIÓN ACTUAL*** | Analizar el grado de información que se tiene del equipo o máquina a estudiar. | 1. Recopilar los históricos de mantenimiento.<br>2. Analizar los indicadores: mttr, mtbf y oee.<br>3. Tomar fotografías de la sección o máquina. | Históricos de mantenimiento.<br>Material de oficina.<br>Cámara fotográfica. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***RECONDUCCIÓN AL ESTADO IDEAL*** | Disponer de un sistema o máquina en condiciones lo más cercano a las ideales de funcionamiento. | 1. Identificar los problemas que tiene el sistema o máquina.<br>2. Eliminar los problemas detectados.<br>3. Establecer las condiciones ideales de funcionamiento.<br>4. Reestablecer a las condiciones lo más cercano a las ideales. | Herramientas de mantenimiento. | Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***DESARROLLO O MEJORA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN*** | Adecuar un sistema informático de gestión para el manejo de la información de mantenimiento. | 1. Identificar si se dispone de un sistema informático de gestión.<br>2. De ser afirmativa, analizar si la información que se ingresa es la adecuada.<br>3. De no haber un sistema informático, estudiar la mejor opción.<br>4. Implementar el sistema elegido.<br>5. Capacitar al personal que utilizará el sistema. | Sistema informático de gestión de mantenimiento.<br>Herramientas audiovisuales. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO*** | Establecer estándares de mantenimiento creando flujo de trabajo programado cíclicamente en el tiempo. | 1. Analizar las recomendaciones que da el fabricante.<br>2. Analizar los históricos de mantenimiento.<br>3. Analizar las tareas de mantenimiento que se da a equipos similares.<br>4. Elaborar un listado de tareas de mantenimiento.<br>5. Establecer un período para cada tarea.<br>6. Cargar la información en el sistema informático de gestión. | Manuales.<br>Histórico de operación.<br>Material de oficina.<br>Sistema informático de gestión de mantenimiento. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO*** | Introducir instrumentación especializada para la toma de decisiones de acuerdo a la condición de los equipos. | 1. Capacitar al personal.<br>2. Definición de la máquina.<br>3. Determinar las técnicas de medida.<br>4. Estructurar la base de datos.<br>5. Implantación del mantenimiento predictivo.<br>6. Análisis de resultados. | Herramientas audiovisuales.<br>Manuales.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***EVALUAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO*** | Analizar el grado de cumplimiento de las tareas cíclicas programadas. | 1. Establecer el período de revisión.<br>2. Analizar los indicadores de mantenimiento: mttr, mtbf y oee.<br>3. Analizar el grado de cumplimiento de tareas generadas.<br>4. Desarrollar la mejora continua. | Órdenes de trabajo.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Auditor TPM. | | | | | | | | | | | | | | | | |

### 4.5.5.1. Capacitación.

En ETAPA EP se lleva un software de mantenimiento, por este motivo será un poco más fácil la capacitación al personal de mantenimiento. Esto no quiere decir que debemos descuidar este punto tan importante. Debemos programar una reunión entre el líder TPM, el ingeniero de mantenimiento y el personal de mantenimiento para realizar un reforzamiento de esta herramienta. Algo nuevo para el personal será conocer sobre los indicadores: mttr, mtbf y oee, esto debemos dejarlo muy claro para poder recopilar la información necesaria para poder calcularlo.

Para impartir la charla nos ayudaremos del subcapítulo 3.3.3 acomodada para presentarla con la ayuda de herramientas audiovisuales. No necesariamente se debe realizar en la planta.

### 4.5.5.2. Selección de la máquina o sección.

Podemos decir que no solo toda máquina es apta para implementar esta herramienta sino que toda máquina necesita de un plan de mantenimiento planificado. Para elegir la máquina con la que vamos a empezar el mantenimiento planificado, hemos realizado un análisis entre el líder TPM, el auditor TPM y el supervisor de planta y hemos decidido que la bomba del ADT es la adecuada ya que en primer lugar es la máquina que trabaja todo el tiempo y luego porque podemos utilizar este plan para acoplarlo al resto de bombas.

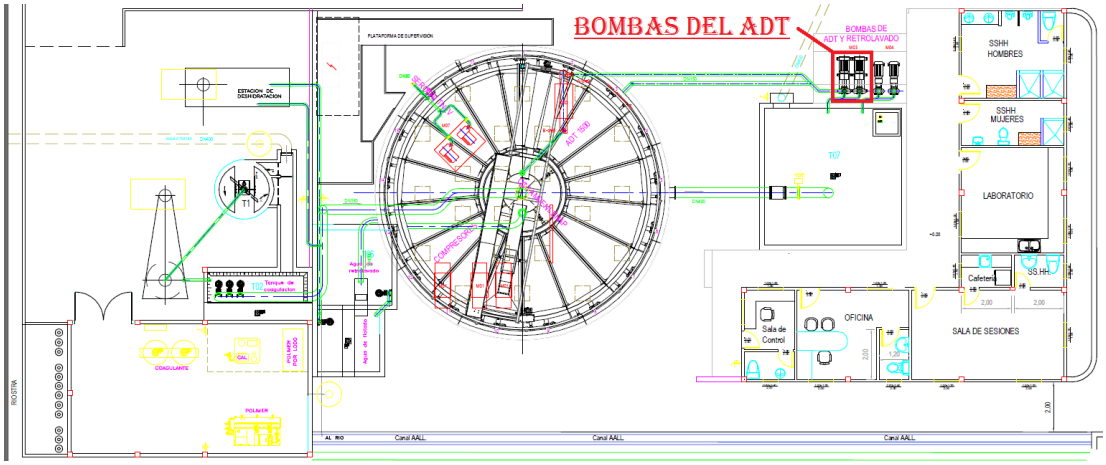



*Ilustración 53: Ubicación de las bombas del ADT.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.5.3. Evaluar la situación actual.

*Tabla 33: Histórico de paradas de la bomba No. 2 del ADT.*

*Fuente: Partes de operación de la planta.*

| HISTÓRICO DE PAROS DE LA BOMBA 2 DEL ADT | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Motivo de la parada** | **PARADA** | | **MARCHA** | |
| | Fecha | Hora | Fecha | Hora |
| Falla en el variador | 18/12/2014 | 11:35:00 | 19/12/2014 | 8:43:00 |
| Ruido extraño | 24/6/2015 | 14:00:00 | 25/6/2015 | 9:15:00 |
| Quemado el motor | 18/9/2015 | 19:25:00 | 17/12/2015 | 10:55:00 |
| Relé térmico | 9/1/2016 | 4:48:00 | 11/1/2016 | 9:40:00 |
| Quemado el motor | 2/8/2016 | 15:35:00 | 10/12/2016 | 11:50:00 |

*Tabla 34: Cálculo de MTBF y MTTR de la bomba 2 del ADT.*

*Fuente: El Autor.*

| **Motivo de la parada** | **PARADA** | **MARCHA** | **INDICADORES (hr)** | |
|---|---|---|---|---|
| | Fecha | Fecha | TBF | TTR |
| Falla en el variador | 18/12/2014 11:35 | 19/12/2014 8:43 | 1875,58 | 21,13 |
| Ruido extraño | 24/6/2015 14:00 | 25/6/2015 9:15 | 4493,28 | 19,25 |
| Quemado el motor | 18/9/2015 19:25 | 17/12/2015 10:55 | 2050,17 | 2151,50 |
| Relé térmico | 9/1/2016 4:48 | 11/1/2016 9:40 | 545,88 | 52,87 |
| Quemado el motor | 2/8/2016 15:35 | 10/12/2016 11:50 | 4901,92 | 3116,25 |
| | | | **MTBF 2773,37** | **MTTR 1072,2** |
| *La planta empieza a trabajar el 01 de octubre del 2014.* | | | | |

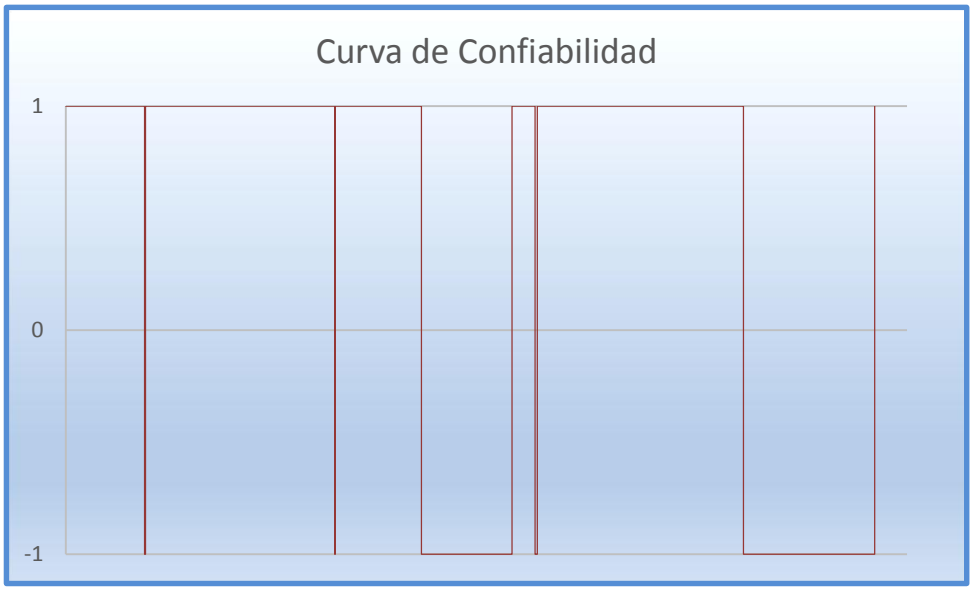



*Ilustración 54: Curva de confiabilidad de la bomba 2 del ADT.*

*Fuente: El Autor.*

*Tabla 35: Cálculo de OEE de la bomba 2 del ADT.*

*Fuente: El Autor.*

| INDICE DE DISPONIBILIDAD | |
|---|---|
| A (Tiempo total de Trabajo) | 9816 |
| B (Tiempo de paros planeados) | 15 |
| C (Tiempo Disponible) | 9801 |
| D (Tiempo de paros no planeados) | 5361,00 |
| E (Tiempo de operación) | 4440 |
| | |
| ID | 45,30% |

| INDICE DE CALIDAD | |
|---|---|
| IC | 100,00% |

| INDICE DE PRODUCCION | |
|---|---|
| A (Tiempo total de Trabajo) | 9816 |
| B (Tiempo de paros planeados) | 0 |
| C (Tiempo Disponible) | 9816 |
| D (Tiempo de paros no planeados) | 5361,00 |
| E (Tiempo de operación) | 4455 |
| H (Velocidad teórica) | 80 |
| I (Producción teórica) | 356400 |
| PP (Producción terminada) | 343035 |
| K (Producción rechazada) | 0 |
| G (Producción real) | 343035 |
| | |
| IP | 96,25% |

| ETE | 43,60% |
|---|---|

*Tabla 36: Especificaciones de la bomba 2 del ADT.*

*Fuente: Datos de placa.*

| | Bomba Grundfos NK 80-400 |
|---|---|
| | Q=80 $m^3$/h @ 65 m<br>P=42,5 kw |

### 4.5.5.4. Reconducción al estado ideal.

*Tabla 37: Propuestas para solución de problemas detectados.*

*Fuente: El Autor.*

| PROBLEMA | SOLUCIÓN |
|---|---|
| La bomba se inunda. | 1) Construir un desagüe.<br>2) Colocar una cubierta para las bombas. |
| La grasa se contamina con humedad y polvo. | 1) Colocar tapones en los graseros.<br>2) Cambiar la grasa. |
| Se produce pequeñas vibraciones. | 1) Apretar las tuercas de anclaje de la bomba y motor. |
| Falta de limpieza en general. | 1) Realizar la limpieza general tanto de la bomba como del piso. |

### 4.5.5.5. Mejora del sistema informático de mantenimiento.

ETAPAP EP cuenta con un software interno de gestión de mantenimiento SIGEMANT (Sistema de gestión de mantenimientos). Este fue creado por el departamento de sistemas de la empresa basándose en software especializados de gestión de mantenimiento. El uso que se le da en la empresa es netamente para organizar el mantenimiento planificado y el correctivo mediante órdenes de trabajo cíclicas y directas respectivamente, lo cual está funcionando muy bien.

En las órdenes creadas se puede adicionar algunos factores como: mano de obra, tareas, tiempos, facturas, fotografías, informes, etc. lo cual resulta muy útil para realizar análisis de esa orden de trabajo. El inconveniente de este software es que no permite extraer históricos automáticamente, por lo que se propondrá al departamento de sistemas que nos ayude con esta función, con lo que podremos observar en tablas y gráficos la tendencia de: órdenes directas, temperaturas, corrientes, tiempos entre fallas, tiempos para reparar, etc. y así podremos proyectarnos y actuar tempranamente frente a fallos que se ven venir, entre otras aplicaciones.

### 4.5.5.6. Plan de mantenimiento periódico.

*Tabla 38: Plan de mantenimiento periódico.*

*Fuente: El Autor, basado en el manual del equipo.*

**PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO**

**VERSIÓN:**
**ZONA:** Máquinas.
**EQUIPO:** Bomba 2 para el ADT.

**REALIZADO:** Ing. Freddy Astudillo.
**REVISADO:** Ing. Guido Pinos.
**APROBADO:** Ing. Guido Pinos.

| ACTIVIDAD | Ene | | | | Feb | | | | Mar | | | | Apr | | | | May | | | | Jun | | | | Jul | | | | Aug | | | | Sep | | | | Oct | | | | Nov | | | | Dec | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Limpieza general | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisar el filtro de la succión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisar la presión de bombeo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisar si hay fuga en el sello | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lubricación de los cojinetes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apretar los anclajes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisar la alineación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Todas estas tareas se cargarán al sistema informático de mantenimiento para tener un mejor control.

#### 4.5.5.7. Seguimiento del mantenimiento planificado.

Primeramente se deberá ingresar las tareas programadas al sistema informático de mantenimiento de la empresa. Para realizar el seguimiento del mantenimiento planificado debemos:

1) Comparar el número de órdenes de trabajo generadas con el número de órdenes planificadas.
2) Comparar las tareas planificadas de cada orden de trabajo con las tareas ejecutadas.
3) Calcular los indicadores mtbf, mttrm oee, y compararlos con los iniciales.

Estos análisis se los podrá realizar automáticamente en el sistema informático de mantenimiento que se lleva en ETAPA EP, sin generar grandes inversiones de tiempo.

### 4.5.6. Plan de acción para Mantenimiento Predictivo.

*Tabla 39: Plan de acción para Mantenimiento Predictivo.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **CRONOGRAMA** | | | |
| | | | | | **Jun** | | | |
| | | | | | **1** | **2** | **3** | **4** |
| ***CAPACITACION*** | Dar a conocer al personal de mantenimiento las generalidades del mantenimiento predictivo. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación al personal de mantenimiento. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM | | | | |
| ***DEFINICIÓN DE LA MÁQUINA*** | Identificar cuál de las máquinas es la más importante en el proceso de producción y que sea apta para implementar la herramienta. | 1. El grupo Kaizen recorrerá la planta.<br>2. Analizar las máquinas adecuado para la implementación de la herramienta.<br>3. Decidir a cual sistema o máquina se va a aplicar el mantenimiento planificado. | Layout de la planta.<br>Manuales.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | |
| ***DETERMINAR LAS TÉCNICAS DE MEDIDA*** | Identificar qué tipo de análisis predictivo se puede realizar en la máquina. | 1. Identificar el tipo de máquina que se eligió.<br>2. Establecer las posibilidades de análisis predictivo.<br>3. Elegir el análisis predictivo que mejor se adapte a la realidad. | Tabla de referencia.<br>Manuales.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | |
| ***ESTRUCTURAR LA BASE DE DATOS*** | Establecer los parámetros más importantes respectivos a predicción. | 1. Establecer la frecuencia de análisis.<br>2. Definir el proceso para realizar el análisis.<br>3. Definir los límites en la medición.<br>4. Establecer alarmas y alertas.<br>5. Capacitar al personal sobre la respuesta a las alarmas y alertas. | Manuales.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | |
| ***IMPLANTACIÓN*** | Ejecutar el mantenimiento predictivo en la máquina elegida de acuerdo al procedimiento planteado. | 1. Aplicar el análisis predictivo seleccionado.<br>2. Registrar los datos obtenidos.<br>3. Valorar los datos con los límites. | Formato de mantenimiento predictivo.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | |
| ***ANÁLISIS DE RESULTADOS*** | Identificar el grado de cumplimiento de los parámetros predictivos. | 1. Graficar los resultados obtenidos del análisis predictivo.<br>2. Montar los límites permitidos.<br>3. Identificar el grado de cumplimiento de las mediciones.<br>4. De ser necesario plantear las mejoras respectivas.<br>5. Aplicar la mejora continua. | Formato de mantenimiento predictivo.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Auditor TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | |

#### 4.5.6.1. Capacitación.

Este es un nuevo concepto para el personal de mantenimiento de ETAPA EP, por lo que será muy importante capacitarlos para que tengan claro las generalidades y los beneficios de esta herramienta. Para impartir la charla nos ayudaremos del subcapítulo 3.3.4 de este documento, apoyado por videos y demás herramientas audiovisuales.

Se puede dar dos formas de llevar el mantenimiento predictivo en ETAPA EP, una puede ser contratando a una empresa especializada en equipos predictivos y la otra es por medio de la formación del personal interno en el uso de estos equipos. En conversaciones con los administradores de ETAPA EP, se ha llegado a la decisión de contratar a una empresa especializada en el tema para realizar el análisis por grupos de equipos.

#### 4.5.6.2. Definición de la máquina.

El mantenimiento predictivo es parte del mantenimiento planificado, es por esta razón que se decidió implementar esta herramienta a la bomba del ADT. Con esto complementamos la implementación de la herramienta anterior de mantenimiento planificado.

#### 4.5.6.3. Determinar las técnicas predictivas.

Se ha realizado una reunión entre el líder TPM, el auditor TPM y el ingeniero de mantenimiento y luego de analizar el equipo se ha decidido aplicar los siguientes métodos predictivos: vibración, termografía, análisis eléctrico.

##### 4.5.6.3.1. Vibración.

El análisis de vibraciones es la principal técnica de predicción para supervisar y diagnosticar máquinas de tipo rotativo. Mediante el análisis de vibraciones en máquinas rotativas podemos diagnosticar: desequilibrio, desalineación, holguras, roces, ejes doblados, poleas excéntricas, rodamientos, engranajes, entre otros.

La técnica indica que se debe tomar dos mediciones radiales y una axial. De acuerdo a la norma ISO 10816-1, el motor de la bomba de 42,5 kw pertenece al grupo M.

Podremos encontrar los valores aceptables (0,7 mm/s) de vibración en la siguiente tabla.

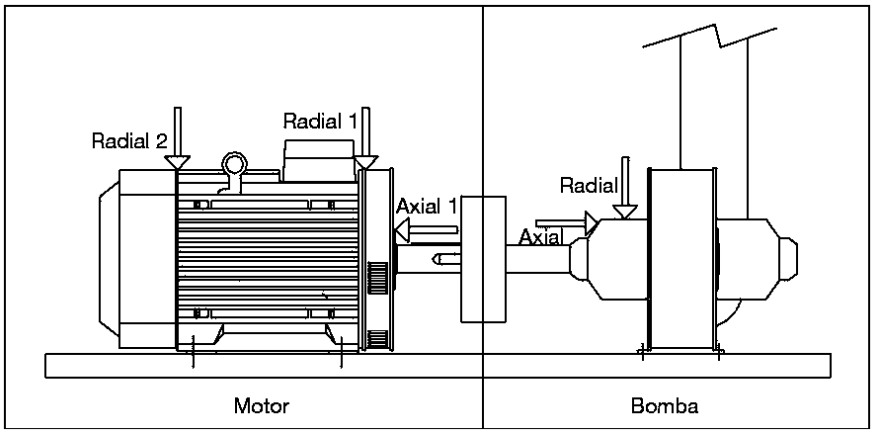
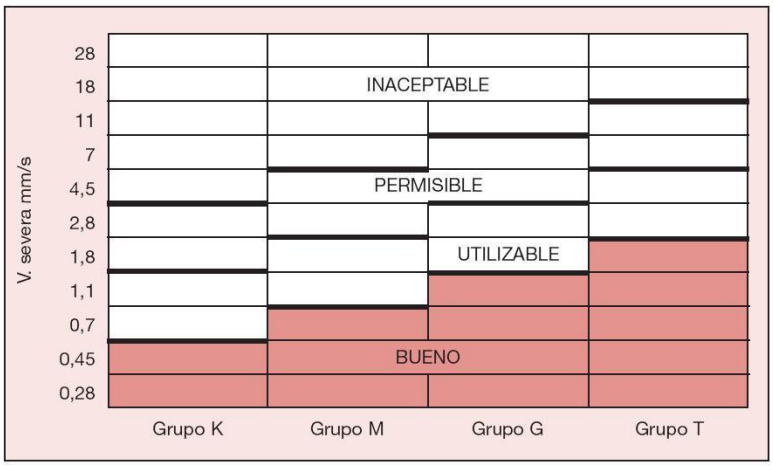



*Ilustración 55: Dirección para la toma de medida.*

*Fuente: (López Solar, 2004).*

*Tabla 40: Valores permisibles de vibración.*

*Fuente: (López Solar, 2004).*




#### 4.5.6.3.2. Termografía.

Esta técnica permite estimar de acuerdo a la emisión de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos, la medida de la temperatura superficial. Las instalaciones eléctricas son las principales aplicaciones para esta metodología, ya que podemos detectar puntos calientes provocados por: conexiones flojas, conexiones con impurezas o simplemente conexiones mal hechas. Otro uso de esta técnica es el análisis de elementos en fricción como: rodamientos, cojinetes, ruedas, etc. En ambos casos se utiliza una cámara termográfica, aunque existen pirómetros laser, lo que permite realizar mediciones de temperatura por puntos.

De acuerdo a la norma IEEE 117-2000, la temperatura máxima de trabajo para un aislante tipo F es de 155 ºC.

*Tabla 41: Temperatura de trabajo de motores de acuerdo al tipo de aislante.*

*Fuente: IEEE 117-2000*

| AISLAMIENTO | TEMPERATURA | |
|---|---|---|
| Clase A | 105º C | 221º F |
| Clase E* | 120º C | 248º F |
| Clase B | 130º C | 266º F |
| Clase F | 155º C | 311º F |
| Clase H | 180º C | 35 º F |
| Clase N | 200º C | 392º F |
| Basado para una temperatura ambiente de 40 º C (104 º F) | | |

### 4.5.6.3.3. Análisis eléctrico.

Este es un método con el cual podemos detectar el consumo de corriente del motor, con lo que podremos anticiparnos a un fallo del motor al detectar una falla potencial. Esta técnica se complementa muy bien con el estudio de vibraciones ya que este nos dará una pauta del por qué el motor está consumiendo más de la cuenta. La experiencia nos dice que una sobre corriente máxima será de un 3% de la del valor de placa, en el caso de nuestro motor el valor de placa es de 81 A, por lo tanto estamos hablando de máximo 84 A. Además es muy importante tener presente la verificación del voltaje que ingresa al motor de la bomba que para nuestro caso deberá ser 440 V.

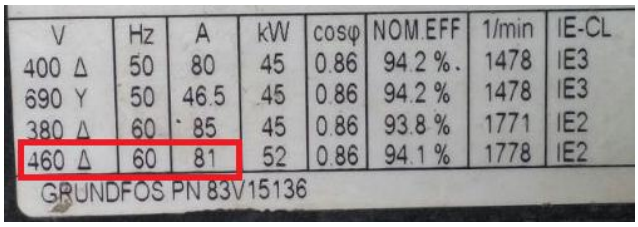



*Ilustración 56: Consumo de corriente del motor de la bomba 2 del ADT.*

*Fuente: Datos de placa.*

#### 4.5.6.3.4. Base de datos.

Para construir nuestra base de datos debemos considerar lo siguiente:

Para vibración:

1) La medición se la realizará cada tres meses.
2) La medición será realizada por una empresa especializada contratada por ETAPA EP, hasta que el personal de mantenimiento de la empresa esté capacitado para hacerlo. Cargar los datos en una tabla de datos en el software de mantenimiento.
3) El límite base a tener en cuenta será 0,7 mm/s, sin embargo estaremos prestos a escuchar recomendaciones de los expertos.
4) Cuando los resultados del análisis salga de lo normal, se procederá de acuerdo a las recomendaciones de los expertos para el mantenimiento respectivo.

Para termografía:

1) La medición se la realizará cada quince días.
2) Mientras la bomba está funcionando más de media hora, se tomará una fotografía termográfica, además de lecturas puntuales con el pirómetro en puntos clave: rodamientos y centro del motor. Cargar los datos en una tabla de datos en el software de mantenimiento.
3) El límite de temperatura es de 155 ºC, sin embargo estaremos atentos a temperaturas por encima de 100 ºC.
4) Para Temperaturas hasta 100 ºC, podemos decir que el funcionamiento es normal, para temperaturas sobre 100 ºC, debemos estar atentos y programar un mantenimiento preventivo. Para temperaturas cercanas a 155 ºC, debemos parar al motor y realizar el mantenimiento respectivo inmediatamente.

Para corriente:

1) La medición se la realizará cada quince días.
2) Mientras la bomba está funcionando más de media hora, se tomará las medidas en cada una de las fases.

3) El límite de corriente es de 84 A, sin embargo debemos estar pendientes a consumos cercanos a 81 A.
4) Mientras la corriente esté por debajo de 81 A, podremos decir que el funcionamiento es normal, si sobrepasa esta corriente, debemos realizar el mantenimiento preventivo respectivo. Si la corriente sobrepasa los 84 A, un protector bimetálico térmico realizará el corte en la alimentación al motor. El operador dará parte del problema al personal de mantenimiento.

*Tabla 42: Formato de recopilación de datos de vibraciones (ejemplo).*

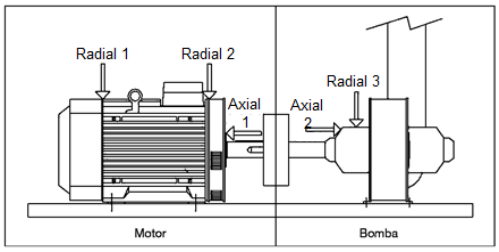
*Fuente: El Autor.*

**ANÁLISIS DE VIBRACIONES**

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| | |
|---|---|
| **Versión:** | |
| **Empresa:** | |
| **Planta:** | Culebrillas - San Pedro |
| **Zona:** | Máquinas |
| **Máquina:** | Bomba 2 del ADT |

| | |
|---|---|
| **Límite:** | 0,7 |




| FECHA | MOTOR | | | BOMBA | | REALIZADO | REVISADO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Radial 1* | *Radial 2* | *Axial 1* | *Radial 3* | *Axial 2* | | |
| 2/1/2017 | 0,3 | 0,31 | 0,4 | 0,35 | 0,34 | | |
| 3/4/2017 | 0,28 | 0,3 | 0,37 | 0,34 | 0,32 | | |
| 3/7/2017 | 0,29 | 0,31 | 0,39 | 0,34 | 0,35 | | |
| 2/10/2017 | 0,32 | 0,33 | 0,41 | 0,36 | 0,34 | | |
| 1/1/2018 | 0,33 | 0,35 | 0,43 | 0,37 | 0,36 | | |

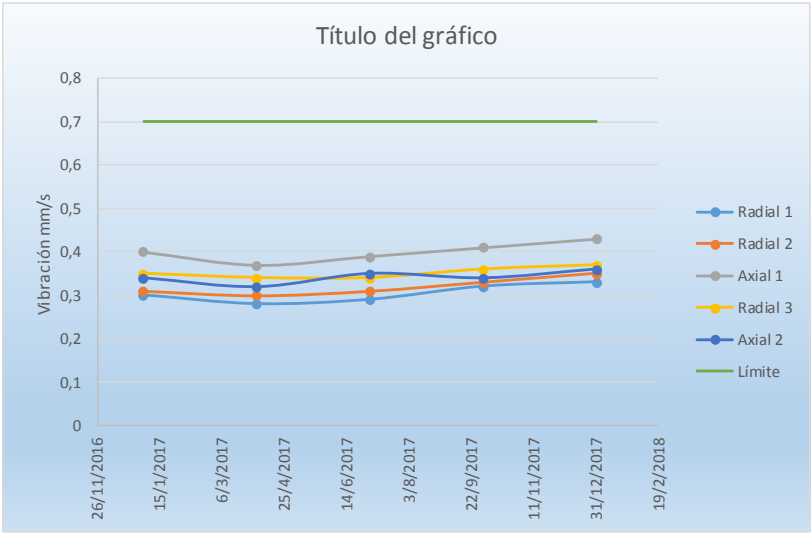


*Tabla 43: Formato de recopilación de datos de termografía (ejemplo).*

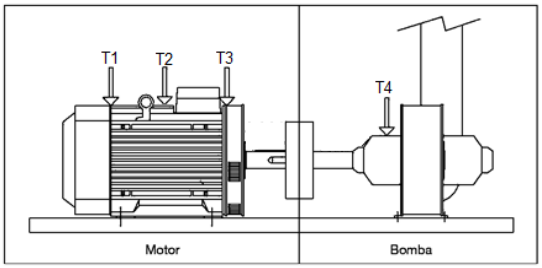
*Fuente: El Autor.*

## ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA

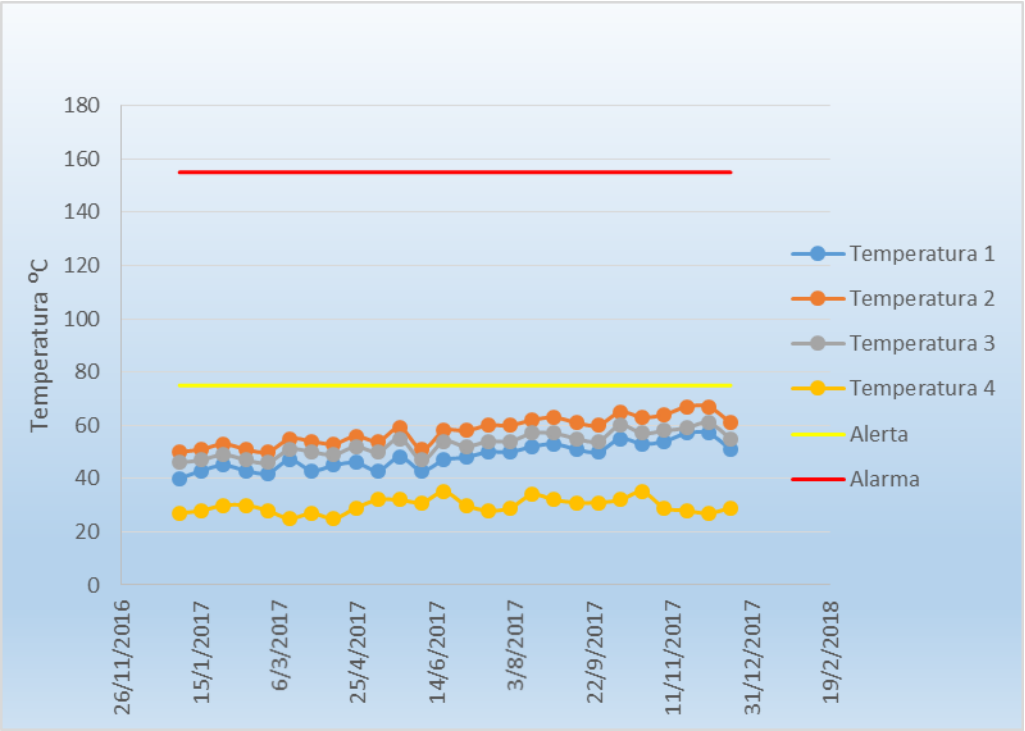
ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| | |
|---|---|
| **Versión:** | |
| **Empresa:** | |
| **Planta:** | Culebrillas - San Pedro |
| **Zona:** | Máquinas |
| **Máquina:** | Bomba 2 del ADT |

| | |
|---|---|
| **Alerta:** | 75 |
| **Alarma:** | 155 |




| FECHA | MOTOR | | | BOMBA | REALIZADO | REVISADO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *T1* | *T2* | *T3* | *T4* | | |
| 2/1/2017 | 40 | 50 | 46 | 27 | | |
| 16/1/2017 | 43 | 51 | 47 | 28 | | |
| 30/1/2017 | 45 | 53 | 49 | 30 | | |
| 13/2/2017 | 43 | 51 | 47 | 30 | | |
| 27/2/2017 | 42 | 50 | 46 | 28 | | |
| 13/3/2017 | 47 | 55 | 51 | 25 | | |
| 27/3/2017 | 43 | 54 | 50 | 27 | | |
| 10/4/2017 | 45 | 53 | 49 | 25 | | |
| 24/4/2017 | 46 | 56 | 52 | 29 | | |
| 8/5/2017 | 43 | 54 | 50 | 32 | | |
| 22/5/2017 | 48 | 59 | 55 | 32 | | |
| 5/6/2017 | 43 | 51 | 47 | 31 | | |
| 19/6/2017 | 47 | 58 | 54 | 35 | | |
| 3/7/2017 | 48 | 58 | 52 | 30 | | |
| 17/7/2017 | 50 | 60 | 54 | 28 | | |
| 31/7/2017 | 50 | 60 | 54 | 29 | | |
| 14/8/2017 | 52 | 62 | 57 | 34 | | |
| 28/8/2017 | 53 | 63 | 57 | 32 | | |
| 11/9/2017 | 51 | 61 | 55 | 31 | | |
| 25/9/2017 | 50 | 60 | 54 | 31 | | |
| 9/10/2017 | 55 | 65 | 60 | 32 | | |
| 23/10/2017 | 53 | 63 | 57 | 35 | | |
| 6/11/2017 | 54 | 64 | 58 | 29 | | |
| 20/11/2017 | 57 | 67 | 59 | 28 | | |
| 4/12/2017 | 57 | 67 | 61 | 27 | | |
| 18/12/2017 | 51 | 61 | 55 | 29 | | |



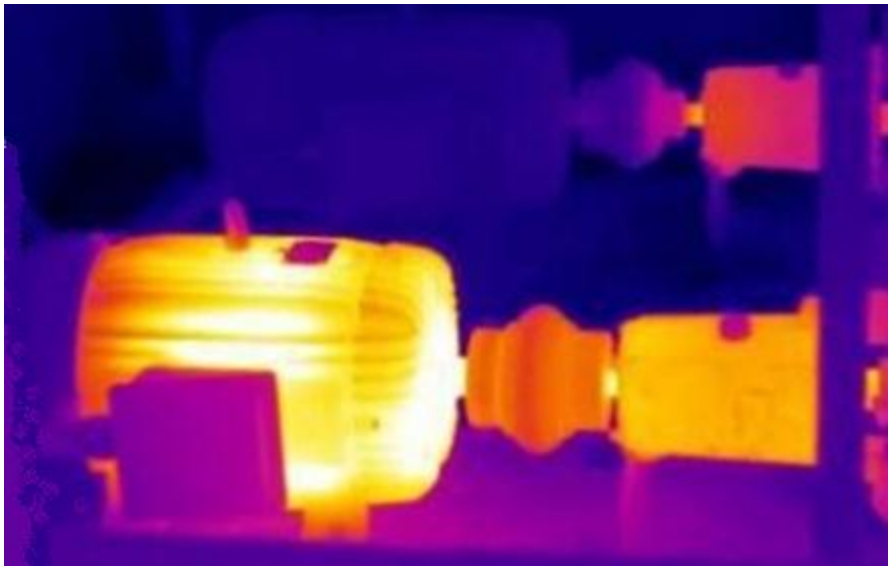



*Ilustración 57: Fotografía con cámara termográfica (ejemplo).*

*Fuente: El Autor.*

*Tabla 44: Formato de recopilación de datos de análisis eléctrico (ejemplo).*

*Fuente: El Autor.*

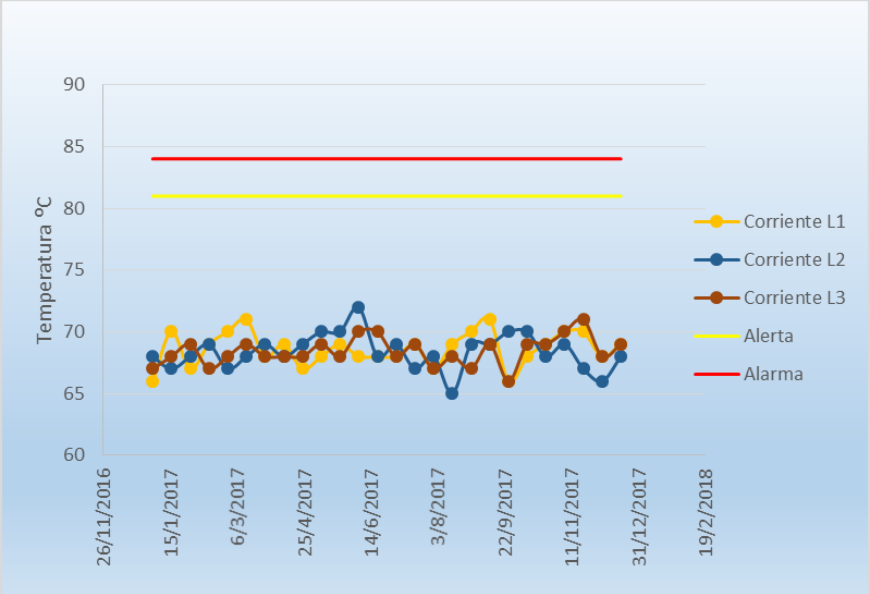
## ANÁLISIS ELÉCTRICO

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

| | |
|---|---|
| **Versión:** | |
| **Empresa:** | |
| **Planta:** | Culebrillas - San Pedro |
| **Zona:** | Máquinas |
| **Máquina:** | Bomba 2 del ADT |

| | |
|---|---|
| **Alerta:** | 81 |
| **Alarma:** | 84 |

| FECHA | VOLTAJE | | | CORRIENTE | | | REALIZADO | REVISADO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *L1* | *L2* | *L3* | *L1* | *L2* | *L3* | | |
| 2/1/2017 | 227 | 228 | 227 | 66 | 68 | 67 | | |
| 16/1/2017 | 225 | 226 | 226 | 70 | 67 | 68 | | |
| 30/1/2017 | 225 | 226 | 225 | 67 | 68 | 69 | | |
| 13/2/2017 | 226 | 227 | 227 | 69 | 69 | 67 | | |
| 27/2/2017 | 227 | 228 | 224 | 70 | 67 | 68 | | |
| 13/3/2017 | 227 | 228 | 225 | 71 | 68 | 69 | | |
| 27/3/2017 | 225 | 226 | 226 | 68 | 69 | 68 | | |
| 10/4/2017 | 224 | 225 | 225 | 69 | 68 | 68 | | |
| 24/4/2017 | 226 | 227 | 226 | 67 | 69 | 68 | | |
| 8/5/2017 | 224 | 225 | 226 | 68 | 70 | 69 | | |
| 22/5/2017 | 225 | 226 | 227 | 69 | 70 | 68 | | |
| 5/6/2017 | 223 | 222 | 225 | 68 | 72 | 70 | | |
| 19/6/2017 | 225 | 224 | 226 | 68 | 68 | 70 | | |
| 3/7/2017 | 226 | 225 | 227 | 68 | 69 | 68 | | |
| 17/7/2017 | 227 | 226 | 226 | 69 | 67 | 69 | | |
| 31/7/2017 | 225 | 224 | 227 | 67 | 68 | 67 | | |
| 14/8/2017 | 224 | 223 | 225 | 69 | 65 | 68 | | |
| 28/8/2017 | 225 | 224 | 226 | 70 | 69 | 67 | | |
| 11/9/2017 | 226 | 225 | 227 | 71 | 69 | 69 | | |
| 25/9/2017 | 225 | 224 | 228 | 66 | 70 | 66 | | |
| 9/10/2017 | 226 | 225 | 225 | 68 | 70 | 69 | | |
| 23/10/2017 | 227 | 226 | 226 | 69 | 68 | 69 | | |
| 6/11/2017 | 227 | 226 | 227 | 70 | 69 | 70 | | |
| 20/11/2017 | 227 | 226 | 225 | 70 | 67 | 71 | | |
| 4/12/2017 | 226 | 225 | 226 | 68 | 66 | 68 | | |
| 18/12/2017 | 226 | 225 | 228 | 69 | 68 | 69 | | |



### 4.5.7. Plan de acción para Mantenimiento de Calidad.

*Tabla 45: Plan de acción para mantenimiento de calidad.*

*Fuente: El Autor.*

| ESTRUCTURACION DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMEINTO DE CALIDAD | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACCIONES** | **OBJETIVOS** | **PASOS** | **HERRAMIENTA** | **RESPONSABLE** | **Jul.** | | | | **Ago.** | | | |
| | | | | | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| ***CAPACITACION*** | Dar a conocer al personal de mantenimiento las generalidades del mantenimiento de la calidad y su utilización. | 1. Programar la reunión de capacitación.<br>2. Impartir la capacitación al personal de mantenimiento. | Herramientas audiovisuales. | Líder TPM | | | | | | | | |
| ***IDENTIFICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO*** | Investigar los defectos en el proceso y sub procesos que producen mala calidad en el producto. | 1. Determinar el proceso de producción.<br>2. Dividirlo en sub procesos.<br>3. Dividirlos en máquinas.<br>4. Dividirlos en componentes.<br>5. Determinar frecuencia y criticidad de los problemas.<br>6. Plasmar toda esta información en la matriz Q-A. | Layout de la planta.<br>Material de oficina.<br>Históricos de operación.<br>Matriz Q-A. | Líder TPM.<br>Supervisor de planta.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***ANALIZAR LAS CONDICIONES 4M*** | Relacionar los sub procesos con los defectos, las 4 M y si existen estándares. | 1. Extraer la información de la matriz Q-A, sobre subprocesos y defectos.<br>2. Comparar estos defectos en una matriz 4 M. | Material de oficina.<br>Matriz Q-A.<br>Matriz 4 M. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***PREPARAR LA LISTA DE DEFECTOS*** | Enumerar los problemas y darles el trato respectivo. | 1. Extraer los problemas de la matriz Q-A.<br>2. Analizar la forma de solucionarlos.<br>3. En el caso de ser de simple solución, hacerlo inmediatamente.<br>4. En el caso de que la solución sea más laboriosa, continuar con los siguientes pasos. | Material de oficina.<br>Matriz Q-A.<br>Matriz 4 M. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***PRIORIZAR EL EFECTO DE LOS PROBLEMAS*** | Obtener una criticidad de los problemas. | 1. Realizar un análisis de modo de fallas y efecto.<br>2. Ordenar los problemas desde el de mayor prioridad. | Formato AMFE.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***DESARROLLAR ACCIONES DE MEJORA*** | Desarrollar acciones de mejora para los problemas de mayor criticidad. | 1. Describir el problema de mayor prioridad.<br>2. Realizar un proyecto de mantenimiento.<br>3. Solucionar el problema con la ejecución del proyecto. | Material de oficina.<br>Matriz AMFE.<br>Herramientas de mantenimiento | Ingeniero de mantenimiento.<br>Técnicos de mantenimiento | | | | | | | | |
| ***EVALUAR EL EFECTO DE LAS ACCIONES IMPLANTADAS*** | Obtener un nuevo análisis de modo de falla y efecto. | 1. Realizar un nuevo análisis de modo de fallas y efecto.<br>2. Compararlo con el análisis de modo de falla y efecto anterior. | Formato AMFE.<br>Material de oficina. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***REVISAR Y ACTUALIZAR LA MATRIZ 4M*** | Desarrollar un nuevo análisis de las condiciones 4 M. | 1. Analizar el problema tratado en la matriz 4 M.<br>2. Analizar la mejora obtenida con la resolución del problema. | Material de oficina.<br>Matriz Q-A.<br>Matriz actualizada 4M. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***CREAR UN PLAN DE MONITOREO*** | Establecer un plan de inspección a realizar para mantener las condiciones del equipo para lograr una buena calidad del producto. | 1. Establecer un plan de inspección autónomo.<br>2. Establecer un plan de mantenimiento periódico.<br>3. De ser necesario establecer un plan de mantenimiento predictivo. | Material de oficina.<br>Manuales. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***ACCIONES DE MANTENIMIENTO PARA POSIBLES DESVÍOS*** | Reaccionar a tiempo sobre posibles anomalías en el funcionamiento del equipo. | 1. Analizar continuamente el funcionamiento del equipo.<br>2. En el caso de encontrar algún parámetro fuera de lo común, abordarlo inmediatamente.<br>3. Tomar la decisión adecuada frente a los problemas. | Material de oficina.<br>Herramientas de mantenimiento. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |
| ***CREAR PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y VERIFICACIÓN*** | Asegurar que la instrumentación y equipos de medición se encuentran en buen estado. | 1. Identificar los instrumentos y herramientas de medición y control de calidad.<br>2. Verificar que la calibración está vigente.<br>3. En el caso de estar des calibrados o fuera de fecha, realizar la calibración inmediatamente. | Layout de la planta.<br>Material de oficina.<br>Certificados de calibración. | Líder TPM.<br>Ingeniero de mantenimiento. | | | | | | | | |

### 4.5.7.1. Capacitación.

El personal de mantenimiento debe estar plenamente capacitado sobre la herramienta y sobre todo aclarar la típica confusión del concepto de mantenimiento de calidad. Para esto nos ayudaremos del subcapítulo 3.3.5 de este texto. La charla puede ser desarrollada no necesariamente en la planta ya que el concepto se lo llevará luego a la aplicación en la planta. Nos ayudaremos de herramientas audiovisuales y ejemplos de aplicación de esta teoría.

### 4.5.7.2. Identificar la situación actual del equipo.

El producto final de la planta es el agua potable. Definitivamente el lugar ideal para implementar mantenimiento de calidad es justamente el laboratorio que es el lugar en donde se realiza el control del agua desde su ingreso a la planta (agua cruda) hasta que esta es trasladada a los tanques de almacenamiento (agua tratada o potable).

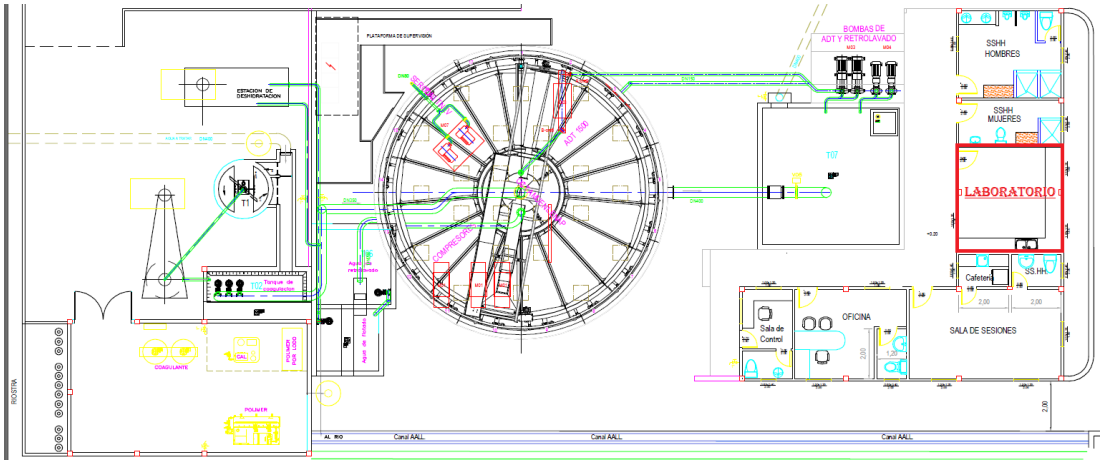



*Ilustración 58: Ubicación del laboratorio.*

*Fuente: El Autor.*

En este laboratorio cuenta con tres equipos que nos permiten controlar el proceso de potabilización en cada una de sus etapas, estos son:

*Tabla 46: Instrumentos de control de calidad.*

*Fuente: El Autor.*

<table>
<tr><td>Colorímetro<br> </td><td>Turbidímetro<br> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Medidor de cloro residual.<br> </td></tr>
</table>

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

# MATRIZ Q-A CONTROL DE CALIDAD

| | |
|---|---|
| Versión: | |
| Fecha: | |

| | |
|---|---|
| Realizado por: | Ing. Freddy Astudillo |
| Revisado por: | Ing. Guido Pinos |
| Aprobado por: | Ing. Guido Pinos |

| PROCESO | SUBPROCESO | EQUIPO | COMPONENTE | | | CARACTERÍSTICA DE CALIDAD | Color | Turbidez | Cloro residual | Calibración | Suministro eléctrico | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | DEFECTO | Producto fuera de rango | Producto fuera de rango | Producto fuera de rango | Equipo descalibrado | Equipo sin energía | |
| | | | Inspección de proceso | © | | FRECUENCIA | ● | ○ | ○ | ● | ○ | x |
| | | | Inspección de producto | ø | | CRITICIDAD | ⓿ | ⓿ | ⓿ | ⓪ | ⓿ | |
| Control de calidad | Medición de color | Colorímetro Hach 2100 AN | Panel electronico | | | | | | | | ¥ | 1 |
| | | | Cámara para muestra | © | ø | | ¥ | | | | | 1 |
| | | | Envase para muestra | © | ø | | € | | | ¥ | | 2 |
| | | | Lente | © | ø | | ¥ | | | ¥ | | 2 |
| | | | Impresora | | | | | | | | | 0 |
| | | | Fusible | | | | | | | | € | 1 |
| | | | Lámpara | © | ø | | ¥ | | | ¥ | ¥ | 3 |
| | | | Patrones de calibración | © | ø | | € | | | € | | 2 |
| | Medición de turbidez | Turbidímetro Hach 2100 AN | Panel electronico | | | | | | | | ¥ | 1 |
| | | | Cámara para muestra | © | ø | | | ¥ | | | | 1 |
| | | | Envase para muestra | © | ø | | | € | | ¥ | | 2 |
| | | | Lente | © | ø | | | ¥ | | ¥ | | 2 |
| | | | Impresora | | | | | | | | | 0 |
| | | | Fusible | | | | | | | | € | 1 |
| | | | Lámpara | © | ø | | | ¥ | | ¥ | ¥ | 3 |
| | | | Patrones de calibración | © | ø | | | € | | | | 1 |
| | Medición de cloro residual | Pocket Colorimeter™ II Analysis Systems | Panel electronico | | | | | | | | ¥ | 1 |
| | | | Cámara para muestra | © | ø | | | | ¥ | | | 1 |
| | | | Envase para muestra | © | ø | | | | € | € | | 2 |
| | | | Lente | © | ø | | | | ¥ | ¥ | | 2 |
| | | | Batería | | | | | | ¥ | € | € | 3 |
| | | | Dosificador | © | ø | | | | € | ¥ | | 2 |
| Total de puntos donde hay relación directa con el defecto de calidad | | | | | | x | 5 | 5 | 5 | 11 | 8 | 34 |

| Correlación | |
|---|---|
| Proceso en el que ocurre el problema | € |
| Proceso en el que se pronostica el problema | ¥ |

| Priorización | |
|---|---|
| Frecuencia alta | ● |
| Frecuencia baja | ○ |
| Grave | ⓿ |
| Solucionable | ⓪ |

*Tabla 47: Matriz Q-A para el laboratorio de la planta de Culebrillas – San Pedro.*

*Fuente: El Autor.*

### 4.5.7.3. Análisis de las condiciones 4M.

En la siguiente tabla se representa el análisis de 4 M para los componentes que tienen mayor coincidencia en la matriz Q-A.

*Tabla 48: Estándares 4 M.*

*Fuente: El Autor.*

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

**ESTÁNDARES 4 M**

| | |
|---|---|
| Versión: | |
| Fecha: | |

| | |
|---|---|
| Realizado por: | Ing. Freddy Astudillo |
| Revisado por: | Ing. Guido Pinos |
| Aprobado por: | Ing. Guido Pinos |

| PROCESO | SUBPROCESO | EQUIPO | COMPONENTE | CONDICIONES 4 M | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | MATERIALES | St | EQUIPOS | St | MÉTODOS | St | PERSONAL | St | |
| Control de Calidad | Medición de color | Colorímetro Hach 2100 AN | Lámpara | El repuesto debe ser original ya que de no ser así puede quemar el equipo. | ❶ | El cambio del repuesto debe ser cambiado cada 4380 horas de trabajo. | ❷ | Desconectar la alimentación eléctrica y utilizar herramientas con aislamiento. | ❷ | La persona que realice la instalación debe ser capacitada para hacerlo. | ❹ | |
| | Medición de turbidez | Turbidímetro Hach 2100 AN | Lámpara | El repuesto debe ser original ya que de no ser así puede quemar el equipo. | ❶ | El cambio del repuesto debe ser cambiado cada 4380 horas de trabajo. | ❷ | Desconectar la alimentación eléctrica y utilizar herramientas con aislamiento. | ❷ | La persona que realice la instalación debe ser capacitada para hacerlo. | ❹ | |
| | Medición de cloro residual | Pocket Colorimeter™ II Analysis Systems | Batería | Las baterías de recambio deben ser de buena calidad para asegurar la correcta medición. | ❶ | Las baterías deben ser cambiadas cuando el la marca en la pantalla lo indique. | ❶ | Quitar la tapa manualmente, desmontar las baterías viejas y colocar las nuevas. | ❶ | No es necesario ser un experto para realizar el intercambio. | ❹ | |

| | |
|---|---|
| Existe estándar y se cumple | ❶ |
| Estándares no se siguen apropiadamente | ❷ |
| Estándares imposibles de seguir | ❸ |
| Es necesario un estándar | ❹ |

### 4.5.7.4. Lista de defectos.

Ahora se muestra una matriz de problemas que ocasionan que el producto este fuera de lo aceptable en lo que a color se refiere, de igual manera se tendrá que realizar para turbidez, cloro, calibración y suministro eléctrico.

*Tabla 49: Listado de problemas para color fuera de rango.*

*Fuente: El Autor.*

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

**LISTADO DE PROBLEMAS POR DEFECTO**

| | |
|---|---|
| Versión: | |
| Fecha: | |

| | |
|---|---|
| Realizado por: | Ing. Freddy Astudillo |
| Revisado por: | Ing. Guido Pinos |
| Aprobado por: | Ing. Guido Pinos |

**DEFECTO: Color fuera de rango.**

| CONDICIÓN 4M | COMPONENTE | PROBLEMAS | CAUSA | ACCIÓN DE MEJORA | RESPONSABLE | FECHA PARA IMPLEMENTAR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MATERIALES | Lámpara | La lámpara se quema constantemente. | La lámpara no es original. | Buscar una empresa que nos pueda proveer el repuesto original. | Ing. de mantenimiento. | |
| | Fusible | El fusible se quema seguidamente. | Se dan desfases de alimentación eléctrica. | Instalar un UPS para los equipos del laboratorio. | Ing. de mantenimiento. | |
| | Lente | El lente se encuentra sucio. | No se realiza la limpieza periódica. | Realizar la limpieza periódica del lente. | Coordinador TPM. Facilitadores TPM. | |
| | Patrones de calibración | Los patrones están caducados. | No se comunica con laboratorio general. | Realizar un plan de actualización de patrones. | Ing. de mantenimiento. | |
| EQUIPOS | Panel electrónico | La botonera no acciona. | El operador presionó un botón equivocado. | Capacitar al operario sobre todas las funciones del equipo. | Ing. de mantenimiento. | |
| MÉTODOS | Cámara para muestra | La cámara para la muestra está sucia. | No se realiza la limpieza periódica. | Realizar la limpieza periódica de la cámara. | Coordinador TPM. Facilitadores TPM. | |
| | Lente | El lente se encuentra sucio. | No se realiza la limpieza periódica. | Realizar la limpieza periódica del lente. | Coordinador TPM. Facilitadores TPM. | |
| PERSONAL | Envase para muestra | La superficie del envase se encuentra sucio. | Al momento de colocar el envase, se lo sujeta de la superficie. | Sujetar el envase desde la tapa. | Coordinador TPM. Facilitadores TPM. | |

### 4.5.7.5. Modo de falla de los problemas.

En este caso, todas las acciones de mejora son de fácil ejecución por lo que no es necesario realizar un análisis más a fondo, pero dejaré establecido un formato para análisis de modo de fallos y efecto AMFE para aplicarlo en el caso de ser necesario.

*Tabla 50: Formato de matriz AMFE.*

*Fuente: El Autor.*

ETAPA EP
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

**ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES**

| | |
|---|---|
| **Versión:** | |
| **Fecha:** | |
| **Ubicación:** | |
| **Zona:** | |
| **Equipo:** | |

| | |
|---|---|
| **Realizado por:** | |
| **Revisado por:** | |
| **Aprobado por:** | |

| Componentes | Función | Modo de Fallo | Efecto | Causa | Control | P | G | D | IPR | Acción recomendada | Responsable |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Probabilidad de ocurrencia (P): | de 1 a 10 | 1 = poco probable |
| Gravedad del fallo (G): | de 1 a 11 | 1 = muy leve |
| Probabilidad de no detección (D): | de 1 a 12 | 1 = fácil detectar |
| Índice de prioridad de riesgo (IPR): | P*G*R | |

### 4.5.7.6. Plan de mantenimiento.

*Tabla 51: Plan de inspección autónomo para colorímetro.*

*Fuente: El Autor.*

| ETAPA EP | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CULEBRILLAS - SAN PEDRO** | | | **Realizado por:** *Ing. Freddy Astudillo.* |
|---|---|---|---|---|
| | **SECCION OPERATIVA:** *Laboratorio.* | **Versión:** | | **Revisado por:** *Ing. Guido Pinos.* |
| | **EQUIPO:** *Colorímetro Hach 2100 AN.* | **Fecha:** | | **Aprobado por:** *Ing. Guido Pinos.* |




| AREAS DE LIMPIEZA | | ESTANDARES DE LIMPIEZA | METODOS DE LIMPIEZA | UTILES DE LIMPIEZA | TIEMPO LIMPIEZA | CICLO LIMPIEZA | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Componente | | | | | DIARIO | SEMANAL | QUINCENAL | MENSUAL |
| 1 | Cámara para la muestra. | Eliminar el polvo y humedad. | Apagar el equipo. | Brocha y papel absorbente. | 5 min. | | | X | |
| 2 | Envase para muestra. | Limpieza externa e interna. | Limpiar manualmente, usar guantes. | Jabón neutro, cepillo, agua, papel absorbente. | 7 min. | X | | | |
| 3 | Lente - filtro. | Eliminar el polvo. | Limpiar manualmente. | Paño de seda. | 5 min. | | X | | |
| 4 | Lámpara. | Eliminar el polvo de la rejilla de ventilación. | Limpiar manualmente. | Brocha. | 2 min. | | X | | |
| 5 | Carcaza del colorímetro. | Mantener el equipo limpio. | Limpiar manualmente. | Brocha y franela | 10 min. | | | | X |

| PUNTOS DE CHEQUEO |
|---|
| Verificar la fecha de expiración de los patrones. |
| Realizar la calibración del equipo en cada muestreo. |
| Realizar la inspección del correcto funcionamiento de la lámpara. |
| Revisar el buen estado de los envases tanto para la muestra como de los patrones. |

Como tareas periódicas, a más de las autónomas para el equipo de medición de color, están las siguientes:

1) Cambio de la lámpara cada 4380 horas de funcionamiento (seis meses).
2) Cambio de los envases para las muestras cada seis meses.
3) Actualización de los patrones cada año.
4) Realizar una calibración certificada cada año.

### 4.6. Conclusiones.

Si bien es cierto que cada empresa es diferente a las demás, todas ellas coinciden en algo, esto es la necesidad de mejorar sus procesos. Con la implementación de las herramientas Lean propuestas en este trabajo, ayudaremos mucho a conseguir ese objetivo de mejorar los procesos. En este capítulo, cada una de las herramientas está adaptada para la planta de tratamiento de agua potable de Culebrillas – San Pedro. Se ha visto que hay temas planificados que no se los han podido realizar, pero se han dejado formatos o ejemplos de cómo llevarlos a cabo, para que el lector tenga la guía necesaria que es la finalidad de este trabajo.

El tiempo para ejecutar estas herramientas depende de la amplitud, complejidad, accesibilidad, etc. de la empresa que quiera adquirir el reto de ingresar al mundo del TPM. Es probable que, como en el caso del ejemplo de este capítulo, en otras empresas algunas herramientas sean más fáciles de implementar que otras debido a la forma de trabajar de dichas empresas.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. Conclusiones.

Son muchas empresas las que han dejado su etapa de iniciación para convertirse en medianas industrias, las cuales buscan los caminos adecuados para seguir creciendo y poder hacerse más eficientes y por ende obtener mayores ingresos. Uno de estos caminos es la implementación de métodos de trabajo de clase mundial como es el Mantenimiento Productivo Total al estilo Lean Manufácturing, pero este camino es largo e implica una inversión fuerte por parte de la empresa. Es por esta razón que nace la idea de crear una plataforma que guíe a la mediana empresa manufacturera para que se introduzca al mundo del TPM, sin la necesidad de invertir gran cantidad de recursos.

Para la implementación de esta plataforma es indispensable que la alta gerencia de la empresa esté plenamente comprometida con la introducción de la filosofía Lean en las labores cotidianas. Esto ayudará a que el proceso de implementación fluya de la mejor manera de principio a fin.

Una buena base teórica dictada al personal en general, soportará de una mejor manera el trabajo día a día hasta lograr implantar las herramientas propuestas. Es por esto que se dice que la formación y capacitación es pilar fuerte del TPM. Cada herramienta propuesta en la plataforma tiene bien establecida su procedimiento de aplicación, dicho marco teórico se encuentra sintetisado en este documento para que sea utilizado al momento de la capacitación al personal.

La aplicación de esta plataforma en las empresas logrará que haya una mejor respuesta por parte del personal ya que se cambiará la forma de pensar, sintiéndose parte importante de la empresa, su motivación aumentará y por ende su productividad. Además los equipos y zonas de la empresa mejorarán tanto estéticamente como en eficiencia.

En el capítulo 4 se ha realizado una aplicación práctica de las herramientas propuestas en la plataforma, para tener una idea al momento de aplicarla en las

empresas. Cada empresa podrá modificar los formatos a conveniencia, lo cual implicará un cambio en la forma más no en el fondo.

Hay que tener claro que la plataforma propuesta no es para realizar la implementación íntegra de TPM sino para llevar a cabo los primeros pasos hacia el TPM en la empresa. Luego de esto y si es la decisión de la alta gerencia se podrá poner el reto de realizar una implementación total de TPM, lo que resultará mucho más fácil pues se ha realizado anteriormente un avance importante al implementar la plataforma propuesta en este documento.

## 5.2. Recomendaciones.

- Una vez que la alta dirección se ha comprometido a desarrollar esta plataforma, se deberá socializar con todo el personal involucrado sobre las responsabilidades que recaerán sobre ellos, los beneficios que tendrán en todo sentido y sobre todo las experiencias de otras empresas que ya se han planteado este reto del TPM.
- Estudiar muy bien la envergadura de la empresa para de esta manera proyectar de una mejor manera los planes de acción para cada herramienta.
- Las personas que estén al frente del proyecto debe tener conocimientos sobre el tema para poder aplicar de una manera correcta la guía planteada en este trabajo.
- Al no ser todas las empresas iguales, cada una de ellas tendrán que fabricar sus propios formatos que mejor se acomoden a su realidad, siempre apoyados por los planteados en esta guía.
- Nunca apurarnos si estamos fuera del tiempo programado, esto conllevará a que las cosas empiecen a salir mal. Las cosas tenemos que hacerlas rápido, más nunca apurados.

**Bibliografía.**


Apsoluti Group, S.L. (2006-2015). *ceroaverias.com*. Obtenido de http://www.ceroaverias.com/centroTPM.htm

Arenaza, B., & Ortiz, D. (s.f.). El Lean Manufacturing como oportunidad. *DAFCO*, 52-56.

Barone, S. (2009). *Las Estructuras Organizacionales.* (L. Carrasco Pacello, Ed.) Santo Domingo: Fe y Alegría.

Boucly, F. (1999). *Gestión del Mantenimiento.* Madrid: AENOR.

CDI Lean Manufacturing S.L. (2012). Obtenido de http://www.cdiconsultoria.es

Cruelles, J. (2010). *La teoría de la medición del despilfarro.* Torrijos, Toledo: Artef, S.L.

Cuatrecasas, L., & Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management.* Barcelona: Profit.

ETAPA EP. (2016). Obtenido de www.etapa.net.ec

Fernández Gómez, M. (2014). *Lean Manufacturing en Español.* Estados Unidos: Imagen.

García, C. (2014). Maestría en Gestión de Mantenimiento. *Mantenimiento basado en condición*. Cuenca, Azuay, Ecuador.

García, F. (2014). Maestría en Gestión de Mantenimiento. *Mantenimiento Productivo Total, 1*. Cuenca, Azuay, Ecuador.

García, F. (18 de octubre de 2015). Como introducir a las empresas en el TPM. (F. Astudillo, Entrevistador)

Gómez Botero, P. A. (2010). Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad. *GESTIÓN & SOCIEDAD, 3*(2), 75-88.

González Guajardo, J. (s.f.). *SIMA: Servicio de Ingeniería y Mantenimiento Autónomo*. Obtenido de http://www.geocities.ws/sima_tpm/mautonomo.html

Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing-Conceptos, técnicas e implantación.* Madrid, España: Escuela de Organización Industrial.

Instituto Politécnico Nacional. (Mayo de 2013). Metodología de las 5´S. México.

ISO 9000:2015. (2015). *Sistema de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario.*

Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). *Administración, una perspectiva global y empresarial.* (14 ed.). México D.F.: McGraw-Hill/INTERAMERICANA DE EDITORES S.A. DE C.V.

López Solar, G. (Diciembre de 2004). *Técnica Industrial.* Obtenido de http://www.tecnicaindustrial.es

Madariaga Neto, F. (2013). *Lean Manufacturing.* España: Bubok Publishing S.L.

Medina Gutiérrez, D. C., & Navarrete Camelo, Á. M. (2005). Adecuación del sistema ANDON en la línea movil de la planta de pintura en GM COLMOTORES. Bogotá, Colombia.

Mele, G. (2015). Estrategias de Clase Mundial para generar mayor fiabilidad de la operación: TPM y RCM. *Forum Regional: Mantenimiento y Gestión de Activos.* Guayaquil.

Nakajima, S. (1993). *INTRODUCCION AL TPM - Mantenimiento Productivo Total.* Madrid: Productivity Press.

NTE INEN 0439. (1984). *Colores, señales y símbolos de seguridad*.

Ortega, F. (s.f.). Lean Manufacturing… Y Mayor Productividad en la Industria. *El Mueble y La Madera M&M*, 87-92.

Padilla, L. (Enero de 2010). Lean Manufacturing-Manufactura Esbelta/Ágil. *Ingeniería Primero*(15), 64-69.

PROANLNET (Dirección). (2014). *TPM Las seis grandes pérdidas* [Película]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=XQbXsnPr3Oc

Quesada Pineda, H., Buehlmann, U., & Arias, E. (9 de Mayo de 2013). Pensamiento Lean: Ejemplos y Aplicaciones en la Industria de Productos de Madera. *Virginia Cooperative Extension*, 1-17.

Rajadell Carreras, M., & Sánchez García, J. L. (2010). *LEAN MANUFACTURING-La evidencia de una necesidad.* Madrid, España: Díaz de Santos.

Revista Ejemplode.com. (09 de 2012). *Ejemplo de Plan de Trabajo*. Obtenido de http://www.ejemplode.com/26-empleo/2323-ejemplo_de_plan_de_trabajo.html

Reyes A., P. (s.f.). *icicm*. Obtenido de www.icicm.com

Rivera Cadavid, L. (2012). Justificación Conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing. *Heurística*(15), 91-106.

Sánchez, J., & Lemus, A. (2010). KAIZEN El camino del cambio. *D.R. DINAMO Value Partners, S.C.*

Sanz Santos, E. (2008). *Consultores Documentales.* Obtenido de http://sorprendemos.com/consultoresdocumentales

Shirose, K. (1994). *TPM para Operarios.* Madrid, España: Productivity Press.

Sugiyama, T. (1991). *El libro de las Mejoras.* Madrid: Productivity Press Inc.

Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad, XXXVI*(2), 276-310.

Vargas Rodríguez, H. (2004). *Manual de implementación de las 5 S.* Corporación Autónoma Regional de Santander.

Vásquez, A. (1994). *HOBEKUNTZA: La sorprendente vía de Maier hacia la competitividad total.* Madrid: Diaz de Santos, S.A.

Vilda, F. G. (2013). LEAN MANAGEMENT aplicado a la logística. Obtenido de www.leanbox.es

Villaseñor Contreras, A., & Galindo Cota, É. (2007). *Manual de Lean Manufacturing-Guía básica* (Primera ed.). Limusa, México: LIMUSA S.A.

Vollmann, T., Whybark, D., Berry, W., & Jacobs, F. (2005). *Planeación y Control de la producción: Administración de la cadena de suministros.* Mexico: Mc Graw Hill.

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Tinking.* New York: Free Press.