

Universidad Católica de Santa María
Escuela de Postgrado
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento



**PROPUESTA PARA DETERMINAR LAS CAUSAS PRINCIPALES DE
LOS ELEMENTOS DE DESGASTE EN LA BATEA DE UNA BOMBA
CONCRETERA PARA INCREMENTAR SU DISPONIBILIDAD**

Tesis presentada por el Bachiller:

Paredes Quispe, Charles Humberto

Para optar el Grado Académico de:

**Maestro en Ingeniería de
Mantenimiento**

Asesor:

Dr. Molina Rodríguez, Fredy Nicolás

Arequipa - Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSTGRADO

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 17 de Abril del 2020

Dictamen: 000107-C-EPG-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000107, presentado por:

2015004371 - PAREDES QUISPE CHARLES HUMBERTO

Titulado:

**PROPUESTA PARA DETERMINAR LAS CAUSAS PRINCIPALES DE LOS ELEMENTOS DE DESCASTE
EN LA BATEA DE UNA BOMBA CONCRETERA PARA INCREMENTAR SU DISPONIBILIDAD**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1064 - VELARDE BEDREGAL HECTOR RAUL
DICTAMINADOR**



**1780 - VALENCIA BECERRA ROLARDI MARIO
DICTAMINADOR**



**2346 - MOLINA RODRIGUEZ FREDY NICOLAS
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

Dedico de manera muy especial el presente trabajo a mi esposa Jenny y a mis pequeños hijos Ricardo y Diego con todo mi cariño para ellos que me regalaron su tiempo para avanzar y alcanzar el objetivo.

Quiero agradecer a mis queridos Padres Ricardo y Gloria quienes me inculcaron los valores, me dieron la vida, la educación para ser una persona de bien y un profesional ético y que siempre están pendientes de mí.

A mis hermanas que siempre están apoyándome en todo momento y están presentes en todas las etapas de mi vida en las buenas y en las malas.

A mis queridos sobrinos Samíra, Patrick y Luciana que son la alegría para poder seguir avanzando y lograr más objetivos.

Finalmente quiero agradecer mi alma mater la Universidad Católica Santa María por acogerme y formar un buen profesional para nuestra sociedad.

“La sabiduría consiste en aprender todo lo posible, pero con la humildad de admitir que no lo sabemos todo”

Stephen R. Covey

RESUMEN

En esta tesis se presenta un procedimiento para determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera con el fin de poder incrementar su disponibilidad.

Ya que se tiene presente que las bombas concreteras son equipos especiales y son utilizados para bombeo de concreto a niveles elevados y que deben en todo momento estar disponibles y sin presencia de fallas en el servicio.

Lamentablemente estos equipos de bombeo tienen un elevado costo en su mantenimiento y su disponibilidad es muy baja de un 75% en comparación de otros equipos de la competencia que llegan a un 85%.

Para desarrollar el presente procedimiento iniciaremos con una revisión de los equipos que se cuenta en la empresa de estudio, tendremos que tener presente como está la disponibilidad de los equipos antes de realizar el procedimiento, así mismo revisar la data que nos dé un panorama de la situación y condición de los equipos a estudiar.

Para la aplicación del método se debe primero saber que equipos son los más críticos en base a diferentes parámetros en comparación con una matriz de criticidad; sabiendo que equipos es el más crítico debemos ayudarnos de alguna técnica para poder saber cuáles son las fallas que tienen impacto en la disponibilidad y en el tema económico, tal es así que aplicaremos la metodología FMEA modificada que es una metodología moderna con el fin de poder saber los elementos de riesgo.

Finalmente aplicaremos una herramienta de calidad como el diagrama Pareto para conocer los pocos vitales para luego analizar qué tipo de estrategia se debe utilizar, y así con esta estrategia poder incrementar la disponibilidad del equipo luego de saber las causas principales de falla en los elementos de desgaste de la batea de las bombas concreteras.

Palabra clave: Bomba concretera, Disponibilidad de los Equipos, Criticidad de los Equipos.

ABSTRACT

In this thesis, a procedure is presented to determine the main causes of the wear elements in the trough of a concrete pump in order to increase its availability.

Since it is kept in mind that concrete pumps are special equipment and are used for pumping concrete at high levels and that they must be available at all times and without the presence of service failures.

Unfortunately, these pumping equipment have a high cost in their maintenance and their availability is very low of 75% compared to other competing equipment, which reaches 85%.

To develop this procedure we will start with a review of the equipment that is available in the study company, we will have to keep in mind the availability of the equipment before performing the procedure, as well as review the data that gives us an overview of the situation and condition of the equipment to be studied.

To apply the method, you must first know which equipment is the most critical based on different parameters compared to a criticality matrix; Knowing which teams are the most critical, we must help ourselves with some technique to be able to know which are the faults that have an impact on availability and on the economic issue, such that we will apply the modified FMEA methodology, which is a modern methodology in order to be able know the elements of risk.

Finally we will apply a quality tool such as the Pareto diagram to know the vital few and then analyze what type of strategy should be used, and thus with this strategy we can increase the availability of the equipment after knowing the main causes of failure in the wear elements from the trough of the concrete bombs.

Key word: Concrete pump, Equipment Availability, Equipment Criticality.

INTRODUCCIÓN

El entorno global al que todas las empresas se están enfrentando exige estudios especiales de todas las operaciones ejecutadas por la organización; tal es el caso que en esta ocasión se decidió analizar las operaciones de mantenimiento de las bombas concreteras de una empresa concretera de la región sur del Perú.

La empresa en mención es una empresa que presta servicios de suministro de concreto para todo tipo de obras de construcción ya sean edificios, puentes, domicilios etc. Incluido los servicios a los asientos mineros de la región como es el caso de las mineras toquepala, cuajone, cerro verde, minsur, bateas etc.

Por lo cual debido a que dicho servicio es muy rentable para la empresa y el equipo fundamental para la prestación de un buen servicio son las bombas concreteras, este dicho equipo debe estar en óptimas condiciones para que no falle durante un servicio, así como tener una buena disponibilidad.

Se puede decir que la disponibilidad y los costos son los parámetros utilizados en medir la confiabilidad del equipo, por lo tanto la propuesta para determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad se va centrar en mejorar los parámetros antes mencionados.

Por esta razón se realizara una metodología basado en el riesgo con el fin de poder identificar los componentes que tienen mayor impacto en el análisis y así generar propuestas de solución para poder incrementar la disponibilidad de los equipos.

INDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	11
1. Enunciado del problema.....	11
2. Identificación (problema, oportunidad)	11
3. Descripción de problema.....	11
4. Objetivos del estudio.....	12
4.1. Objetivo General.....	12
4.2. Objetivo Específico.....	12
5. Hipótesis.....	12
6. Variable	12
6.1. Variable Independiente	12
6.2. Variable Dependiente.....	12
7. Tipo de Investigación.....	13
8. Justificación.....	13
9. Matriz de Consistencia.....	13
CAPITULO II: MARCO TEORICO	15
1. Marco Teórico	15
1.1. El Mantenimiento.....	15
1.2. Objetivo del Mantenimiento.....	15
1.3. Tipos de Mantenimiento:.....	15
1.3.1. Mantenimiento Reactivo.	15
1.3.2. Mantenimiento Proactivo.	16
1.3.2.1. Mantenimiento Preventivo.	16
1.3.2.2. Mantenimiento Predictivo.	17
1.3.2.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	17
1.4. Estrategias de Mantenimiento	18
1.4.1. Mantenimiento Predictivo.	18

1.4.2.	Mantenimiento Proactivo.	18
1.4.3.	El Monitoreo de Condiciones	18
1.4.3.1.	Objetivos del Monitoreo Basado en Condiciones (MBC).	20
1.4.3.2.	Selección de la Maquinaria a Monitorear.....	21
1.4.3.3.	Selección de la Tecnología Adecuada.....	22
1.5.	Indicadores del Mantenimiento	29
1.5.1.	Disponibilidad del Equipo.....	29
1.5.2.	Tiempo Medio entre Fallas - MTBF	30
1.5.3.	Tiempo Medio de Reparación - MTTR	30
1.6.	Confiabilidad Operacional.....	30
1.7.	Herramientas de Confiabilidad Operacional	31
1.7.1.	Análisis de Criticidad.....	31
1.7.1.1.	Importancia de los Equipos dentro del Proceso.....	33
1.7.1.2.	Calculo del Método de Análisis de Criticidad Total por Riesgo.	34
1.7.2.	Otras Herramientas de Confiabilidad Operacional.	36
1.8.	Técnicas para Análisis de Datos	37
1.8.1.	Análisis de Modos y Efectos de Falla Modificado.	38
1.8.1.1.	Implementación de FMEA Modificado.	38
1.8.2.	Análisis por Diagrama Pareto.....	41
1.8.2.1.	Aplicación del Diagrama Pareto.....	41
1.8.2.2.	Pasos para la Implementación del Diagrama Pareto.....	41
1.8.2.3.	Ventajas del Diagrama Pareto.	41
1.8.2.4.	Utilidad del Diagrama Pareto.	42
CAPITULO III: RESEÑA HISTORICA		43
1.	Reseña Histórica Actual de la Empresa.	43
1.1.	Productos Producidos.....	44
1.1.1.	Concreto.	44
1.1.1.1.	Premezclado.....	44
1.1.1.2.	Shotcrete	46
1.1.2.	Agregados.....	47
1.1.3.	Embolsados.....	48

1.1.4.	Prefabricados.	49
1.2.	Distribución de Plantas.....	49
1.3.	Transporte del Concreto.....	50
1.3.1.	Camión Mixer.....	51
1.3.1.1.	Partes Esenciales del Mixer.....	51
1.3.2.	Bomba Estacionaria.	52
1.3.3.	Autobomba Concretera.	54
1.3.3.1.	Partes de Bombeo de Hormigón o Concreto.	54
1.4.	Identificación De Los Equipos De Bombeo.....	59
1.4.1.	Placa Característica de la Máquina.	60
1.4.2.	Placa Característica de la Pluma.....	61
2.	Data de las Bombas Concreteras	63
3.	Especificación Técnica de las Bombas Telescópicas	63
CAPITULO VI: ANALISIS SITUACIONAL.....		67
1.	Situación de Bombas Concreteras o de Hormigón	67
2.	Programa de Mantenimiento	67
3.	Criterio de Medición del Mantenimiento	68
4.	Resumen del Análisis situacional	69
CAPITULO IV: PROPUESTA E IMPLEMENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS		
.....		70
1.	Propuesta de consideración para la solución.....	70
2.	Aplicación de la propuesta	70
2.1.	Método Análisis de Criticidad.....	70
2.2.	Aplicación Del Método Análisis De Modo Y Efecto De Fallas Modificado (FMEA Modificado).	72
3.	Análisis de aplicación de la propuesta	74
4.	Implementación basada en análisis de propuesta	74
4.1.	Conformación del Equipo de Trabajo.....	75
4.2.	Procedimiento del Mantenimiento Componente Batea.....	75
4.3.	Procedimiento de Engrasado	77
4.4.	Procedimiento de Mantenimiento Preventivo de Elemento de Desgaste.....	80

4.5.	Programa de Capacitación Personal.....	96
4.6.	Programa de Mantenimiento Propuesto	96
4.7.	Costo de Repuestos para Servicio de Batea	97
4.8.	Costo de Mantenimiento Preventivo Propuesto	99
4.9.	Despiece de los Componentes de Mejora	100
4.10.	Costo de Instalación del Sistema de Lubricación Automática	104
4.11.	Detalles Técnicos de los Componentes usados en el Sistema de Engrase Automático. 108	
4.11.1.	Bomba Eléctrica de Grasa.....	108
4.11.2.	Tarjeta Programable.....	109
4.11.3.	Válvula Distribuidora de Grasa	109
4.12.	Análisis de Inversión.....	111
5.	Costos de Producción.....	112
5.1.	Costo de Producción 2017.....	112
5.2.	Costo de Producción 2018.....	114
5.3.	Costo de Producción 2019.....	116
6.	Indicadores Kpi.....	118
6.1.	Indicadores 2017	118
6.2.	Indicadores 2018.....	119
6.3.	Indicadores 2019.....	119
7.	Disponibilidad de los Equipos	120
8.	Resultado de la Implementación.....	121
9.	Validación de la Implementación	124
10.	Conclusiones.....	126
11.	Recomendaciones	127
12.	Referencias Bibliográficas.....	128
12.1.	Bibliografía.....	128
	Anexos.....	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de factor de evaluación de criticidad	32
Tabla 2. Matriz de criticidad.....	35
Tabla 3 Distribución de plantas de concreto por Departamento.....	50
Tabla 4. Data de Bombas Telescópicas Concretera.....	64
Tabla 5. Plan de mantenimiento de la Bomba Concretera.	68
Tabla 6. Análisis de Criticidad del Equipo en Bomba Telescópica o Concretera.	71
Tabla 7. Método de Análisis de Modo y Efecto de Fallas Modificado (FMEA Modificado).	72
Tabla 8. Capacitación Personal de Mantenimiento.....	96
Tabla 9. Capacitación Personal Operaciones	96
Tabla 10: Costo de Repuestos Batea.....	98
Tabla 11. Costo de Mantenimiento Propuesto para Mantenimiento de Batea.	99
Tabla 12. Leyenda de Puntos de Engrase del Sistema Automático.....	105
Tabla 13 Producción 2017.....	112
Tabla 14 Intervención y Desgaste de Batea 2017.....	113
Tabla 15 Producción 2018.....	114
Tabla 16 Intervención y Desgaste de Batea 2018.....	115
Tabla 17 Producción 2019.....	116
Tabla 18 Intervención y Desgaste de Batea 2019-08.....	117
Tabla 19 Cuadro resumen de la Implementación.	121

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Intervalo P-F	19
Figura 2: Grafica de costo de mantenimiento.....	22
Figura 3: Grafica de análisis de causa de falla.	25
Figura 4: Grafica de falla - final de falla.....	27
Figura 5: Grafica para seleccionar la tecnología con p-f más largo.	28
Figura 6: Grafica frecuencia ideal de muestreo.....	29
Figura 7: Modelo de FMEA Modificado.	38
Figura 8: Modelo de Recopilación de Datos.....	39
Figura 9: Diagrama Pareto del Análisis de FMEA Modificado.....	40
Figura 10: Diagrama Pareto.....	42
Figura 11: Evolución división concretos.....	44
Figura 12: Productos Embolsados de agregados.	48
Figura 13: Bomba Concretera Estacionaria CP 2110HP Putzmeister	53
Figura 14: Bomba Concretera Estacionaria Thom Katt TK-70 Putzmeister.....	53
Figura 15: Tolva Mezcladora de Bomba de Concreto Putzmeister.....	55
Figura 16: Conjunto Hidráulico de la Bomba Concretera.....	55
Figura 17: Motor Diésel Acoplado al Sistema Hidráulico.....	56
Figura 18: Sistema de tubería de bombeo Putzmeister.....	57
Figura 19: Accesorios de Bombeo Putzmeister.....	57
Figura 20: Sistema de Control Ergonic Putzmeister.....	59
Figura 21: Placa de Valores de la Maquina.....	60
Figura 22: Placa de datos de la Pluma.....	61
Figura 23: Ejemplo de identificación del modelo del Equipo.....	62
Figura 24: Especificación técnica del camión de la bomba.....	65
Figura 25: Especificación Técnica de Bomba y Pluma.....	66
Figura 26: Disponibilidad del año 2017 de las Bombas Concreteras.....	69
Figura 27: Diagrama de Pareto de los Elementos de Desgaste.....	73
Figura 28: Intervenciones en elementos de desgaste de batea.....	75
Figura 29: Cuadro de Equipo de trabajo para el Análisis de criticidad.....	75
Figura 30: Limpieza del tubo oscilante de la batea.....	76

Figura 31: Manguera introducida en codo abatible para limpieza.....	76
Figura 32: Especificaciones de grasa del fabricante.	78
Figura 33: Especificación de grasa lítica EP1 Repsol.....	79
Figura 34: Puntos de engrase de batea	80
Figura 35: Visión general de batea	81
Figura 36: Tubo oscilante S.....	82
Figura 37: Soporte del tubo de presión	83
Figura 38: Montaje de juntas del soporte de tubo de presión.....	83
Figura 39: Posición de montaje de las juntas del soporte de tubo de presión.	84
Figura 40: Desenroscado de chapa de seguridad	85
Figura 41: Desmontaje de cilindro buzo	85
Figura 42: Desmontaje de Palanca Giratoria.....	86
Figura 43: Desmontaje del soporte con brida.....	87
Figura 44: Montaje de juntas en el soporte con brida.	87
Figura 45: Posición del montaje de las juntas del soporte con brida.	88
Figura 46: Separación Tubo S de placa gafas.....	88
Figura 47: Remoción de Tornillos de Fijación de Placa Gafas.	89
Figura 48: Desmontaje del Tubo S.	90
Figura 49: Casquillo Y Tubo S.....	90
Figura 50: Casquillo Montado y Tubo S Enchaquetado.....	91
Figura 51: Montaje de Anillo de Presión y Desgaste.....	91
Figura 52: Montaje del soporte del tubo de presión.....	92
Figura 53: Fijación del anillo con collar.	93
Figura 54: Montaje del pasador de fijación.	93
Figura 55: Alineación de la palanca giratoria.....	94
Figura 56: Montaje de Tuerca Hexagonal.	94
Figura 57: Ajuste de separación anillo de desgaste y tubo oscilante.	96
Figura 58: Componentes de Desgaste 7.0.	100
Figura 59: Piezas de Desgaste 7.1.....	101
Figura 60: Accionamiento Tubo S 7.3	101
Figura 61: Cojinete Tubo Oscilante 7.4	102

Figura 62: Conjunto Manguito de Presión 7.5	102
Figura 63: Motor Hidráulico y Agitador 8.0	103
Figura 64: Cotización de Instalación del Sistema de Engrase Automático.....	104
Figura 65: Puntos de Engrase del Sistema Engrase Automático.....	105
Figura 66: Componentes de Batea sin Sistema Lubricación Automática.	106
Figura 67: Componente de Batea con Sistema de Lubricación Automática.	107
Figura 68: Bomba de Grasa Automática Instalada.	107
Figura 69: Válvula Distribuidora de grasa instalada.....	108
Figura 70: Detalle Técnico de la Bomba Eléctrica de Grasa instalada.	109
Figura 71: Detalle Técnico de Tarjeta Electrónica	109
Figura 72: Detalle Técnico de Válvula Distribuidora.....	110
Figura 73: Análisis de Inversión.....	111
Figura 74: Indicador Kpi 2017.	118
Figura 75: Indicador Kpi 2018.	119
Figura 76: Indicador Kpi 2019-08.	119
Figura 77: Disponibilidad de los equipos.....	120
Figura 78: Resumen de Indicadores.....	122
Figura 79: Costo de Falla de los Activos Anual.....	122
Figura 80: Costo de Ganancia y Costo de Producción.....	123
Figura 81: Pérdida y Producción en M3.....	123
Figura 82. Informe de seguimiento.....	125

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Camión bomba concretera para vaciado de concreto a gran altura	46
Fotografía 2: Sostenimiento y Revestimiento de Túneles por Shotcrete	47
Fotografía 3: Transporte y Bombeo de concreto a distancia.	51
Fotografía 4: Partes Esenciales del Camión Mixer.....	52
Fotografía 5: Autobomba Concretera Putzmeister en Proceso de Vaciado.	54
Fotografía 6: Filtro de Aceite Putzmeister.	58
Fotografía 7: Ubicación de la identificación de modelo Putzmeister.	62
Fotografía 8: Equipo Bomba telescópica o Concretera.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	132
Anexo 2 Tabla de evaluación de criticidad.	133
Anexo 3 Matriz de criticidad.	133
Anexo 4 Placa característica del equipo.....	134
Anexo 5 Placa de pluma.....	135
Anexo 6 Identificación de modelo.....	136
Anexo 7 Especificación técnica del camión.....	137
Anexo 8 Especificación técnica de la pluma.	138
Anexo 9 Método de análisis de criticidad.	139
Anexo 10 Diagrama Pareto	140
Anexo 11 Tabla FMEA Modificado.	141
Anexo 12 Plan de mantenimiento propuesto.....	142
Anexo 13 Check List de Inspección	143
Anexo 14 Cotización Bomba automática de engrase.....	144
Anexo 15 Imágenes fotográficas del proceso de mantenimiento.	145

CAPITULO I: GENERALIDADES

1. Enunciado del problema

“Propuesta para determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad”

2. Identificación (problema, oportunidad)

El presente estudio constituye un proyecto con el fin de reducir los elevados costos de mantenimiento que se tiene en la batea de las bombas concreteras, ya que el servicio de mantenimiento en la batea representa con costo considerable en el mantenimiento y el tiempo para su reparación también es considerable, muy adicional que el equipo de bombeo es un equipo clave para la realización de la venta del concreto en la obra.

3. Descripción de problema

Para efecto de solucionar el problema de poder reducir los costos elevados en el mantenimiento de componentes de la batea, su rendimiento y que afectan la disponibilidad del equipo ante tal problema planteamos desarrollar un análisis y/o estudio de los motivos por el cual las fallas están afectando los parámetros.

Una técnica práctica y aplicativa que sirva de modelo para definir una frecuencia de mantenimiento óptima.

Por el cual podemos indicar que el principal problema que atraviesa la empresa es que no tiene definido una plan de mantenimiento estándar y al no estar definido los gastos por mantenimiento no son controlados, incrementando los tiempos de reparación en el taller de los equipos claves del negocio.

Es por ello que planteamos determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de las bombas concreteras con el fin de poder reducir los costos de mantenimiento y por ende incrementar la disponibilidad en los equipos.

4. Objetivos del estudio

4.1. Objetivo General

1. Determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad y poder reducir los costos de mantenimiento.

4.2. Objetivo Específico

2. Aplicar y analizar la metodología FMEA (análisis de modos y efectos de falla) en las bombas concreteras para determinar las causas de los elementos de desgaste.
3. Aplicar la técnica de análisis de datos para identificar los componentes con alto índice de fallas en la bomba concretera.
4. Verificar que la aplicación de las metodologías puede incrementar la disponibilidad en las bombas concreteras.
5. Comparar y verificar la intervención de los componentes de desgaste de la batea.

5. Hipótesis

De acuerdo a los objetivos planteados podríamos indicar:

Al determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea se lograra incrementar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento.

6. Variable

6.1. Variable Independiente

- Determinación de las causas de elementos de desgaste
- Corrección y/o eliminación de las causas encontradas

6.2. Variable Dependiente

- Incremento de disponibilidad

7. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptiva, la cual reseña las características y la situación del objeto de estudio, mediante la recolección de datos, métodos cuantitativos porque analizaremos datos.

Además cabe decir que es de tipo correlacional debido a que existe una correlación de variables dependiente e independiente.

“En términos generales podemos afirmar que, desde el enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación juega un papel decisivo para validar o rechazar las hipótesis formuladas” (...) (Bisquerra, 2009, pág. 120).

8. Justificación

Dado que la presente investigación tiene muy poca información para bombas de concreto la aplicación de la investigación será por el método indicado. En la actualidad debido a las exigencias y el aumento de la demanda del servicio de equipos especiales para poder sustentar al área de operaciones y al área comercial todos los pedidos de vaciado de concreto a los diferentes clientes se requieren bombas concreteras de gran capacidad que mantengan un buen performance en el funcionamiento y su elevada disponibilidad para la generación del sustento económico del negocio de la empresa y que puedan cumplir con los compromisos que presta la empresa concretera.

Para ello es necesario analizar la problemática antes indicada y es por ello que la presente investigación nos va poder ayudar a determinar cómo inicio las causas principales de los elementos de desgaste de la batea en las bombas concreteras con el fin de poder incrementar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos de mantenimiento.

9. Matriz de Consistencia

Propuesta para determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad

Problema	Objetivo	Justificación	Hipótesis	Variables
<p>El presente estudio constituye un proyecto con el fin de reducir los elevados costos de mantenimiento que se tiene en la batea de las bombas concreteras, ya que el servicio de mantenimiento en la batea representa con costo considerable en el mantenimiento y el tiempo para su reparación también es considerable, muy adicional que el equipo de bombeo es un equipo clave para la realización de la venta del concreto en la obra.</p>	<p>Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad y poder reducir los costos de mantenimiento. <p>Objetivo Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> •Aplicar y analizar la metodología FMEA (análisis de modos y efectos de falla) en las bombas concreteras para determinar las causas de los elementos de desgaste. •Aplicar la técnica de análisis de datos para identificar los componentes con alto índice de fallas en la bomba concretera. •Verificar que la aplicación de las metodologías pueden incrementar la disponibilidad en las bombas concreteras. •Comparar y verificar la intervención de los componentes de desgaste de la batea. 	<p>En la actualidad no se cuenta con mucha información sobre bombas concreteras y debido a las exigencias y el aumento de la demanda del servicio de equipos especiales para poder sustentar al área de operaciones y al área comercial todos los pedidos de vaciado de concreto a los diferentes clientes se requieren bombas concreteras de gran capacidad que mantengan un buen performance en el funcionamiento y su elevada disponibilidad para la generación del sustento económico del negocio de la empresa y que puedan cumplir con los compromisos que presta la empresa concretera.</p>	<p>Al determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea se lograra incrementar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento.</p>	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> •Determinación de las causas de elementos de desgaste •Corrección y/o eliminación de las causas encontradas <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> •Incremento de disponibilidad

CAPITULO II: MARCO TEORICO

1. Marco Teórico

1.1. El Mantenimiento.

Es una disciplina cuyo propósito consiste en conservar el equipo y las máquinas en un estado de operación, lo que contiene los servicios, inspecciones, ajustes, pruebas, reinstalaciones, reemplazos, calibraciones, reconstrucciones y reparaciones. Especialmente se fundamenta en el desarrollo de criterios, técnicas y conceptos requeridos para el mantenimiento, suministrando una guía de criterios y políticas para la toma de decisiones en la administración y colocación de programas de mantenimiento (Fundamentos Básicos del Mantenimiento, 2011).

1.2. Objetivo del Mantenimiento.

“El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos” (Fundamentos Básicos del Mantenimiento, 2011).

(...) En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos: a) Optimización de la disponibilidad del equipo productivo, b) Disminución de los costos de mantenimiento, c) Optimización de los recursos humanos, d) Maximización de la vida de la máquina (Fundamentos Básicos del Mantenimiento, 2011).

1.3. Tipos de Mantenimiento:

El mantenimiento puede agruparse en 2 tipos: mantenimiento reactivo y mantenimiento proactivo (Tecsop Virtual, 2017).

1.3.1. Mantenimiento Reactivo.

Es el mantenimiento en el cual no se efectúa ninguna clase de programación ni planificación. Aquí concierne la reparación inesperada de fallas y que se practica en las organizaciones, en aquellos aparatos de costo bajo, donde la máquina es de una

naturaleza auxiliar que no se encuentra relacionada a la producción. Si se ejecutara en máquinas relacionadas con la producción los costos de mantenimiento serían bastante elevados (Tecsups Virtual, 2017).

1.3.2. Mantenimiento Proactivo.

Corresponde a un mantenimiento programado y planificado llevado a cabo con la finalidad de que la administración del mantenimiento sea más efectivo; aquí se agrega la definición moderna de que las funciones de mantenimiento no deben pertenecer solamente a la división de mantenimiento, sino que parte de estas funciones se deben situar a las divisiones de investigación y desarrollo, producción, ingeniería, diseño, finanzas y compras así como a los operadores, proveedores y a la gerencia general (Tecsups Virtual, 2017).

“Este tipo de mantenimiento abarca: a) El mantenimiento preventivo, b) El mantenimiento predictivo y c) El mantenimiento productivo total” (Tecsups Virtual, 2017).

1.3.2.1. Mantenimiento Preventivo.

Tecsups Virtual (2017):

Es el proceso de servicios periódicos (rutinarios) al equipo. Este puede ser desde una rutina de lubricación hasta la adaptación, después de un determinado tiempo, de piezas o componentes. El intervalo entre servicios puede ser en horas de operación, número de cambios de operación, en tiempo (horas, días, semanas, meses, etc.). Una vez que se ha establecido el programa, se deberán realizar chequeos para verificar si el intervalo fijado es correcto (pág. 7).

Las tareas se pueden concentrar en tareas de rutina: que se precisan como actividades de lubricación, limpieza, ajuste, prueba, inspección, reparaciones menores y servicio. Estas toman pocos minutos. Las tareas de mantenimiento global: tareas que implican una utilización de muchas herramientas, parcial desmantelamiento, personal especializado, reemplazo de varios componentes, mucho más tiempo que las tareas rutinarias, etc.; en esta etapa es importante la intervención del operador y el equipo no es retirado de su base. Las tareas de

reconstrucción u overhaul: son tareas que implican el desmantelamiento de las máquinas, retiro del equipo de la línea de producción, uso de herramientas y máquinas, reconstrucción de varias partes de unidades, personal con alto nivel de habilidad, recalibración y pruebas de funcionamiento, intervención de proveedores y un mayor tiempo para su ejecución (Tecsop Virtual, 2017).

1.3.2.2. Mantenimiento Predictivo.

Habitualmente se efectúa apartadamente del mantenimiento preventivo (...). No obstante sirve para el mismo fin que el mantenimiento preventivo; prevenir errores de las máquinas prediciendo cuando va a fallar un cierto dispositivo; el mantenimiento predictivo contiene una serie de análisis y pruebas como: Análisis de lubricantes, Análisis de vibraciones, Análisis espectrográfico de aceite, Ensayos no destructivos, Inspección visual, tintas penetrantes, partículas magnéticas, radiografías, ultrasonido, termografía infrarroja, pruebas de aislamiento (Tecsop Virtual, 2017).

1.3.2.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Una filosofía que se maneja es que el TPM mejora permanentemente la efectividad global de los equipos, con la activa participación de los operadores.

“Es un tipo de gestión de mantenimiento basado en la implementación del personal de producción en el mantenimiento de los equipos. Esta mayor implicación se traduce en que las tareas de mantenimiento básicas y la solución de pequeños problemas corre por cuenta del personal que normalmente opera los equipos” (García, Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, 2003, pág. 187). Esta definición enfatiza en una activa participación de los operadores del equipo en actividades de mantenimiento.

Parte de este mantenimiento de los equipos y de su mejoramiento a su más elevado nivel de rendimiento es adquirir la meta de cero defectos, de esta manera las metas del TPM son: cero tiempos de parada no planeada, cero productos defectuosos causados por equipos y cero pérdida de velocidad de equipos (Tecsop Virtual, 2017).

1.4. Estrategias de Mantenimiento

1.4.1. Mantenimiento Predictivo.

Se enfoca a los síntomas de falla, utilizando distintas técnicas ya mencionadas en el párrafo anterior.

1.4.2. Mantenimiento Proactivo.

Utilizando básicamente las mismas herramientas que el Monitoreo de Condición, el Mantenimiento Proactivo, se enfoca a eliminar y/o disminuir las consecuencias de las fallas, y a extender la vida útil de las máquinas, buscando eliminar o minimizar las causas de falla utilizando herramientas antes mencionadas.

1.4.3. El Monitoreo de Condiciones

De forma similar que el Mantenimiento Predictivo, se enfoca también a los efectos o síntomas de las fallas, utilizando distintas técnicas para monitorear el performance de un equipo, a través de la medida y seguimiento de determinados parámetros físicos, para lograr anticiparse a la falla:

- Inspecciones de la maquinaria con los sentidos:
 - Inspección Visual
 - Olor
 - Ruidos anormales
 - Vibraciones
 - Temperatura
- Inspecciones de la maquinaria a través de Ensayos No Destructivos:
 - Inspección visual
 - Inspección por ultrasonido
 - Partículas magnéticas
 - Radiografías
 - Tintas penetrantes
- Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria
- Monitoreo de la Temperatura

- Inspección mediante Termografía Infrarroja
- Monitoreo de espesores, mediante ultrasonido
- Monitoreo de partículas de desgaste en los aceites
- Monitoreo de la condición del lubricante
- Análisis de corrientes en máquinas eléctricas
- Medición del desempeño de equipos:
 - Presión
 - Caudal
 - Potencia entregada
 - Consumo eléctrico
 - Consumo de combustible

Según Altmann (2009): “El mayor beneficio, es lograr una alerta temprana, de manera de programar una intervención correctiva, lo cual genera una disminución de las fallas catastróficas, y un consecuente aumento de la disponibilidad” (pág. 59).

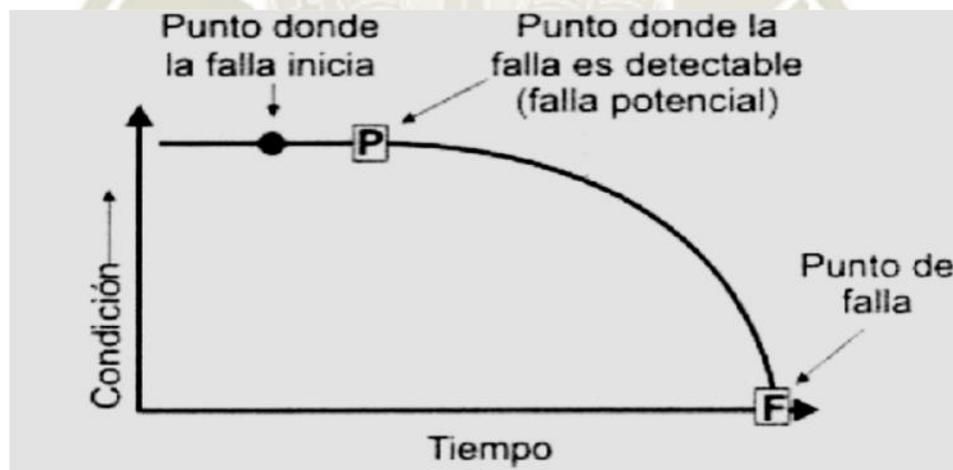


Figura 1: Intervalo P-F

Fuente: Altmann, C. (2009). ¿Cómo mejorar la Confiabilidad de un Sistema Complejo?

Período P-F: Es el Intervalo de tiempo entre que se detecta la falla potencial y se convierte en una falla funcional.

(...) Ante una propia falla, cada técnica de monitoreo tiene un intervalo P-F característico, y que establecerá la frecuencia óptima de inspección, como un tercio del intervalo P-F (Altmann, 2009).

De acuerdo con Altmann (2009) “Cada técnica posee su campo de aplicación, donde es mayor su poder de detección, así como también la aplicación combinada de varias técnicas puede potenciar y complementar su eficacia” (pág. 2).

Si vemos en el caso de los engranajes, tanto se podría utilizar el monitoreo de condición, por medio del análisis de aceite, como por el análisis de vibraciones; pero innegablemente el análisis de aceite permitirá descubrir, una falla en una manera más pronta, ya que en la ampliación en la tendencia de contenidos de desgaste se pondrá de manifiesto, antes de que se produzca un incremento en los niveles de vibración del equipo (Altmann, 2009).

1.4.3.1. Objetivos del Monitoreo Basado en Condiciones (MBC).

El objetivo del MBC es de comprender el estado de la maquinaria, de modo que se pueda establecer su operación de una forma eficiente, segura y con economía. Las técnicas de monitoreo están orientadas a la medida de variables físicas que son indicadores del estado de la maquinaria y mediante un análisis, ejecutar la comparación con valores normales, para fijar si se encuentra en un estado óptimo o en condiciones de desgaste. Esta estrategia asume que existen características visibles y medibles que son indicadores del estado de la maquinaria. Los beneficios del MBC se pueden clasificar en: a) Detectar problemas en la maquinaria (predictiva), b) Detectar condiciones que pueden ser causa de falla (proactiva) c) Diagnostico de la causa de la falla (proactiva) d) Pronóstico de utilidad (predictiva) y e) Evitar fallos catastróficos (predictiva) (Trujillo, 2003).

Trujillo (2003) menciona que:

El monitoreo de condición estudia la evolución de los parámetros seleccionados en función del tiempo y establece una tendencia que indica la existencia de un fallo, su gravedad y el tiempo en que el equipo puede fallar. La toma de decisiones a tiempo permite evitar que el fallo se presente (proactivo) o eliminar la posibilidad

de un fallo catastrófico (predictivo). La ventaja de esta estrategia, es que puede ser efectuado mientras el equipo está funcionando. De esta manera, las acciones de mantenimiento o corrección de los parámetros de funcionamiento cuando las mediciones así lo indiquen, evitando acciones intrusivas a la maquinaria que son generadoras de defectos (pág. 2).

1.4.3.2. Selección de la Maquinaria a Monitorear

De acuerdo con Trujillo (2003) “El MBC no es una estrategia económica y deberán ser identificados aquellos equipos en el proceso de producción que afectan a cualquiera de las siguientes: Confiabilidad, disponibilidad, costo y seguridad” (pág. 2).

Para cualquier contexto, es necesario tener en cuenta una condición de optimización de las estrategias de conservación y mantenimiento, de modo que los costos de la utilización de las estrategias y tecnologías no sean mayores a los que se intentar de poder evadir (**Ver la Figura 2:** Grafica de costo de mantenimiento.) (Trujillo, 2003).

Para operar en el rango óptimo, no es posible depender únicamente del Mantenimiento Preventivo



Figura 2: Grafica de costo de mantenimiento.

Fuente: Trujillo, G. (30 de Octubre de 2003). *Monitoreo de Condiciones - Una Estrategia de Integración de Tecnologías*. Obtenido de 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento

1.4.3.3. Selección de la Tecnología Adecuada

Según Trujillo (2003) “La selección de la tecnología adecuada para cada maquinaria depende de varios factores como son: el tipo de maquinaria, el modo de fallo a diagnosticar y la capacidad de inversión” (pág. 3).

Una de las mejores maneras de aplicar esta tecnología es mediante el Análisis de Modos de Falla, efecto y criticidad (AMEF). Otras opciones incluyen el desarrollo de metodologías como Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), análisis de causa raíz, Análisis de Pareto, Análisis de frecuencia de falla (TPEF), etc. (Trujillo, 2003, pág. 3).

“Lo que realmente importa, es que el programa de monitoreo de condición esté dirigido a la causa de falla y que puedan identificarse los indicadores de su deterioro” (Trujillo, 2003, pág. 3).

Una vez que se ha realizado el análisis de la causas de falla de la crítica de la maquinaria, es imprescindible detectar una acción de mantenimiento que pueda

controlar, detectar y suprimirla. De esta manera construimos nuestro plan de mantenimiento. De este modo, estamos en situaciones de formar nuestro programa de monitoreo de condición, escogiendo la estrategia o tecnología que nos pueda ayudar a responder a estas interrogantes: ¿De dónde proviene?, ¿Qué la causa?, ¿Qué tan severa es?, ¿Se puede controlar?, ¿En cuánto tiempo ocurrirá? (Trujillo, 2003).

Técnicas y tecnologías de monitoreo de condición:

Es un conocimiento que ha sido empleado desde hace tiempo. Generalmente los operarios captan señales de los equipos con sus mismos sentidos. Lo que se intenta ahora es aumentar estos signos y aislarlos para poder acrecentarlos a su percepción mediante medición y tecnología. Las técnicas de monitoreo se pueden dividir en: a) Mediciones de desempeño de la maquinaria, b) Inspecciones de la maquinaria, c) Monitoreo de las partículas de desgaste, d) Monitoreo de los fluidos y e) Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria (Trujillo, 2003).

Fortalezas y debilidades:

“Cada una de las técnicas descritas anteriormente tiene fortalezas y debilidades. En función de ellas debemos seleccionar la que pueda responder a las preguntas del profesional de la confiabilidad” (Trujillo, 2003).

Una relación que se puede tomar como semejanza en esta situación es la de un doctor ante la existencia el malestar de un paciente. En la primera cita, se realiza generalmente la descripción del estado externo del enfermo y le pregunta para poder estar al tanto de su condición. Luego le realiza un reconocimiento visual de las importantes señales externas, utilizando todos los sentidos (vista, oídos, tacto y olfato). A continuación se puede emplear herramientas que le permitan determinar la situación (estetoscopio, lámparas, termómetros, etc.). Sus observaciones le irán proveyendo data que debe procesar y analizar para poder establecer si las señales que capta son necesarias para establecer una enfermedad. (Trujillo, 2003).

En caso de que la información recibida no sea concluyente, le pedirá al paciente que acuda a efectuar algunos análisis más detallados. Dependiendo de la causa probable, determinará si requiere de un estudio por rayos X, una tomografía, análisis de orina o sangre, electrocardiograma, o incluso un muestra de tejido o inspección interna por cámara de fibra óptica (Trujillo, 2003, pág. 5).

Estos resultados, que van junto con su inspección inicial, probablemente le permitirán reconocer el síndrome a partir de las sintomatologías. No obstante la elección de las pruebas es determinante en el resultado a conseguir. En la situación más extrema como el daño al hígado; si el doctor elige realizar una prueba de rayos X, lo más certero es que no tenga la información necesaria del origen de la falla o de las consecuencias. Pese a que, la muestra de sangre, orina y posiblemente un ultrasonido puede ayudar a determinar apropiadamente antes de que la situación se sea grave (Trujillo, 2003).

Hagamos pues, un análisis de nuestras causas de falla y veamos cuál técnica o tecnología tiene la capacidad de responder a la mayor cantidad de las 5 preguntas planteadas arriba. Bien; ahora veamos cuáles de ellas tienen la capacidad de avisarnos antes que las otras y como estas tecnologías y técnicas se interrelacionan entre sí (**Ver Figura 3:** Grafica de análisis de causa de falla.) (Trujillo, 2003, pág. 5).

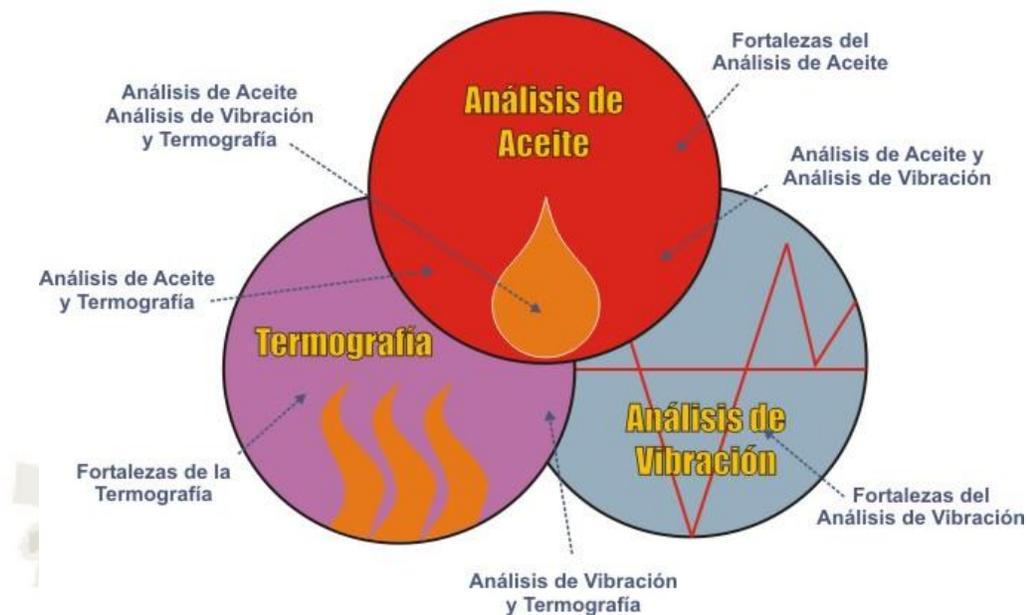


Figura 3: Grafica de análisis de causa de falla.

Fuente: Trujillo, G. (30 de Octubre de 2003). Monitoreo de Condiciones - Una Estrategia de Integración de Tecnologías. Obtenido de 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento

Frecuencia de monitoreo:

Trujillo (2003) menciona que “Una vez que hemos seleccionado las técnicas y tecnologías para monitorear la causa de falla y sus efectos, es necesario determinar la frecuencia con la que aplicaremos este monitoreo, que garanticen su eficiencia” (pág. 6).

De gran valía en esta situación es considerar una de las herramientas de RCM: el análisis del periodo P-F. Toda la maquinaria debe entregar un rango de desempeño. Mientras el desempeño esperado se mantenga dentro de esos límites, se considera que el activo está efectuando su trabajo. Supongamos que tenemos una bomba que debe entregar entre 45 y 50 gpm en el proceso para mantener su funcionalidad. Cuando la bomba esta nueva, entrega 50 gpm y conforme se gasta, su desempeño disminuye a 45 gpm. Al llegar a este valor, se determina que el equipo está fuera de

su especificación de desempeño y debe ser reparado a la condición original o reemplazado (Trujillo, 2003, pág. 6).

Esta carencia de desempeño puede corresponder a un desperfecto progresivo de la maquinaria por su operatividad y siendo así estaremos esperando que el equipo que avance sea similar a la vida útil esperada del equipo (TEV). Otro panorama es que se dé un origen de la falla en la maquinaria que pueda reducir su desempeño. Cuando este origen de falla se manifieste, el tiempo de vida esperada de la bomba se reducirá y tendremos un desperfecto en el equipo antes de la vida útil esperada del equipo. Dependiendo de la forma de falla, será la rigurosidad del daño y por lo tanto el tiempo en que la bomba fallará. (Trujillo, 2003).

“El punto P en este análisis, es el momento en que la causa de falla se puede detectar en el equipo (P siempre será posterior al momento en que la causa de falla se presenta) y F es el momento en el que el activo llega a su límite inferior de desempeño (**Ver Figura 4:** Grafica de falla - final de falla.). En nuestro ejemplo F es cuando la bomba entrega menos de 45 gpm” (Trujillo, 2003, pág. 6).

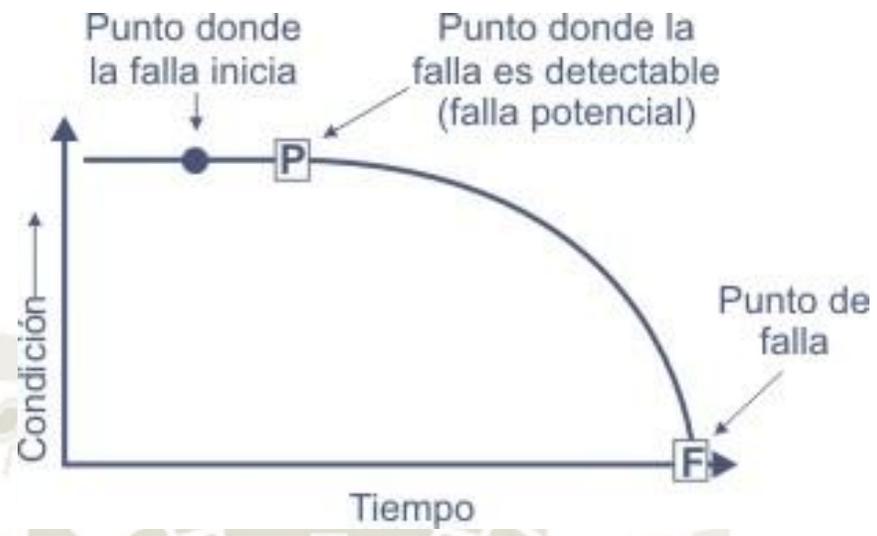


Figura 4: Gráfica de falla - final de falla.

Fuente: Trujillo, G. (30 de Octubre de 2003). Monitoreo de Condiciones - Una Estrategia de Integración de Tecnologías. Obtenido de 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento

Según Trujillo (2003) “Es muy importante señalar que en un mismo modo de falla, podemos tener varios P-F, dependiendo de la tecnología que se seleccione. El analista debe seleccionar la tecnología que proporcione el periodo P-F más largo que permitirá que la toma de decisiones permita mantener el equipo dentro de su rango de desempeño útil” (Ver **Figura 5: Gráfica para seleccionar la tecnología con p-f más largo.**) (Trujillo, 2003, pág. 7).

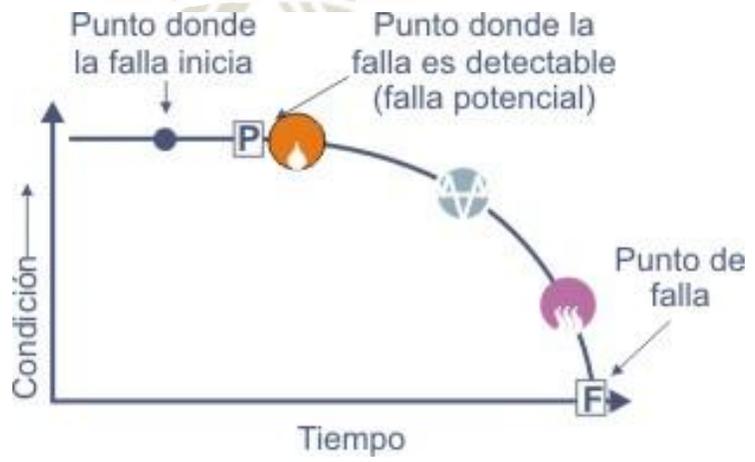


Figura 5: Grafica para seleccionar la tecnología con p-f más largo.

Fuente: Trujillo, G. (30 de Octubre de 2003). Monitoreo de Condiciones - Una Estrategia de Integración de Tecnologías. Obtenido de 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento

Una vez que se ha elegido la tecnología que proporciona el P-F más largo, se debe realizar el periodo de monitoreo que posibilita a captar la forma de falla que representa el P-F crítico más corto en la maquinaria. Si nuestra frecuencia de monitoreo (FM) es determinada con una frecuencia igual al P-F, entonces nuestra probabilidad de captar el problema es muy remota. En cambio si nuestra frecuencia de monitoreo es mayor que P-F, entonces nuestra programa no será calificada para captar este problema y nuestro programa pierde sentido (Trujillo, 2003).

“A partir de lo anterior, es obvio que nuestra FM debe ser menor que P-F. Idealmente deberá ser establecida como $FM = P - F/3$. De esta manera estamos en la condición de detectar el inicio del problema, su avance y todavía estar en condiciones de monitorear el final de la vida del equipo (**Ver Figura 6:** Grafica frecuencia ideal de muestreo.)” (Trujillo, 2003, pág. 8).

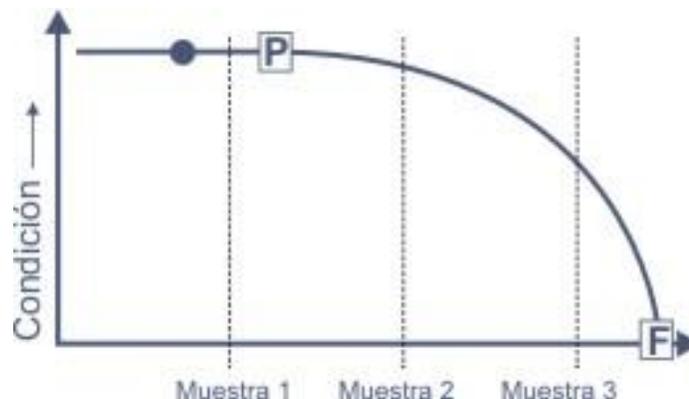


Figura 6: *Grafica frecuencia ideal de muestreo.*

Fuente: *Trujillo, G. (30 de Octubre de 2003). Monitoreo de Condiciones - Una Estrategia de Integración de Tecnologías. Obtenido de 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento*

Según Trujillo (2003) “En muchas ocasiones la maquinaria puede tener un P-F demasiado corto para algunos modos de falla, ocasionando que las tecnologías de monitoreo deban ser efectuadas en línea para garantizar su efectividad” (Trujillo, 2003).

1.5. Indicadores del Mantenimiento

Existen una diversidad de indicadores para evaluar todas las actividades del mantenimiento, pero las mencionadas son los más indispensables en la gestión del mantenimiento.

1.5.1. Disponibilidad del Equipo

La disponibilidad es el indicador más importante de mantenimiento, representa el porcentaje en que un equipo está a disposición de los operadores para cumplir la función para la cual fue diseñado. Este se calcula dividiendo el tiempo disponible, que es la resta de las horas de parada por mantenimiento a las horas totales de funcionamiento, entre las horas totales del periodo a considerar.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas de Parada por Mantto}}{\text{Horas Totales}}$$

Donde las horas totales se refiere a horas que la máquina ha estado en disposición de funcionar en un periodo determinado de análisis, por ejemplo si fuese de un año, en general se consideran 365 días multiplicado por 24 horas día, se tendría un total de 8760 horas año.

Para el número de horas de parada por mantenimiento, se refiere a mantenimiento correctivo y preventivo solo se consideran las horas dedicadas al mantenimiento de la máquina, no se considera el periodo de tiempo en el que no se requería su uso por algún motivo de producción, comercialización o parada voluntaria por parte de procesos u otra área, esto no afecta la disponibilidad (García, Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, 2003, pág. 258).

1.5.2. Tiempo Medio entre Fallas - MTBF

Es el tiempo promedio que transcurre entre cada evento de falla, por lo que fácilmente se puede concluir que a mayor MTBF, mayor es la confiabilidad del equipo. Es un indicador bastante usado sin embargo debe contarse con registro histórico suficiente para evaluar este indicador (Tecsop Virtual, 2017).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de Operación}}{\text{Número de Paradas}}$$

1.5.3. Tiempo Medio de Reparación - MTTR

Es el tiempo promedio de reparación y está asociado a la mantenibilidad del sistema o equipo. Resulta de dividir todo el tiempo total de paradas entre el número de averías (García, Renovetec, 2019).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Paradas}}{\text{Número de Fallas}}$$

1.6. Confiabilidad Operacional

Según Montaña y Rosas (2006) “Se define como una serie de procesos de mejoramiento continuo, que involucran en forma sistémica, avanzadas herramientas de diagnóstico,

metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control, de la Productividad Industrial” (pág. 50).

Con el propósito de hacer mejoras en la rentabilidad de los procesos productivos, diariamente se dedican unos inmensos esfuerzos que van dirigidos a la identificación, análisis, visualización, ejecución e implantación de actividades para la respuesta de los problemas y la toma de decisiones acertadas, que impliquen un mayor impacto en los departamentos de ambiente, metas de producción, seguridad, mantenimiento, calidad de productos y costos de operación, al igual que garantizar una buena impresión de la organización y el bienestar de sus clientes y de los empleados que en dicha empresa trabajan (Montaña & Rosas, 2006).

1.7. Herramientas de Confiabilidad Operacional

Montaña y Rosas (2006) afirman que la confiabilidad como técnica de análisis debe resistirse a una serie de instrumentos que le admitan evaluar y analizar el comportamiento de los dispositivos o equipos de una manera sistemática con la finalidad de poder establecer el nivel de operatividad, la magnitud del peligro o riesgo y las actividades de mantenimiento y de mitigación para poder garantizar al activo su continuidad e integridad operacional.

La utilización de instrumentos de confiabilidad permite captar la situación más factible en cuanto al comportamiento de un componente, activo o equipo, esto a su vez aporta un estado referente para la toma de decisiones que van a dirigirse en planes estratégicos (Montaña & Rosas, 2006). Seguidamente se detallan algunos de estos instrumentos:

1.7.1. Análisis de Criticidad

Es una técnica que permite establecer y ordenar jerárquicamente equipos e instalaciones en función de su impacto global con la finalidad de proveer la toma de decisiones y crear resultados semicuantitativos (Montaña & Rosas, 2006).

Según Montaña y Rosas (2006):

La información podrá ser utilizada para: a) Priorizar ordenes de trabajo de operaciones y mantenimiento, b) Priorizar proyectos de inversión, c) Diseñar

políticas de mantenimiento, d) Seleccionar políticas de manejo de repuestos y materiales, e) Dirigir las políticas de mantenimiento a las áreas o sistemas más críticos (pág. 52).

Los criterios para tomar en cuenta para la elaboración de análisis son los siguientes:

- Impacto operacional; Flexibilidad operacional; Costos de mantenimiento; Impacto en seguridad; Medio ambiente e higiene; Recurrencia de fallas (Becerra & García, 2005).

Tabla 1. Tabla de factor de evaluación de criticidad

(FE) RECURRENCIA DE EVENTOS DE FALLA	(CM) COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO
MUY MALO (Mayor a 20 fallas/año) 4	Mayo o igual a 20 mil dólares al año 2
MALO (de 11 a 20 fallas/año) 3	
REGULAR (de 6 a 10 fallas/año) 2	Inferior a 20 mil dólares al año 1
(IO) IMPACTO OPERACIONAL	(ISHA) IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE
Parada inmediata de todo el ciclo productivo 10	Afecta la seguridad humana, ambiente/alto impacto 8
Parada parcial e influye solo a algunos equipos 8	Afecta las instalaciones causando daños severos 6
Impacta en el desempeño de la producción o calidad 6	
Repercute en costos operacionales y disponibilidad 4	Provoca daños menores (accidentes), bajo impacto ambiental 4
No genera efecto sobre operaciones y producción 1	Provoca molestias mínimas a instalaciones o al ambiente 2
(F0) FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de reemplazo operacional ni reemplazo de repuesto 4	
Hay opción de repuesto alternativo o compartido 2	
Función de repuesto disponible 1	

Fuente: Pasache P. (2015). Modelo de Análisis de Criticidad.

Los pasos a seguir en el estudio de criticidad de una planta de cualquier naturaleza son:

- Identificación de los sistemas a estudiar.
- Definir el alcance y objetivo para el estudio.
- Selección el equipo de trabajo.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección de datos.
- Verificación y análisis de datos.
- Retroalimentación.
- Implementación de resultados (Becerra & García, 2005).

1.7.1.1. Importancia de los Equipos dentro del Proceso.

El equipo de trabajo es un grupo de personas de distintas funciones que deben trabajar en forma conjunta durante un tiempo determinado, el cual deben analizar problemas frecuentes de los equipos, apuntando a conseguir un mismo objetivo (Parra, 2008).

Sus características son las siguientes:

Alineación: El personal está comprometido con los acuerdos del equipo de trabajo. Esto requiere que la visión y la misión sean compartidas por cada uno de los miembros. En ese aspecto la tendencia es sacar beneficio a las disconformidades para reunir los aportes de los trabajadores con la finalidad de alcanzar soluciones eficaces (Parra, 2008).

Coordinación: “Implica que cada miembro del equipo teniendo roles y responsabilidades claras se apropia de los compromisos del equipo como si fueran las suyas individuales; de esta forma el trabajo individual se orienta al desempeño común del equipo” (Parra, 2008).

Comprensión: Es un compromiso dividido ya que necesita una destreza para poder diferenciar entre “puntos de vista”, “interpretaciones y los “hechos” para así poder vulgarizar y coordinar la misma visión y auxiliar a los demás a considerarlo y tener

consideración de la perspectiva del otro ya que algún participante del equipo identifica a los procesos de trabajo, los resultados del equipo y a los clientes; esto quiere decir que las metas son claras y compartidas (Parra, 2008).

Respeto: Mejora y desarrolla consecutivamente la destreza de mirar las cosas, como lo ve la otra persona “ponerse en los zapatos del otro”, pero sin abandonar la posición de la objetividad de la realidad operacional (Parra, 2008).

Confianza: “Tener confianza en que los demás van a desempeñar sus responsabilidades de manera óptima” (Parra, 2008).

1.7.1.2. Cálculo del Método de Análisis de Criticidad Total por Riesgo.

Para calcular o determinar la criticidad de las maquinarias o equipos se empleará una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se simboliza la frecuencia de fallas y en el siguiente los efectos en los cuales incidirán los equipos que se encuentran en estudio (Ramírez & Moreno, 2017).

Ramírez y Moreno (2017) afirman que “La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el valor de criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis” (pág. 26).

La criticidad se calcula cuantitativamente con la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

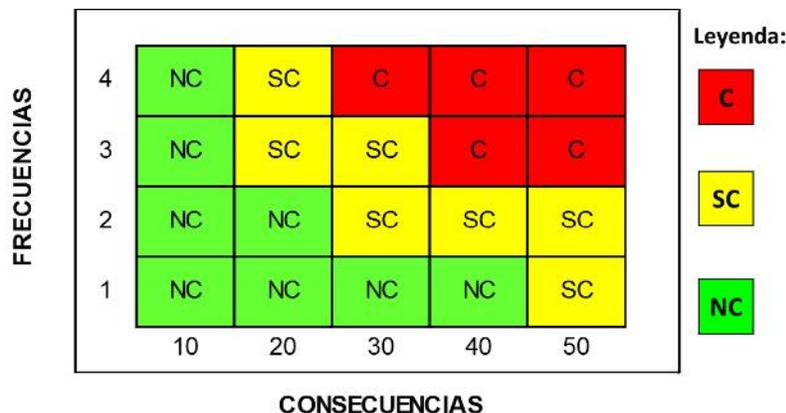
$$\text{Frecuencia} = \# \text{ de fallas en un tiempo determinado}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{impacto operacional} * \text{flexibilidad operacional}) + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto ISHA}$$

Los factores son evaluados con el equipo de trabajo, una vez evaluado en consenso cada uno de los factores presentados en la tabla de factores de evaluación de criticidad, se introduce la fórmula de criticidad y se obtienen los valores globales de criticidad, para obtener el nivel de criticidad se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales que son frecuencia y consecuencia y se ubican estos valores en la matriz de criticidad (frecuencias en el eje Y, valor consecuencia en el eje X); la matriz de criticidad nos permite jerarquizar

los sistemas en 3 áreas como son: área de componentes no críticos, área de componentes de criticidad media y área de componentes críticos (Vera, 2013).

Tabla 2. Matriz de criticidad



Fuente: Pasache P. (2015). Modelo de Análisis de Criticidad.

- Impacto Operacional: De acuerdo con Guerrero (2013) “Este factor mide el efecto que tiene el fallo en el proceso de producción” (pág. 71).
- Flexibilidad Operacional: Este elemento sirve como factor correctivo del factor de producción; cuanto más alto sea ésta flexibilidad operacional; más pequeño será el riesgo para la producción. La incorporación de este elemento se debe a que la redundancia operacional minimiza riesgos, pero no las secuelas de los errores o fallos (Guerrero, 2013).
- Impacto en los Costos de Mantenimiento: La incorporación de este costo tiene que ver con el objetivo del análisis, mejorar las políticas de mantenimiento. Si bien es cierto, que desde una perspectiva económica, los costos operacionales acostumbra ser muy altos que los costos de mantenimiento. Asimismo, el costo de mantenimiento podría incorporarse en los costos operacionales. Sin embargo, el impacto del coste de mantenimiento de los dispositivos es muy trascendental para el presupuesto de las áreas de mantenimiento de las organizaciones (Guerrero, 2013).

- Impacto en la Seguridad, Higiene y Medio Ambiente: “En este punto se mide la influencia del fallo en el medio ambiente y para la seguridad de los trabajadores. (...) No obstante, este punto cada vez está adquiriendo mayor relevancia en pos de una mejora en la sostenibilidad de los procesos productivos” (Guerrero, 2013, pág. 73).

“Una vez seleccionado el alcance y desarrollado el modelo solo queda la evaluación de los equipos o áreas de la empresa. Como resultado de ello se tendrá un listado de equipos en función de su criticidad” (Guerrero, 2013, pág. 74).

Según Guerrero (2013) Cabe indicar que “la zona de equipos de altas consecuencias y alta frecuencia de fallos reúne a los equipos más delicados dentro del proceso productivo” (Guerrero, 2013, pág. 75).

Para ellos se propone la realización de un Análisis Causa Raíz (ACR) que permita conocer el porqué de tan elevada frecuencia de fallos en equipos de tanto riesgo. Con ello se busca minimizar la frecuencia de fallos y, en la medida de lo posible, el riesgo (Guerrero, 2013, pág. 76).

En el resto de equipos del área roja, al igual que todos los equipos semi críticos (amarillo), se sugiere el comienzo de un Análisis de Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM) que permita formar las mejores operaciones según sea el caso para así poder optimizar la fiabilidad de los equipos. Finalmente, los equipos no críticos (área verde) serán materia de análisis, pero para descubrir si su mantenimiento es el perfecto, o puede aliviarse con la finalidad de poder ahorrar costos y optimizar la fiabilidad en otros sectores de la empresa (Guerrero, 2013).

1.7.2. Otras Herramientas de Confiabilidad Operacional.

- Análisis Causa Raíz (RCA).

En el interior del contexto de la confiabilidad es el instrumento más importante para poder establecer las principales causas que originan una repetición de errores o fallas o en su defecto dentro de un grupo de fallas, la deficiencia de más grande peso en cuanto al impacto económico, operacional y de seguridad y ambiente. Es un instrumento metodológico que se emplea para definir los orígenes que causan

sus impactos, las fallas y frecuencias de aparición, para después borrarlas totalmente. Por lo general se utiliza en problemas concretos para equipos graves de un proceso o cuando hay la existencia de fallas que se repiten (Montaña & Rosas, 2006).

- Inspección Basada en Riesgos (RBI).

“Es una metodología que permite determinar la probabilidad de falla de un equipo que transporte y/o almacene fluidos y las consecuencias que estas pudieran generar sobre la gente, el ambiente y los procesos” (Montaña & Rosas, 2006, pág. 54).

- Análisis de Árbol de Falla (FTA).

“La técnica del diagrama del árbol es un método que nos permite identificar todas las posibles causas de un modo de falla en un sistema en particular. Además nos proporciona una base para calcular la probabilidad de ocurrencia por cada modo de falla del sistema. Mediante un FTA se observa en forma gráfica la relación lógico entre un modo de falla de un sistema en particular y la causa básica de la falla” (Montaña & Rosas, 2006, pág. 54).

- Optimización coste riesgo.

Es una metodología que permite establecer los costes que se encuentran afiliados a la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y los beneficios esperados por sus realizaciones, sin olvidar de contemplar los riesgos que se encuentran envueltos, para reconocer la frecuencia óptima de las acciones de mantenimiento con fundamento en el coste mínimo total que se origina. El objetivo de esta técnica es establecer la óptima frecuencia óptima de las operaciones de mantenimiento preventivo mediante la ejecución de un balance de costos-riesgos asociados a estas actividades y los beneficios que originan (Montaña & Rosas, 2006).

1.8. Técnicas para Análisis de Datos

Para un análisis típico se requiere de una técnica de pronóstico; La técnica utilizada nos va permitir facilitar una interpretación de los elementos a evaluar; dentro de las técnicas de selección de datos tenemos:

- Análisis de modos y efectos de falla modificados.
- Análisis de diagrama de Pareto.

1.8.1. Análisis de Modos y Efectos de Falla Modificado.

Es un proceso metódico para poder detectar fallas potenciales de proceso y diseño antes de que éstas sucedan, con el propósito de poder suprimir o reducir los riesgos que se encuentren asociadas con ellas. El Análisis de Modos y Efectos de Falla Modificado archiva las acciones de revisión y prevención del proceso (Montaña & Rosas, 2006).

Según Aróstegui (2015) “Analiza los modos de falla y cuantifica las pérdidas totales para tomar acción, permite conocer el costo de cada problema y cómo afecta a la producción” (diapositiva 20).

1.8.1.1. Implementación de FMEA Modificado.

Para la implementación del análisis de modos y efectos de falla modificada (FMEA Modificado) se constituye en 5 etapas:

1. Delimitar y preparar la información: “Consiste en definir el sistema para analizar, definir los eventos de falla, analizar y describir el modo de falla, elaborar la matriz de tabla resumen” (Aróstegui, 2015).

Modelo de FMEA modificado

item	Subsistema	Evento	Modo	Frecuencia /Año	Impacto USD	Pérdida Total USD
1	Cilindro de levante del cucharón	Cilindro se desplaza lento en calado	Insuficiente caudal de aceite	12	950	11,400
2	Cilindro de levante del cucharón	Cilindro se desplaza lento en calado	Sellos rotos	6	550	3,300
3	Cilindro de levante del cucharón	Cilindro se desplaza lento en calado	Electroválvula quemada	2	11,000	22,000

Figura 7: Modelo de FMEA Modificado.

Fuente: Aróstegui, B. (2015). Técnicas para el Análisis de Datos.

2. Recopilar los datos: “Los datos deben ser confiables para referirlos a otras categorías como frecuencia de fallas (mes, semestre, semana o año), Tiempos (horas.), Costo de mano de obra (para solucionar las fallas), Costo de repuestos o materiales, Costos de parada del equipo” (Aróstegui, 2015).
3. Organizar y codificar los datos: “Con el fin de evitar las redundancias en los eventos de fallos y así colocar un código que facilite la revisión de los elementos” (Aróstegui, 2015).
4. Calcular las pérdidas: “Las pérdidas totales se calculan a través de la fórmula: pérdidas totales = Frecuencia x Impacto; Donde el impacto está representado por: Costo de mano de obra (USD/hr.), Costo de repuestos (USD/hr.), Costos de parada del equipo (USD/hr.). Las pérdidas totales que representa cada modo de falla, son evidentes cuando se cuantifican todas las categorías del impacto” (Aróstegui, 2015).

Modelo de recopilación de datos

item	Sub sistema	Evento	Modo	Frecuencia	Tiempo (Hrs.)	IMPACTO				Costo Total USD
						Mano de Obra USD	Repuestos USD	Costo por parada USD	Costo de Falla USD	
1	Sistema SI-101	Falla SI-101-01	Bajo caudal de aceite	10	8	50	350	120	4,160	41,600
2	Sistema SI-101	Falla SI-101-01	Sellos rotos	13	6	50	180	120	2,100	27,300
3	Sistema SI-101	Falla SI-101-01	Electroválvula quemada	3	10	60	4,500	120	46,800	140,400

Figura 8: Modelo de Recopilación de Datos.

Fuente: Aróstegui, B. (2015). Técnicas para el Análisis de Datos.

5. Determinar los más significativos: “Según los resultados obtenidos hasta el paso 4, se debe ordenar desde el mayor valor en el costo total y graficarlo por medio del diagrama de Pareto” (Aróstegui, 2015).

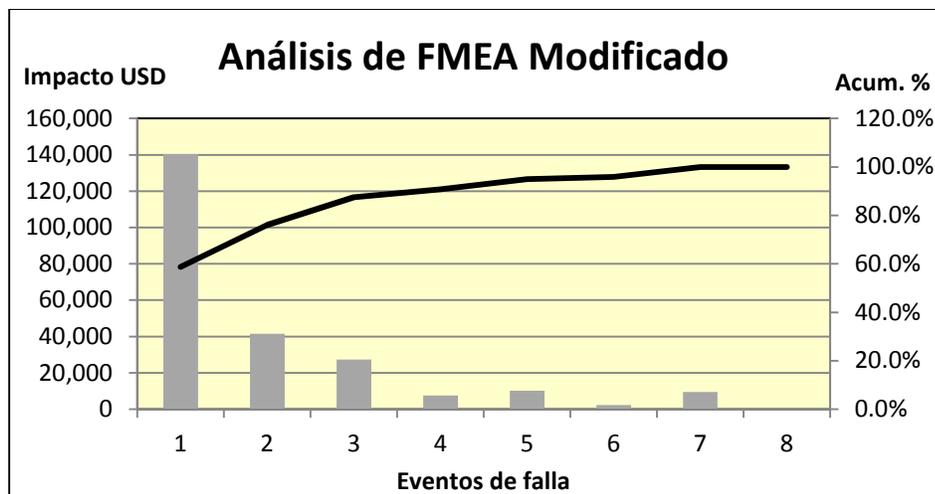


Figura 9: Diagrama Pareto del Análisis de FMEA Modificado.

Fuente: Aróstegui, B. (2015). Técnicas para el Análisis de Datos.

“Con el FMEA modificado, se analizan más criterios para determinar los modos de fallas de mayor impacto. Por eso, es más precisa y acertada la toma de decisión” (Aróstegui, 2015).

Para ello se debe tener presente las siguientes definiciones:

Falla. Es la pérdida de la condición operativa de un activo por un evento inherente al equipo.

Modo de falla. “Un modo de falla podría ser definido como cualquier evento que causa la falla de un activo físico (o sistema o proceso)” (Montaña & Rosas, 2006). Describe cómo falla el equipo (fractura, erosión, corto circuito, etc.) responde a la pregunta ¿Qué ocasiona cada falla?

Efecto de falla: Según Montaña y Rosas (2006) Especifica los efectos positivos o negativos de la ocurrencia de la falla o evento que se esté examinando. Esta descripción debe encerrar toda la información requerida para poder apoyar la evaluación del equipo. Responde a la pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

1.8.2. Análisis por Diagrama Pareto.

El diagrama de Pareto es una de las siete herramientas de la calidad, se fundamenta en el modelo que en cualquier distribución, el 20 % de las causas resuelven el 80 % de los problemas (efectos). Es una técnica gráfica de barras que describen las causas de los problemas tomando el orden de frecuencia (%) e importancia, para poder permitir las prioridades de intervención. De igual forma, facilita la comparación de los costos, frecuencia, secuencias y el impacto de cualquier especie de un problema (Aróstegui, 2015).

1.8.2.1. Aplicación del Diagrama Pareto.

Su aplicación se basa en:

“Cuando se tenga información de las causas de un problema y puedan cuantificarse, cuando se necesite identificar las causas por categorías, más significativas de un problema, cuando se requiera decidir qué causas se trabajará primero” (Aróstegui, 2015).

1.8.2.2. Pasos para la Implementación del Diagrama Pareto.

- Seleccionar las categorías que se analizaran
- Obtener datos, ordenarlos y calcular las frecuencias.
- Diseñar el diagrama.
- Graficar la línea de los valores acumulados.
- Graficar los valores acumulados.
- Analizar el diagrama.
- Interpretar

1.8.2.3. Ventajas del Diagrama Pareto.

- Canaliza los esfuerzos hacia los pocos vitales.
- Priorizan y señalan la importancia de las áreas de oportunidad.

- Permite la comparación antes/después con la cuantificación del impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- Expresan los costos que significan cada tipo de defecto y los ahorros que puedan generarse según las acciones correctivas.
- Permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los pocos que son vitales a la izquierda y los muchos triviales a la derecha.

1.8.2.4. Utilidad del Diagrama Pareto.

- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándolas de otras presentes, pero menos importantes.
- Decidir cuál será el objetivo de las acciones de mejora, optimizando la eficiencia de los esfuerzos llevados a cabo para ello.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Puede ser utilizado tanto para investigar efectos, como analizar causas.
- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y coste de los errores.

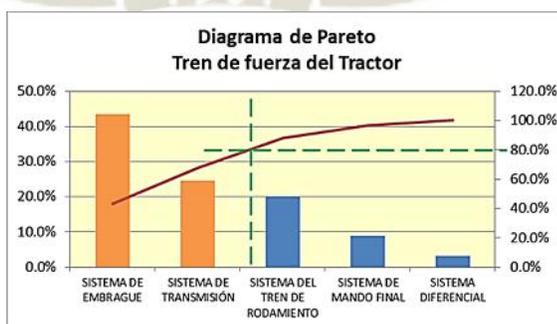


Figura 10: Diagrama Pareto.

Fuente: Aróstegui, B. (2015). Técnicas para el Análisis de Datos.

CAPITULO III: RESEÑA HISTORICA

1. Reseña Histórica Actual de la Empresa.

Como primer inicio daremos una pequeña reseña histórica de la situación actual de la empresa; la empresa a analizar es parte del Consorcio Cementero del Sur S.A y se encuentra dentro del conglomerado de organizaciones del Grupo Gloria, que aparece para ofrecer a su clientela una zona fundamental de apoyo con la tecnología más innovadora y con bastante seriedad, con operaciones en los principales proyectos de infraestructura y minería a nivel nacional e internacional; siendo calificados como socios estratégicos y la elección principal para nuestros compradores (Concretos Supermix, 2019).

“Con altos estándares en seguridad, calidad y respeto con el medio ambiente, Supermix es líder en la producción y comercialización de concreto premezclado, agregados para la construcción, productos prefabricados de concreto y varios otros productos y servicios para el sector de la construcción” (Concretos Supermix, 2019), empezando a atender desde 1998 como Yura División Concretos y desde el año 2011 como Concretos Supermix S.A. (Ver Figura 11: Evolución división concretos).

Y busca su excelencia a través de:

- Cultura de éxito.
- Dedicación al trabajo.
- Orientación a la persona.
- Enfoque en el cliente.
- Cumplimiento de las obligaciones.
- Prudencia en la administración de los recursos.
- Responsabilidad social.
- Eficaz toma de decisiones.
- Integridad.

➤ Innovación (Concretos Supermix, 2019).

6.



Figura 11: Evolución división concretos

Fuente: <https://www.supermix.com.pe/historia/>

1.1. Productos Producidos

1.1.1. Concreto.

1.1.1.1. Premezclado.

El concreto es un material compuesto por cemento, agregados, agua y aditivos como ingredientes principales. Se puede moldear en diferentes formas, es duradero y es el material de construcción más atractivo en términos de resistencia a la compresión ya que ofrece la mayor resistencia por costo unitario. Su uso cada vez mayor es fundamental para la construcción sustentable. Se tiene una bastante variedad de concretos para diferentes empleos y utilidades como son: concretos especiales, para pavimentos, convencionales, etc. (Concretos Supermix, 2019, pág. 2).

Pero los más utilizados son:

- Concreto normal: Su uso más común en las cimentaciones, columnas, muros, techos, pisos, veredas, etc. (Concretos Supermix, 2019).
- El concreto bombeado (**Ver Fotografía 1:** Camión bomba concretera para vaciado de concreto a gran altura): Creado para que se pueda impulsar con equipos especiales como bombas a presión mediante una tubería, que le permite alcanzar grandes distancias horizontales y verticales; su uso es en estructuras con gran distancia horizontal y vertical, elementos estructurales que requieran vaciarse con rapidez y eficiencia, estructuras con difícil acceso y espacios limitados (Concretos Supermix, 2019).
- El concreto súper plástico: Especialmente diseñado con una alta fluidez, su uso es para bombeo de concreto a gran altura, elementos con alto confinamiento de acero de refuerzo, elementos esbeltos o de difícil acceso (Concretos Supermix, 2019).
- Los concretos de resistencia acelerada: Presentan una baja conexión agua – cemento que cumple con las exigencias de resistencia a tempranas edades de acuerdo a su exigencia. Su uso es para compuestos que necesiten desencofrarse o poner en servicio a prematura edad (Concretos Supermix, 2019).
- El concreto diseñado por durabilidad: Es creado pensando en las condiciones de explosión y servicio de obra; por sus propiedades físico-químicas aumentan la vida útil de las estructuras. Su uso es para elementos expuestos al ataque de cloruro y sulfatos, elementos expuestos a condiciones de deshielo y congelamiento, elementos que requieran baja permeabilidad, elementos expuestos al ataque de ácidos (Concretos Supermix, 2019).



Fotografía 1: Camión bomba concretera para vaciado de concreto a gran altura
Fuente: http://www.supermix.com.pe/supermix/equipos_bombas.html

1.1.1.2. Shotcrete.

“Proceso por el cual el concreto comprimido es proyectado a alta velocidad, para conformar elementos estructurales y no estructurales en edificaciones” (Concretos Supermix, 2019). Sus principales aplicaciones son:

- Sostenimiento y Revestimiento de túneles; estabilización de taludes (Ver Fotografía 2)
- Revestimiento de piscinas.
- Revestimiento de estructuras curvas o alabeadas.
- Recubrimiento de mampostería para protección y acabados.
- Refuerzos para estructuras de concreto.
- Reparaciones de estructuras (Concretos Supermix, 2019).

7.



8.

Fotografía 2: Sostenimiento y Revestimiento de Túneles por Shotcrete

Fuente: <https://www.supermix.com.pe/lanzamiento-de-shotcrete/>

1.1.2. Agregados.

Brindamos agregado con granulometrías normada y adecuadas al requerimiento de nuestros compradores:

- El agregado fino: “Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8 y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas” (Concretos Supermix, 2019).
- El agregado grueso: “Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava” (Concretos Supermix, 2019).
- El hormigón: “Es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera” (Concretos Supermix, 2019).
- Arena Gruesa

- Piedra huso 5, 67, 7.
- Base granular
- Sub base granular
- Balastro
- Material para filtro (Concretos Supermix, 2019).

1.1.3. Embolsados.

También dentro de sus productos embolsados se tiene los siguientes (ver **Figura 12:** Productos Embolsados de agregados.):

- Mortero-A de Albañilería
- Mortero-T para Tarrajeo
- Concreto Seco
- Agregados Embolsados (Concretos Supermix, 2019).



Figura 12: Productos Embolsados de agregados.

Fuente: <https://www.supermix.com.pe/productos/>

1.1.4. Prefabricados.

También se producen prefabricados:

- Adoquines
- Bloques
- Bovedillas
- Dovelas
- Durmientes de concreto
- Viguetas Pretensadas
- Cerco Perimétrico
- Poste porta medidor monofásico
- Caja porta medidor de agua potable
- Tope llantas
- Columnas de Concreto (Concretos Supermix, 2019).

1.2. Distribución de Plantas

La empresa concretera cuenta con plantas y equipos en todo el sur del Perú, distribuidos en Moquegua, Tacna, Puno, Cuzco Lima, Apurímac y Madre de Dios, con más de 24 plantas dosificadoras de concreto con capacidad desde 14 hasta 120 m³/hora” (Concretos Supermix, 2019).

Tabla 3 Distribución de plantas de concreto por Departamento.

DEPARTAMENTO	PLANTA	DENOMINACION	OPERACIÓN
AREQUIPA	VARIANTE	FIJA	PREMEZCLADO
AREQUIPA	PODEROSA	FIJA	AGREGADOS
CUSCO	OROPESA	FIJA	AGREGADOS
TACNA	TACNA	FIJA	PREMEZCLADO
CUSCO	WANCHAQ	FIJA	PREMEZCLADO
PUNO	JULIACA	FIJA	PREMEZCLADO
MOQUEGUA	ILO	FIJA	PREMEZCLADO
MOQUEGUA	MOQUEGUA	FIJA	PREMEZCLADO
AREQUIPA	LA JOYA	FIJA	PREMEZCLADO
AREQUIPA	DIAMANTE	FIJA	PREFABRICADOS
CUSCO	CACHIMAYO	FIJA	PREFABRICADOS
PREMOLDEADOS	YURA	FIJA	PREFABRICADOS
TACNA	UCHUSUMA	FIJA	AGREGADOS
PUERTO MALDONADO	PUERTO MALD.	FIJA	PREMEZCLADO
ABANCAY	ABANCAY	FIJA	PREMEZCLADO
AREQUIPA	PTAR	FIJA	PREMEZCLADO
NAZCA	NAZCA	FIJA	PREMEZCLADO
ISLAY	MATARANI	FIJA	PREMEZCLADO

Fuente: <https://www.supermix.com.pe/plantas/>

1.3. Transporte del Concreto

“La elección de los medios más apropiados para transportar el hormigón hasta el punto de vertido están supeditados a un conjunto de factores relacionados con las características del hormigón, las condiciones de la obra, el volumen de hormigón y la distancia de transporte” (Solbes, Lucas, & Dueñas, s.f.).

Los medios utilizados en la empresa de concretos. Son los camiones mixes o camiones hormigoneras; las autobombas concreteras o de hormigón y bombas estacionarias (**Ver Fotografía 3: Transporte y Bombeo de concreto a distancia.**).



Fotografía 3: Transporte y Bombeo de concreto a distancia.

Fuente: <https://www.supermix.com.pe/transporte-y-bombeo/>

1.3.1. Camión Mixer.

“El camión mixer es utilizado en centrales dosificadoras, el cual recibe la mezcla para realizar el amasado y transporte del concreto” (Pancca, 2018, pág. 71).

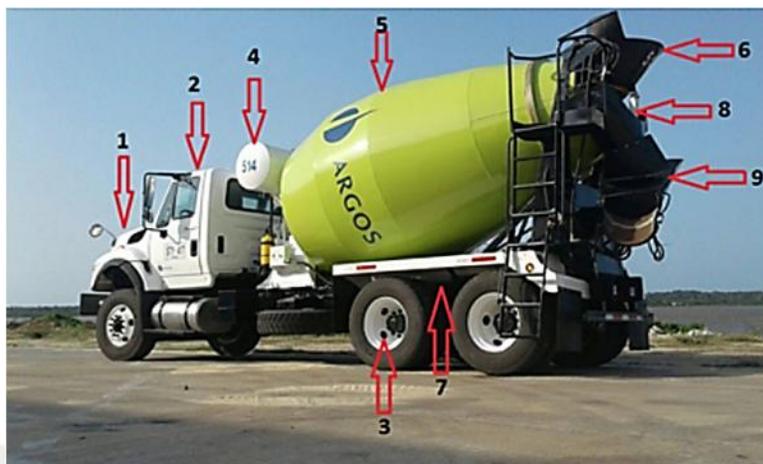
El camión mixer es un vehículo provisto con una hormiguera. A causa de esta capacidad le posibilita trasladar premezclado, a la par que procede a su amasado. Es el procedimiento más empleado y seguro para poder llevar hormigón a distancias largas y es no es muy débil en la oportunidad que se suscite un percance (Tórrez, 2016).

1.3.1.1. Partes Esenciales del Mixer.

Sus partes son las siguientes:

1. Capó motor
2. Cabina de conducción
3. Ruedas
4. Tanque de agua
5. Olla
6. Tolva de carga
7. Chasis
8. Tolva chute

9. Pala principal de descarga (Concretos Supermix, 2019).



Fotografía 4: Partes Esenciales del Camión Mixer

Fuente: Pedraza C., Durán J. y Galet R. (2018). Implementación de un Sistema de Lavado en la Tolva Chutter de los Camiones Mixers

1.3.2. Bomba Estacionaria.

Las bombas estacionarias se utilizan para bombear concreto, donde no hay ingreso disponible con el camión mezclador de hormigón. Hay muchas clases de equipos y marcas de equipos donde la divergencia entre ellos se da en la presión de bombeo, y algún sitio de accesorios importantes. Esta estructura necesita del armado de un conjunto de tubos (metálicos) aprox. de 3m. de longitud, con un diámetro de 20cm. aprox. entramados mutuamente a través de suplementos que dejen llegar al lugar de descarga (Studylib, 2013).

De acuerdo con Salazar (2014) Las clases de bombas de concreto estacionarios presentan tres tipologías de modelos de bombeo que difiere de acuerdo a las características y marcas del equipo. Las más comunes son:

- Bomba de Concreto con Válvula Oscilante: “Generalmente son las más usadas para trabajar con un tamaño de piedra grande. El sistema consiste en una válvula que cambia de cilindro en cilindro para bombear el concreto por una misma salida girando por medio del empaque de riñón permitiendo la salida del concreto” (Salazar, 2014).

- Bomba de Concreto con Sistema de Bolas: “Están compuestas por dos balines separados por recamaras en donde los cilindros de material absorben concreto y luego lo dejan pasar con presión a través de la salida de la bomba de concreto” (Salazar, 2014).
- Bomba de Concreto con Válvula “S”: “Son bombas caracterizadas para bombeo de alta presión. Está compuesta por una sola válvula por medio de la cual atraviesa el concreto” (Salazar, 2014).



Figura 13: Bomba Concretera Estacionaria CP 2110HP Putzmeister

Fuente: Pedraza C., Durán J. y Galet R. (2018). Implementación de un Sistema de Lavado en la Tolva Chutter de los Camiones Mixers



Figura 14: Bomba Concretera Estacionaria Thom Katt TK-70 Putzmeister.

Fuente: Pedraza C., Durán J. y Galet R. (2018). Implementación de un Sistema de Lavado en la Tolva Chutter de los Camiones Mixers

1.3.3. Autobomba Concretera.

El traslado de concreto por tubería ha obtenido una relevancia muy grande en estos últimos años. Se le aplica a la acentuación generalizada de la mecanización de las obras y al crecimiento del uso del hormigón en las estructuras y en los otros componentes. Esta promoción se basa específicamente en las mejoras de los sistemas de los equipos y en nuevos progresos que hacen que el traslado de concreto en tubería sea más barato (Yepes, 2015).



Fotografía 5: Autobomba Concretera Putzmeister en Proceso de Vaciado.

Fuente: Elaboración Propia (vaciado en penal de Socabaya).

1.3.3.1. Partes de Bombeo de Hormigón o Concreto.

1. Tolva: Es un cuerpo donde se deposita el hormigón de los mixer el cual tiene un árbol agitador para poder homogeneizar la mezcla y así poder impedir la segregación del hormigón (Scribd, 2019).



Figura 15: Tolva Mezcladora de Bomba de Concreto Putzmeister.

Fuente: <https://www.everything-about-concrete.com/how-does-a-concrete-pump-truck-work.html>

2. Conjunto Hidráulico: Contiene las bombas hidráulicas “con sistemas de válvulas y cilindros donde se realiza la succión y expulsión del concreto” (Scribd, 2019).

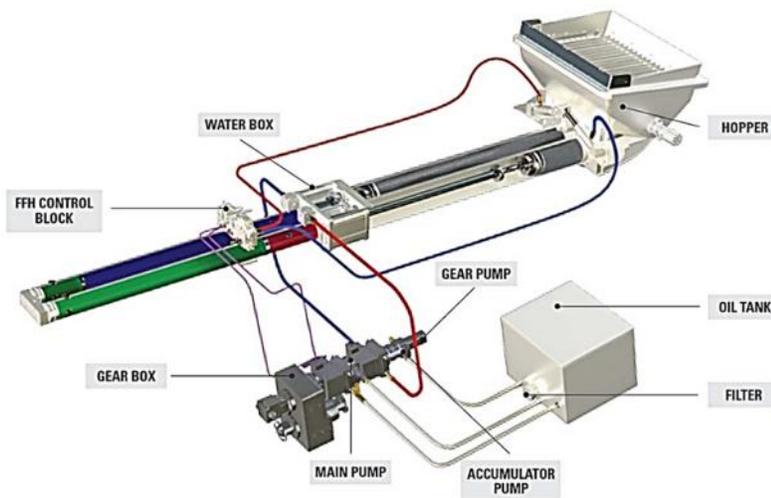


Figura 16: Conjunto Hidráulico de la Bomba Concretera.

Fuente: http://www.everdigm-america.com/product/product-view/?product_id=ecp56cx&category_1=concrete_pum

- Motor: Habitualmente son motores diésel para la operatividad de todo el conjunto hidráulico; así como el hormigón debe tener las particularidades específicas de fluidez, contenido de pasta y la vinculación de arena/agregado para una buena bombeabilidad (Scribd, 2019).

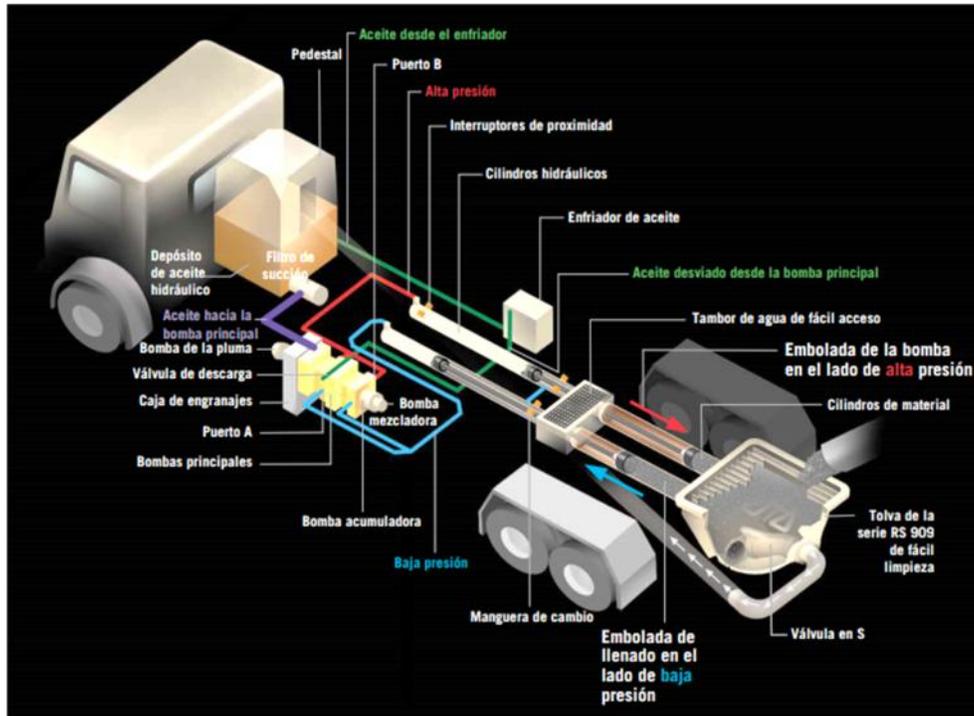


Figura 17: Motor Diésel Acoplado al Sistema Hidráulico.

Fuente: <https://www.everything-about-concrete.com/how-does-a-concrete-pump-truck-work.html>

- Sistema de tuberías de Bombeo: Soportan a todas las tuberías, mangueras y abrazaderas generalmente tienen varias secciones articuladas para que puedan trasladar el concreto a diversas condiciones de operación y requerimiento.

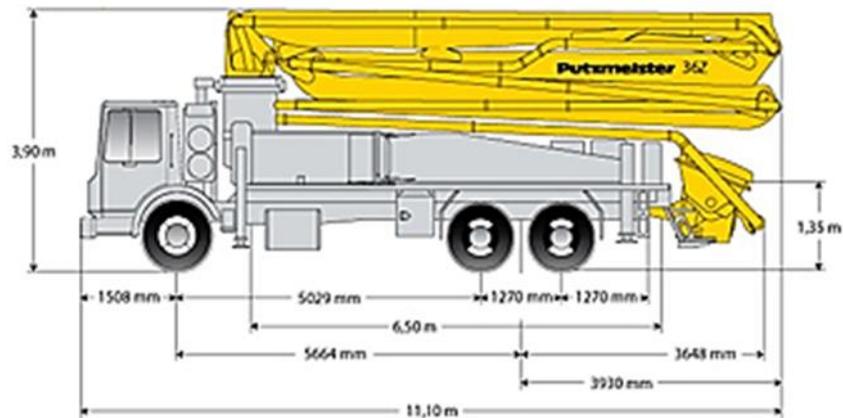


Figura 18: Sistema de tubería de bombeo Putzmeister.

Fuente: <http://www.beka.cl/putzmeister-maquinaria/bsf-36z/>

5. Accesorios de Bombeo: son los elementos de desgaste en el cual se tiene a codos de distintos grados y radios; abrazaderas, elementos de limpieza, líneas de conducción.

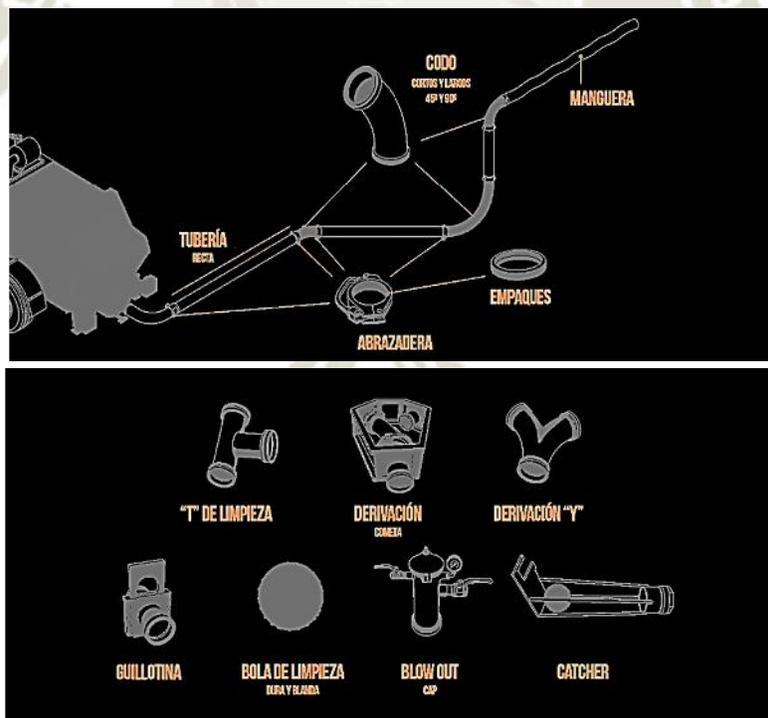


Figura 19: Accesorios de Bombeo Putzmeister.

Fuente: <http://osconcretos.com/>

6. Filtro y deshidratador de aceite: Esta fabricada particularmente para poder eliminar el agua y así conservar el aceite en buenas condiciones de manera eficiente; ya que el agua en el aceite hidráulico aporta a la degradación y agiliza la obsolescencia de modo que va acrecentar la cavitación y desarrollo de la espuma al igual que disminuirá la lubricación en todo el sistema hidráulico (Putzmeister, 2009).



Fotografía 6: Filtro de Aceite Putzmeister.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=cnrDS9UJwGQ>

7. Sistema de control Ergonic: son sistemas de control basados en microprocesadores diseñados para controlar y regular bombas de hormigón y plumas distribuidoras; El maquinista de la bomba tiene menos trabajo y puede concentrarse mejor en el entorno y en el movimiento de la manguera final. Un sencillo control con palanca de mando permite desplazar la pluma con precisión milimétrica en dirección horizontal y vertical, todo con una sola mano (One Touch Control) (Ergonic® Systems, 2019).

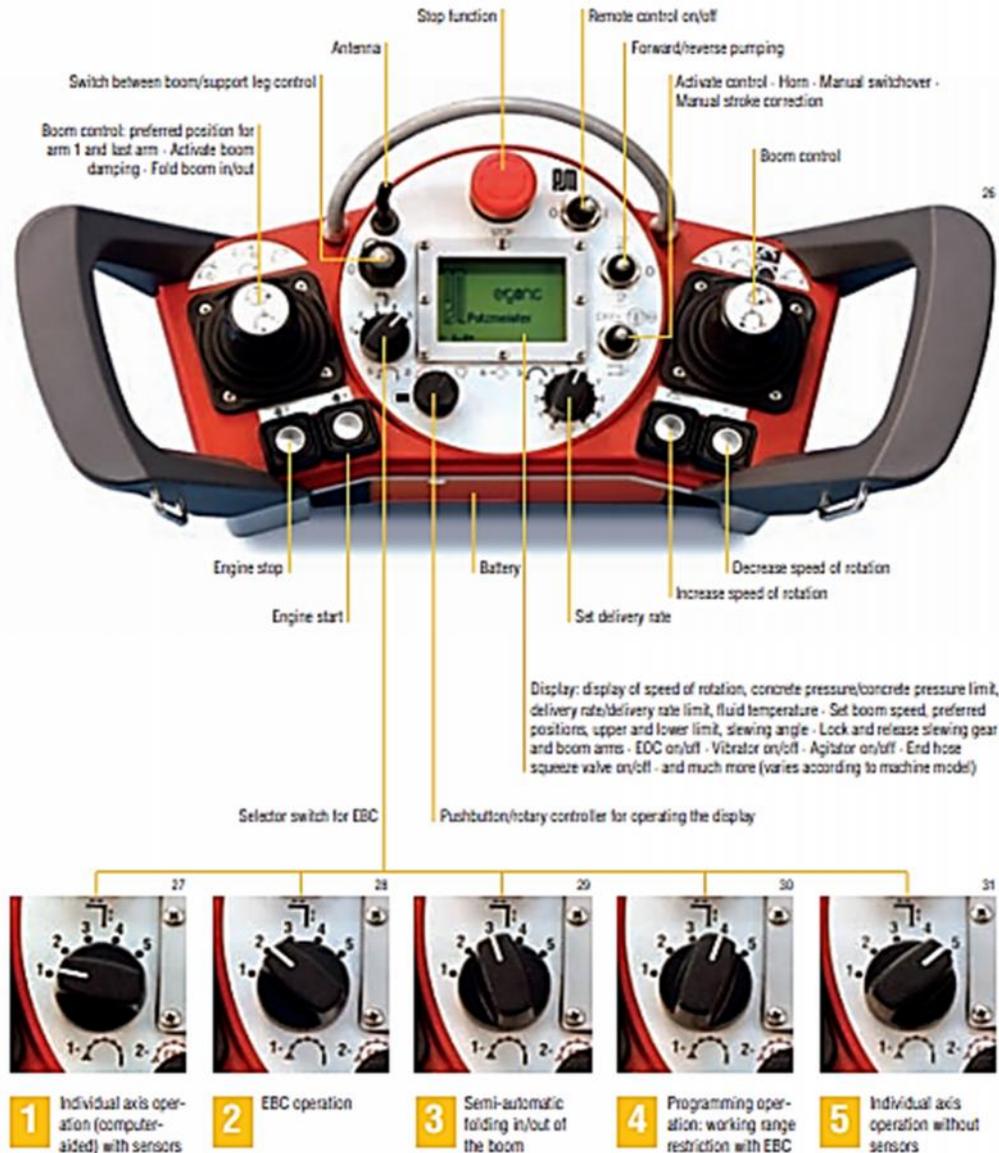


Figura 20: Sistema de Control Ergonic Putzmeister.

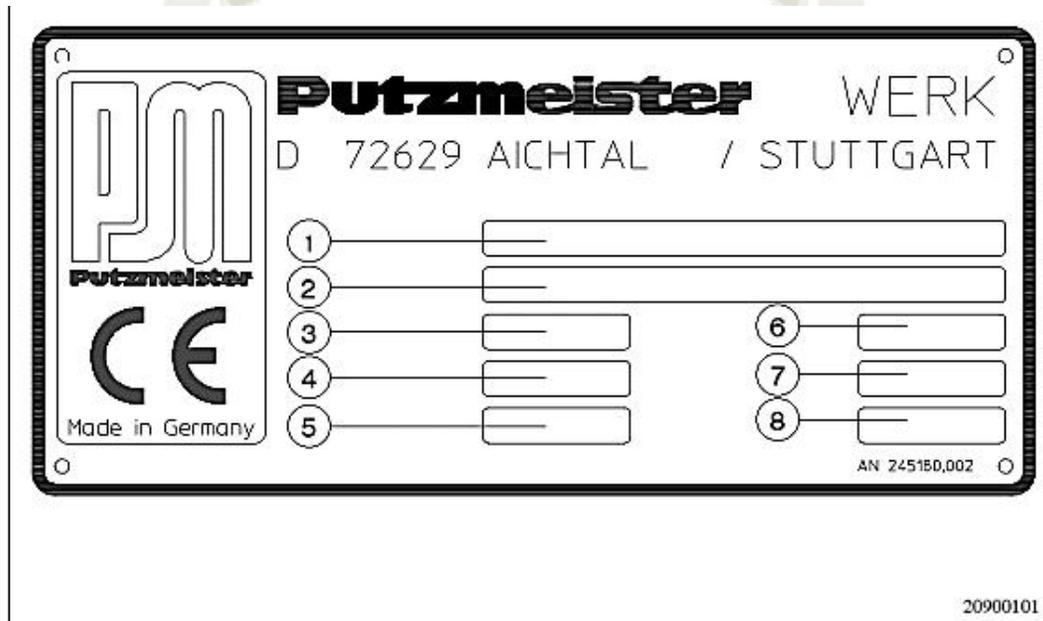
Fuente: Ergonic® Systems (2019), The technical advancement for more efficiency and a maximum utilisation

1.4. Identificación De Los Equipos De Bombeo

Todos los equipos de bombeo como las bombas telescópicas cuentan con placas de identificación tanto de la maquina como de la pluma de las cuales se deben tener en consideración.

1.4.1. Placa Característica de la Máquina.

La placa esta estampada a la altura del cuerpo y brazos estabilizadores de la máquina, las cuales nos dan a conocer valores señalados en la placa de características y en la ficha de la maquina como por ejemplo presiones de aceite hidráulico, caudales, etc. Que son los valores máximos permisibles en el equipo **ver Figura 21: Placa de Valores de la Maquina.:**



- 1 Modelo (modelo de máquina)
- 2 N° máquina (número de la máquina)
- 3 Año de construcción
- 4 Presión hidráulica máx. [bar] (presión máxima del aceite de la parte hidráulica)
- 5 Velocidad admisible máx. [km/h] (velocidad máxima del vehículo)
- 6 Peso total autorizado máx. [kg]
- 7 Presión de transporte máx. [bar]
- 8 r.p.m. máx. (número máximo de revoluciones del motor)

Figura 21: Placa de Valores de la Maquina.

Fuente: Bazan C. (2016). Manual Operating Instructions-BSF 28Z.09

1.4.2. Placa Característica de la Pluma.

La placa estampada en la parte superior de la pluma con la torreta, nos dan a conocer datos importantes del equipo ver **Figura 22**: Placa de datos de la Pluma.:

- 1 Modelo de pluma
- 2 N° pluma
- 3 Año de construcción
- 4 N° ref. paquete de brazos (número de artículo del paquete de brazos)
- 5 Alcance horiz. máx.
- 6 Alcance vert. máx.
- 7 Tubo (diámetros máximos admisibles de los tubos y grosor de pared de la tubería de transporte) [mm]
- 8 Manguera terminal máx.
- 9 Presión del aceite hidráulico máx.
- 10 Presión de transporte de hormigón máx.

Figura 22: Placa de datos de la Pluma.

Fuente: Bazan C. (2016). Manual Operating Instructions-BSF 28Z.09

BSF 28Z. 12 L

B	•BETONPUMPE = BOMBA DE CONCRETO
S	•TUBO OSCILANTE, VALVULA S
F	•FAHRBAR = MOBIL
28	•28 METROS DE ALCANCE VERTICAL DE PLUMA
Z	•DESPLIEGUE DE LA PLUMA
12	• 120 M ³ / HORA
L	• BAJA PRESIÓN

Figura 23: Ejemplo de identificación del modelo del Equipo.

Fuente: Elaboración Propia



Fotografía 7: Ubicación de la identificación de modelo Putzmeister.

Fuente: Elaboración Propia

2. Data de las Bombas Concreteras

Los camiones de las bombas telescópicas o concreteras que se cuentan en la empresa concretos Supermix son de diferentes marcas, alcances y de diferentes potencias; pero todos los equipos de bombeo telescópico o de pluma son Putzmeister ver **Tabla 4**

3. Especificación Técnica de las Bombas Telescópicas

El camión y la bomba telescópica tienen características especiales que se deben tener en consideración por temas de seguridad y por temas de operación; esto con el fin de poder definir el equipo específico en el servicio de vaciado y poder así cumplir con los compromisos con los diferentes clientes.



Fotografía 8: Equipo Bomba telescópica o Concretera.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. Data de Bombas Telescópicas Concretera.

Item	Cod. Interno	Alcance Mts	Clase	Placa	Marca	Modelo	Motor	Serie	Año
1	SBOM-206	28	BOMBA TELESCOPICA 28 METROS	B3X-928	MACK/Putzmeister	MR688S	6X1201	H070202006	2007
2	SBOM-293 / 189	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	C5P-904	VOLKSWAGEN/Putzmeister	31.310	36100037	9BWPR82U09R921877	2009
3	SBOM-190	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	C5P-903	VOLKSWAGEN/Putzmeister	31.310	36100038	9BWPR82U49R921817	2009
4	SBOM-494	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	D4U-778	MACK/Putzmeister	MRU613E/BSF32Z	1M2AV07C2DM009962	210603552	2012
5	SBOM-531	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	D7J-918	MACK/Putzmeister	MRU613E/BSF36Z.16H	MP80998564A3H	1M2AV07C6DM009849/210603583	2012
6	SBOM-589	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	D9Q-913	MACK/Putzmeister	MRU613E/BSF36Z.16H	MP80998190A3H	1M2AV07C2DM009847/210603581	2013
7	SBOM-611	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	F4E-859	MACK/Putzmeister	MRU613E/BSF36Z.16H	MP81022169A3H	1M2AV07CXEM010696/210603688	2013
8	SBOM-788	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	AUV-825	CAMION BOMBA VW 31.320	31.320 DC CUM E3	36564911	9534J8260JR807335	2017
9	SBOM-738	40	BOMBA TELESCOPICA 40 METROS	FOU-835	MACK/Putzmeister	MRU613E/BSF40Z.16H	EMP81055807A3H	1M2AV07C3FMD12467/210603889	2014
10	SBOM-174	-	BOMBA ESTACIONARIA TK70	SBOM-379	Putzmeister	TK 70 Thom Katt	10644462	2106T2391	2008
11	SBOM-279	-	BOMBA ESTACIONARIA TK70	SBOM-415	Putzmeister	TK 70 Thom Katt	10743577	2106T2629	2010
12	SBOM-292	-	BOMBA ESTACIONARIA MOVIL 2116HD	B6B-831	MACK/Putzmeister	CV713	6X1393	1M2AG11C77M064260	2007

Fuente: Elaboración Propia





ESPECIFICACION DE LA PLUMA 40Z MONTADA EN EL CAMION

Longitud	12.27 m
Ancho	2.50 m
Largo	3.94 m
Distancia entre ejes	5.461mm
Peso del eje delantero	8.510 kg
Peso del eje trasero	17.450 kg
Peso total aproximado	25.960 kg
Modelo camión	Mack MRU 613
Suspensión	Resorte suspensión
Transmisión	Manual
Ruedas / Aro	Michelin / Aluminio
Cant. Ejes	3
Motor	Mp7
Caballos fuerza	405 hp

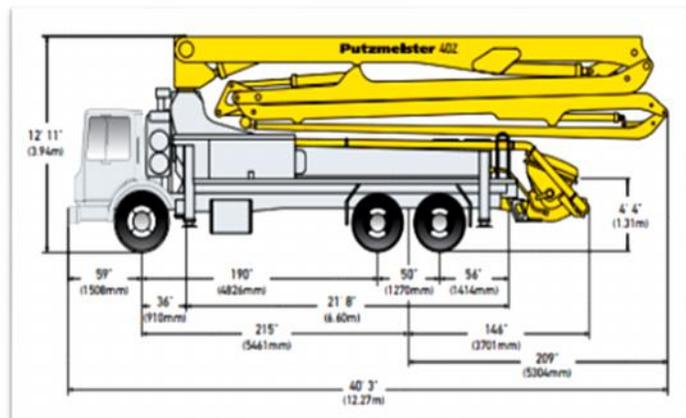


Figura 24: Especificación técnica del camión de la bomba.

Fuente: Elaboración Propia

ESPECIFICACION DE LA PLUMA	
ALTURA Y ALCANCE	
Alcance vertical	39.10 m
Alcance Horizontal	35.10 m
Alcance desde la parte trasera del camión	32.80 m
Profundidad de alcance	25.00 m
Altura de despliegue	9.40 m
PLUMA DE 4 SECCIONES	
Articulación de la 1era sección	102°
Articulación de la 2da sección	180°
Articulación de la 3era sección	245°
Articulación de la 4ta sección	233°
Longitud de la 1a sección	9.40 m
Longitud de la 2a sección	8.40 m
Longitud de la 3a sección	8.70 m
Longitud de la 4a sección	8.60 m
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tamaño de tubería (DI)	117 mm
Rotación	365°
Manguera final: longitud	3.0 m
Manguera final: diámetro	115 mm
Alcance de los estabilizadores izquierdo y derecho: delanteros se extienden hidráulicamente hacia afuera y hacia abajo.	6.30 m
Alcance de los estabilizadores izquierdo y derecho: traseros se extienden hacia abajo	6.50 m
ESPECIFICACION DE LA BOMBA 40Z . 16H	
Caudal	Lado Vástago 160 m3/hr Lado Pistón 108 m3/hr
Presión	Lado Vástago 85 bar Lado Pistón 130 bar
Diámetro del cilindro de materiales	230 mm
Longitud de la embolada	2.100 mm
Emboladas maximas por minuto	Lado Vástago 31 Lado Pistón 21
Control de volumen	0 - full
Vibrador	estándar
Cilindro de materiales de cromo duro	estándar
Sistema hidráulico	flujo libre
Presión del sistema hidráulico	350 bar
Diámetro del cilindro diferencial	140 mm
Diámetro del vástago	80 mm
Tamaño maximo de áridos	63 mm
Deposito de agua: pedestal	700 L

*El sistema de tubos de descarga estándar esta clasificado para una presión máxima 85 bar

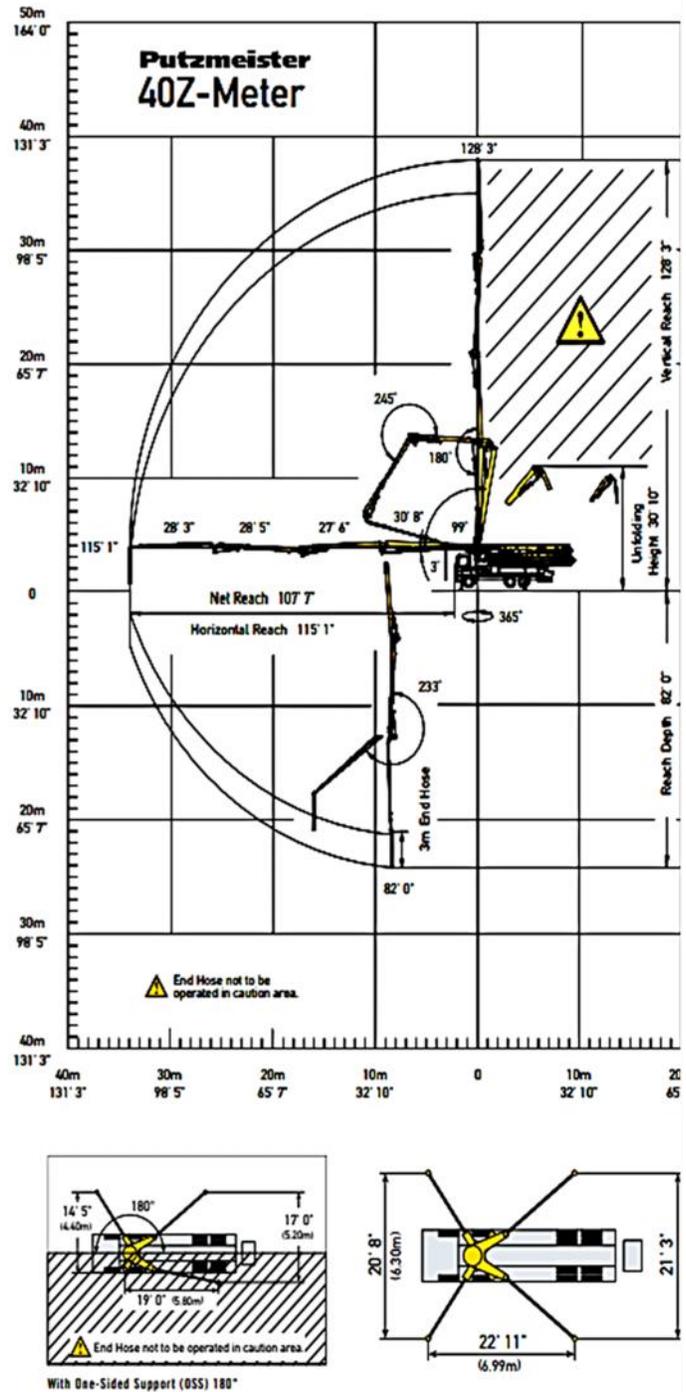


Figura 25: Especificación Técnica de Bomba y Pluma.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VI: ANALISIS SITUACIONAL

1. Situación de Bombas Concreteras o de Hormigón

Para realizar una toma de decisiones se requiere primeramente analizar la data de servicios que se tiene en el área de mantenimiento, con el fin de podernos enfocar a los problemas que actualmente se cuenta con las bombas concreteras; de los cuales podemos tener en cuenta que su disponibilidad de los equipos tienen un promedio del 65% aproximadamente; este valor es muy bajo en comparación a otras compañías que cuentan con un 85% de disponibilidad; otro punto que se puede encontrar es que el servicio por mantenimiento correctivo es elevado, tendremos que aplicar un método para poder identificar las fallas con mayor criticidad y el equipo más crítico para poder aplicar algún cambio en la gestión del mantenimiento.

2. Programa de Mantenimiento

Las bombas concreteras o telescópicas cuentan con un plan de mantenimiento en la **Tabla 5** se muestra los intervalos de mantenimiento correspondientes a los distintos servicios de mantenimiento que se realizan en las bombas concreteras o telescópicas pero no se encuentra algún plan de mantenimiento para los elementos de desgaste ni en horas ni en m3 bombeables.

Tabla 5. Plan de mantenimiento de la Bomba Concretera.

GRUPO	ACTIVIDAD	HORAS DE SERVICIO					OTROS INTERVALOS	
		DIARIO	50	100	250	500		1000
EN GENERAL	Lubricar estructura adosada del vehiculo	x						Semanal
	Control visual y funcional de todos los dispositivos de seguridad	x						
	Comprobar el apriete de las uniones roscadas según tabla de pares de apriete							en caso de necesidad
	Control visual del cableado eléctrico	x						
PARTE HIDRAULICA	Comprobar nivel de aceite hidraulico	x						
	Evacuar agua condensada	x						
	Control visual de la tubena (daños / fugas)	x						
	Cambio de aceite hidraulico (tras analisis de aceite)					x		
	Limpiar sumidero de aceite					x		
	Comprobar estanqueidad de cilindros hidraulicos (control visual)							mensual
FILTROS DE ACEITE	Controlar la indicacion de suciedad del filtro	x						
	Cambiar cartucho filtrante de la pluma							en caso de necesidad
	Cambiar cartucho filtrante de aspiracion							en caso de necesidad
DEPOSITO DE AGUA	Controlar el nivel de agua	x						
REDUCTORA	Cambio de aceite de caja de transferencia (clase API GL4, visc. SAE 90)					x		
	Cambio de aceite del engranaje del agitador (clase API GL4, visc. SAE 90)					x		
	Cambio de aceite del engranaje del mecanismo de giro						x	Anual
	Agua de condensacion del engranaje del mecanismo de giro				x			
TORRETA DE LA PLUMA	Comprobar los tornillos de la corona giratoria				x			
TUBERIA DE TRANSPORTE	Seguros de los acoplamientos	x						
	Controlar el grosor de la pared	x						
EMBOLO DE TRANSPORTE	Controlar tornillos y el seguro de alambre				x			
	Controlar el desgaste de los embolos de transporte							semanal
PARTES EN CONTACTO	Control del desgaste	x						
ENGRASE CENTRAL	Control de nivel de grasa	x						
	Control de nivel del aceite	x						
COMPRESOR	Cambio de aceite					x		
	Limpiar filtro de admision de aire					x		
	Comprobar uniones roscadas					x		
ARBOLES ARTICULADOS (EN REGIMEN NORMAL)	Lubricar			x				
ARBOLES ARTICULADOS (EN REGIMEN MAXIMO)	Lubricar		x					
MOTOR DEL VEHICULO CAJA DE CAMBIOS DEL VEHICULO	Con arreglos a los intervalos indicados a los fabricantes							

Fuente: Elaboración Propia

3. Criterio de Medición del Mantenimiento

El criterio más importante que se mide en la empresa de concretos es la disponibilidad de los equipos, el cual me da la probabilidad de que un equipo se desempeñe satisfactoriamente, durante un periodo o tiempo específico bajo las condiciones de operación solicitadas, dicho de diferente manera sería tiempo que el equipo está disponible para la producción ver **Figura 26**

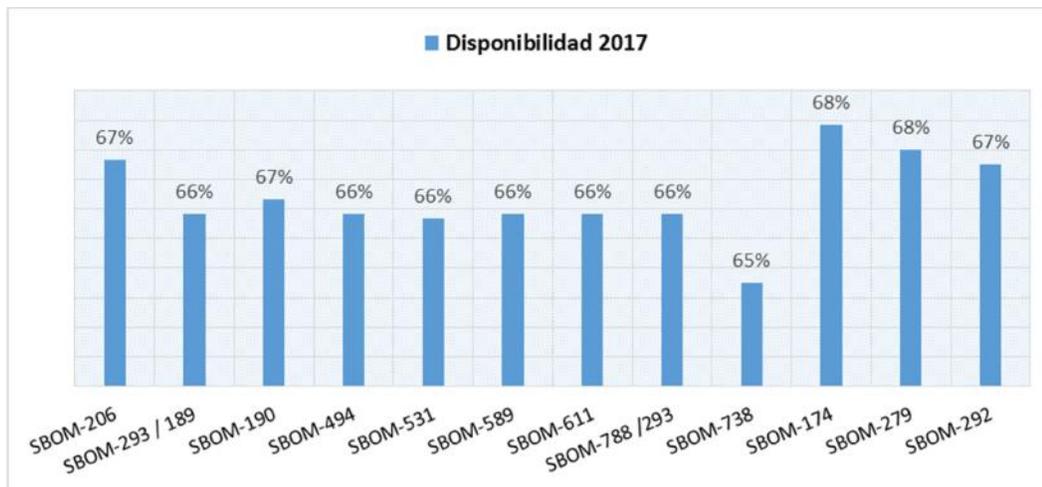


Figura 26: Disponibilidad del año 2017 de las Bombas Concreteras.

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo como disponibilidad un 65% en la bomba telescópica SBOM-738, la disponibilidad más baja en comparación a las demás que se encuentran por encima; Estas disponibilidades son muy bajas con lo cual aplicaremos un método de criticidad para poder identificar los equipos críticos para tomar acción correctiva.

4. Resumen del Análisis situacional

Con el criterio de evaluación podemos identificar las siguientes observaciones en las bombas telescópicas:

1. En los planes de mantenimiento no está contemplado el mantenimiento a los elementos de desgaste de la batea según la cantidad de concreto bombeado.
2. La disponibilidad de las bombas telescópicas en el 2017 son muy bajas teniendo como equipos con baja disponibilidad de 65% y 66% ya que en comparación con otras empresas el benchmarking es aproximadamente un 75% como mínimo
3. La Jefatura nos pide incrementar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos de mantenimiento.

CAPITULO IV:

PROPUESTA E IMPLEMENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

1. Propuesta de consideración para la solución

Identificados la situación actual de los equipos y sus problemas que se cuenta se propone la aplicación de metodologías para poder determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de la bomba concretera para incrementar su disponibilidad teniendo en cuenta lo siguiente:

1. El plan de mantenimiento debe estar basados para el sistema de la batea en los metros cúbicos vaciados y no por horas de servicio ya que todos los componentes de la batea trabajan directamente con el concreto bombeable.
2. Incrementar la disponibilidad según exigencias de jefatura y reducir los costos de mantenimiento.

2. Aplicación de la propuesta

2.1. Método Análisis de Criticidad

En la aplicación del método de criticidad de equipos, podemos identificar que en las bombas telescópicas se tienen 2 equipos críticos que son SBOM-531 Y SBOM-738 pero por un tema de alcance y por ser un equipo más solicitado en las diferentes obras de la región sur tomaremos como equipo critico a la bomba telescópica SBOM-738 que tiene un alcance de 40 metros en línea vertical, la aplicación se muestra en la

Tabla 6

Tabla 6. Análisis de Criticidad del Equipo en Bomba Telescópica o Concretera.

METODO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE LAS BOMBAS TELESCOPICAS CONCRETERAS													
Item	Cod. Interno	Alcance Mts	Clase	Capacidad M3 / Hr.	Problemas Identificados	FE	IO	FO	CM	ISHA	Consec = (IO x FO) + CM + ISHA	Total = FE x Consec.	Ranking
1	SBOM-531	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Cambio de elementos de desgaste	3	10	4	1	8	49	147	C
2	SBOM-738	40	BOMBA TELESCOPICA 40 METROS	100	Cambio de elementos de desgaste	3	10	4	1	8	49	147	C
3	SBOM-190	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	100	Cambio de eje de motor agitador	2	8	4	1	4	37	74	SC
4	SBOM-788 / 293	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Cambio de sellos de motor agitador	3	8	1	1	4	13	39	NC
5	SBOM-611	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Cambio de sellos de batea	3	6	1	1	4	11	33	NC
6	SBOM-589	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Taponamiento del eje mezclador	3	6	1	1	2	9	27	NC
7	SBOM-293 / 189	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	140	Cambio de sellos de batea	2	6	1	1	4	11	22	NC
8	SBOM-494	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	100	Cambio de sellos de batea	2	6	1	1	4	11	22	NC
9	SBOM-174	-	BOMBA ESTACIONARIA TK70	50	Calentamiento del sistema hidraulico	2	4	1	1	2	7	14	NC
10	SBOM-279	-	BOMBA ESTACIONARIA TK70	50	Calentamiento del motor	2	4	1	1	2	7	14	NC
11	SBOM-206	28	BOMBA TELESCOPICA 28 METROS	100	Parada del vibrador	2	1	1	1	2	4	8	NC
12	SBOM-292	-	BOMBA ESTACIONARIA MOVIL 2116HD	140	Cambio de sellos de motor agitador	3	8	1	1	4	13	39	NC



Fuente: Elaboración Propia

2.2. Aplicación Del Método Análisis De Modo Y Efecto De Fallas Modificado (FMEA Modificado).

Este método va permitir reconocer, evaluar fallas potenciales, sus efectos, componentes de mayor impacto económico y me va permitir tomar acciones para reducir las fallas ver **Tabla 7**

Tabla 7. Método de Análisis de Modo y Efecto de Fallas Modificado (FMEA Modificado).

Item	Sistemas	Parte	Evento de Falla	Modo de Falla	Frecuencia Anual	tiempo (hrs)	IMPACTO				Perdida Total	Total %	Acumulado %
							Costo Rpto (USD)	Costo Mo (USD) t*Mo	Perdida de Produc (USD) P,p*t	Costo de Falla (USD) IMPACTO			
4	Batea	Tubo S	No lubrica mecanismo	Taponamiento con concreto	5	48	\$ 2,000	\$ 480	\$ 23,040	\$ 25,520	\$ 127,600	15.68%	15.68%
13	Batea	Placa Gafas	Fuga de concreto en bombeo	Desgaste de las placas	5	40	\$ 450	\$ 400	\$ 19,200	\$ 20,050	\$ 100,250	12.32%	28.00%
18	Batea	Cojinete manguito presion del tubo S	No lubrica mecanismo	Taponamiento con concreto	4	48	\$ 1,500	\$ 480	\$ 23,040	\$ 25,020	\$ 100,080	12.30%	40%
14	Batea	Anillo de desgaste	Fuga de concreto en bombeo	Desgaste de anillos	4	48	\$ 150	\$ 480	\$ 23,040	\$ 23,670	\$ 94,680	11.64%	52%
19	Batea	Tubo S	Fuga de concreto en bombeo	Casquillo de desgaste deteriorado	3	48	\$ 500	\$ 480	\$ 23,040	\$ 24,020	\$ 72,060	8.86%	61%
15	Batea	Casquillo cojinete tubo oscilante	Holgura excesiva	Desgaste de casquillo	3	40	\$ 200	\$ 400	\$ 19,200	\$ 19,800	\$ 59,400	7.30%	68%
11	Batea	Cojinete tubo oscilante	Fuga de lubricante	Sellos deteriorados	3	32	\$ 150	\$ 320	\$ 15,360	\$ 15,830	\$ 47,490	5.84%	74%
2	Batea	Tubo S	Fuga de concreto en bombeo	Desgaste del tubo S	2	40	\$ 700	\$ 400	\$ 19,200	\$ 20,300	\$ 40,600	4.99%	79%
3	Batea	Motor Agitador	Fuga de lubricante	Retenes resecos	3	24	\$ 100	\$ 240	\$ 11,520	\$ 11,860	\$ 35,580	4.37%	83%
1	Batea	Motor Agitador	No agita el concreto	Desgaste en el eje	4	16	\$ 350	\$ 160	\$ 7,680	\$ 8,190	\$ 32,760	4.03%	87%
16	Batea	Motor Agitador	Fuga de lubricante	Casquillos de brida principal desgastado	3	16	\$ 150	\$ 160	\$ 7,680	\$ 7,990	\$ 23,970	2.95%	90%
17	Batea	Motor Agitador	Fuga de lubricante	Casquillos de brida secundaria desgastado	3	16	\$ 100	\$ 160	\$ 7,680	\$ 7,940	\$ 23,820	2.93%	93%
10	Batea	Palanca pivote	Sonido al pivotear	Desgaste de dientes de acoplamiento	1	24	\$ 300	\$ 240	\$ 11,520	\$ 12,060	\$ 12,060	1.48%	95%
8	Batea	Arbol mezclador	No agita el concreto	Eje desgastado	1	16	\$ 300	\$ 160	\$ 7,680	\$ 8,140	\$ 8,140	1.00%	96%
30	Bombeo	Sellos de bombeo	Mezcla de aceite	Sellos deteriorados	1	16	\$ 100	\$ 160	\$ 7,680	\$ 7,940	\$ 7,940	0.98%	97%
12	Batea	Cilindro buzo	Sonido en el accionamiento	Cilindros desgastados	1	10	\$ 250	\$ 100	\$ 4,800	\$ 5,150	\$ 5,150	0.63%	97%
29	Elemen. Desgaste	Tuberías	Fuga de concreto en bombeo	Tubería desgastada	1	8	\$ 700	\$ 80	\$ 3,840	\$ 4,620	\$ 4,620	0.57%	98%
9	Batea	Aspas mezcladoras	No agita el concreto	aspas desgastadas	1	8	\$ 100	\$ 80	\$ 3,840	\$ 4,020	\$ 4,020	0.49%	98%
25	Hidráulica	Mangueras hidraulicas	Fuga de aceite	Manguera rota reseca	2	2	\$ 80	\$ 20	\$ 960	\$ 1,060	\$ 2,120	0.26%	99%
27	Motor	Culata	Perdida de potencia	Calibracion de valvulas	1	3	\$ 75	\$ 30	\$ 1,440	\$ 1,545	\$ 1,545	0.19%	99%
5	Limpieza	Boquilla	No genera limpieza	Desgaste interno de boquilla	2	1.5	\$ 30	\$ 15	\$ 720	\$ 765	\$ 1,530	0.19%	99%
26	Accesórios	Manguera descarga	Manguera corta para bombeo	manguera desgastada por bombeo	1	2	\$ 400	\$ 20	\$ 960	\$ 1,380	\$ 1,380	0.17%	99%
28	Accesórios	Manguera doble embone	Manguera corta para bombeo	manguera desgastada por bombeo	1	2	\$ 350	\$ 20	\$ 960	\$ 1,330	\$ 1,330	0.16%	99%
7	Electrico	Proyector	No ilumina	Luz de proyector quemado	2	1	\$ 150	\$ 10	\$ 480	\$ 640	\$ 1,280	0.16%	99%
6	Limpieza	Manguera	No genera limpieza	Manguera rota reseca	1	2	\$ 70	\$ 20	\$ 960	\$ 1,050	\$ 1,050	0.13%	100%
21	Electrico	Luces	No enciende algunas luces	Focos quemados	2	1	\$ 20	\$ 10	\$ 480	\$ 510	\$ 1,020	0.13%	100%
20	Electrico	Sensor Magnetico	No bombea	sin señal electronica	1	1	\$ 80	\$ 10	\$ 480	\$ 570	\$ 570	0.07%	100%
24	Frenos	Modulador	Señal permanente de freno	Valvula moduladora deteriorada	1	1	\$ 70	\$ 10	\$ 480	\$ 560	\$ 560	0.07%	100%
23	Electrico	Control inalambrico	No envia señal	Antena rota	1	1	\$ 50	\$ 10	\$ 480	\$ 540	\$ 540	0.07%	100%
22	Electrico	Control inalambrico	No envia señal	Polvo en componente electronico	1	1	\$ 20	\$ 10	\$ 480	\$ 510	\$ 510	0.06%	100%

Fuente: Elaboración Propia

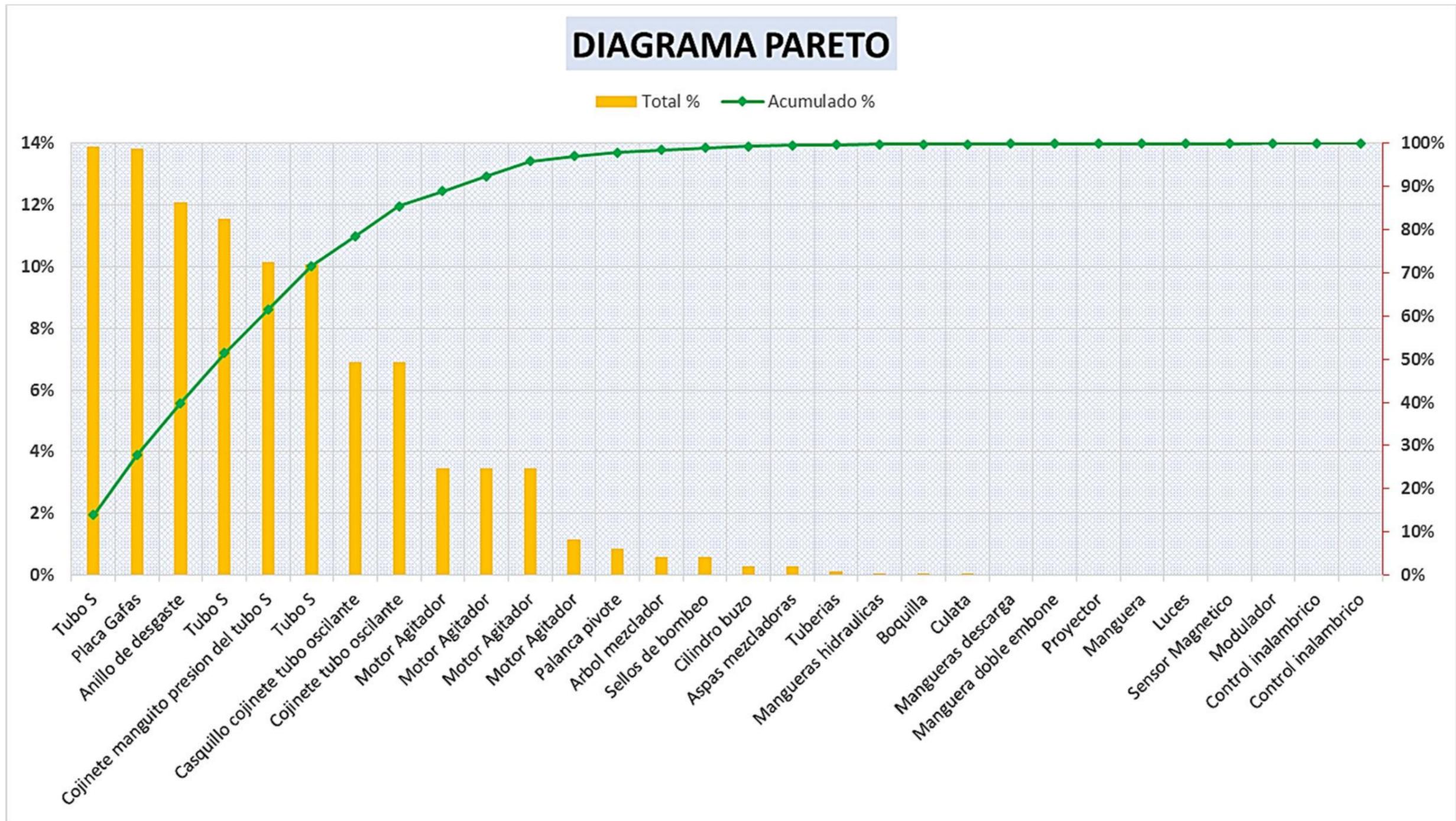


Figura 27: Diagrama de Pareto de los Elementos de Desgaste.

Fuente: Elaboración Propia

3. Análisis de aplicación de la propuesta

- Con el método de criticidad se pudo identificar que se tiene 2 equipo crítico que es la bomba Sbom-531 y Sbom-738 la cual su importancia por el alcance que tiene que es de 40 metros de longitud y es la más solicitada y cuenta con una disponibilidad de 65%.
- Con el método de análisis de modos y efectos de falla modificada se puede identificar los componentes que más relevancia presentan en base al impacto económico que presentan y están relacionados con los elementos de desgaste que están en la batea.
- En la aplicación del diagrama Pareto nos permite visualizar que si solucionamos el problema en los elementos de desgaste como el tubo S, placas gafas, anillos de desgaste, casquillo de tubo oscilante, cojinete de manguito de presión del tubo S, casquillo cojinete del tubo oscilante podríamos solucionar el 80% de las causas; cabe indicar que todos los eventos están relacionados con fallas de desgaste y taponamiento de concreto.

4. Implementación basada en análisis de propuesta

Para la implementación es preciso cumplir con las actividades de mantenimiento, capacitación y ajuste, incluidas las indicaciones de cambio de piezas la cual debe ser realizado por personal operador y en especial técnico especializado y capacitado en los equipos Putzmeister ya que la propuesta es poder realizar el mantenimiento en base a los m³ bombeados y por recomendación de fabricante tomaremos a los 4000 m³ como base, ya que en historial de mantenimiento se tiene intervenciones de servicios en elementos de desgaste como tubo S en promedio 2500 m³ ver **Figura 28**

INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA					
Cod. Interno	Alcance	M3 Bombeados			
SBOM-206	28	2528	2540	2680	
SBOM-293 / 189	32	2580	2460	2625	
SBOM-190	32	2530	2535	2640	2580
SBOM-494	32	2525	2480	2465	2515
SBOM-531	36	2820	2735	2680	2630
SBOM-589	36	2450	2570	2530	2620
SBOM-611	36	2620	2560	2650	2580
SBOM-788	36	2740	2680	2610	2690
SBOM-738	40	2700	2600	2750	2640

Figura 28: Intervenciones en elementos de desgaste de batea.

Fuente: Elaboración Propia.

4.1. Conformación del Equipo de Trabajo

El equipo de trabajo para el presente proyecto se conformó con trabajadores ligados con los equipos a estudiar.

	CONFIABILIDAD OPERACIONAL		Nro. DD -107
			Pagina 1/1
	Tema:		Fecha:
	ANALISIS DE CRITICIDAD BASADA EN EL RIESGO		Taller: Bombas
		Volver al Menu	Ir

FORMACION DEL EQUIPO NATURAL DE TRABAJO

INTEG.	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FUNCION ENT
1	CHARLES H. PAREDES QUISPE	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	FACILITADOR
3	ARTURO LLAVILLA RODRIGUEZ	PROGRAMADOR	MIEMBRO
2	GINO LUQUE LUQUE	SUPERINTENDENTE OPERACIÓN	LIDER
4	JUAN ALARCON MITA	ESPECIALISTA MECANICO HIDRAULICO	MIEMBRO
5	ALAN RETAMOSO BALLON	ESPECIALISTA COSTOS	MIEMBRO
6	ENRIQUE SALAS SEGOVIA	SUPERVISOR SEGURIDAD Y AMBIENTE	MIEMBRO
7	CUBER FALCON FALCON	OPERADOR	MIEMBRO

Figura 29: Cuadro de Equipo de trabajo para el Análisis de criticidad.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Procedimiento del Mantenimiento Componente Batea

A continuación se describe pautas básicas de limpieza que deben realizarse a la batea a la culminación del servicio de bombeo por personal operador:

1. Apertura el codo abatible de bisagra y asegurar con la chaveta o cuño.
2. Dejar que la bomba marche lentamente.

3. Limpiar el fondo del tubo oscilante con el codo abatible completamente abierto y asegurado ver Figura 30

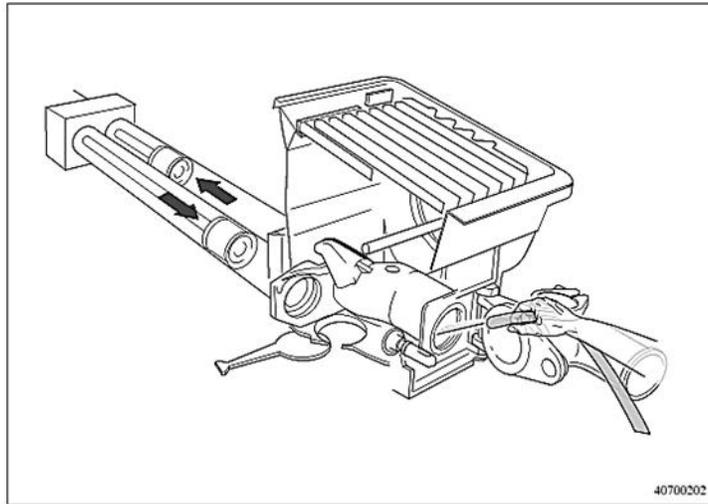


Figura 30: Limpieza del tubo oscilante de la batea.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

4. Manténgase la manguera introducida hasta una longitud específica durante algunos minutos hasta que bote agua limpia ver Figura 31

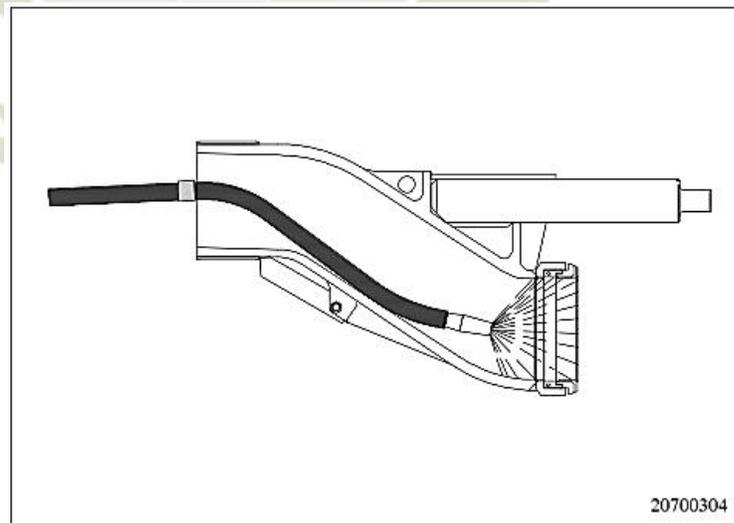


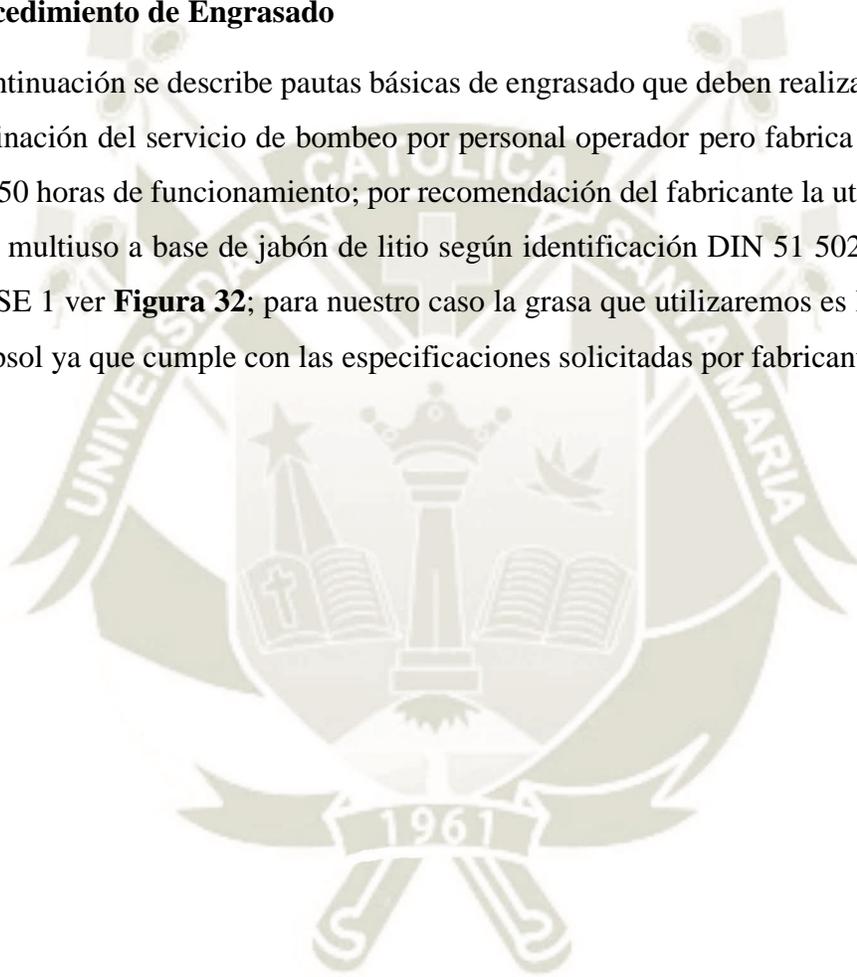
Figura 31: Manguera introducida en codo abatible para limpieza.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

5. Limpie la tolva de fondo.
6. Limpie todos los componentes que han entrado en contacto con el hormigón de la manguera.
7. Limpie las juntas y asientos de juntas, engrasar antes de volver a ser montadas.
8. Las restantes partes de la maquina se limpian rociándolas con una manguera.

4.3. Procedimiento de Engrasado

A continuación se describe pautas básicas de engrasado que deben realizarse a la batea a la culminación del servicio de bombeo por personal operador pero fabrica indica el engrase cada 50 horas de funcionamiento; por recomendación del fabricante la utilización debe ser grasa multiuso a base de jabón de litio según identificación DIN 51 502: K2K-20, NLGI CLASE 1 ver **Figura 32**; para nuestro caso la grasa que utilizaremos es la Grasa lítica EP 1 Repsol ya que cumple con las especificaciones solicitadas por fabricante ver **Figura 33**:



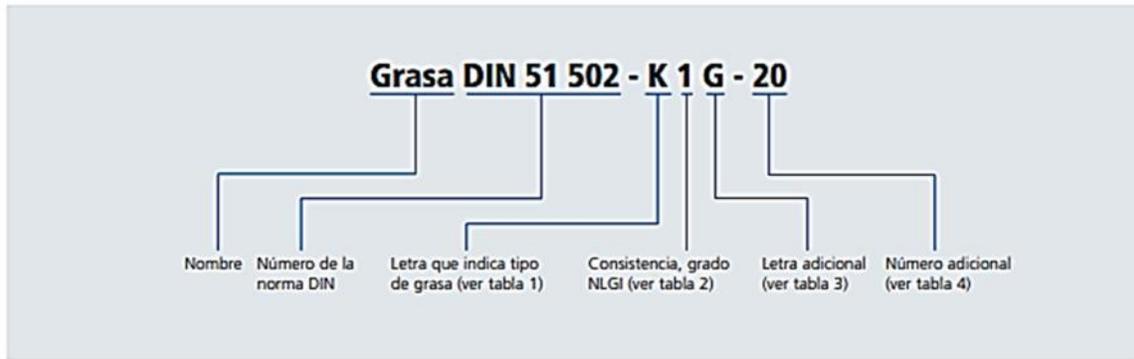


Tabla 1. Letras prefijo y símbolos para grasas (color: blanco)

Tipo de grasa	Letra prefijo	Símbolo
Grasas para rodamientos, cojinetes y superficies deslizantes, definidas en la DIN 51 825	K ₁	Grasas minerales 
Grasas para accionamientos dentados cerrados, definidas en la DIN 51 826	G	
Grasas para accionamientos dentados abiertos (libres de bitumen)	OG	
Grasas para cojinetes lisos y sellos	M ₂	Grasas sintéticas 
Para detallar el tipo de aceite base en grasas sintéticas	Letra adicional según tabla 3	

Tabla 2. Grados NLGI de consistencia

Grado NLGI	Penetración trabajada (0,1 mm) DIN ISO 2137	Descripción
000	445/475	Muy fluida
00	400/430	Fluida
0	355/385	Aún fluida
1	310/340	Muy blanda
2	265/295	Blanda - cremosa
3	220/250	Aún blanda
4	175/205	Moderadamente dura
5	130/160	Dura
6	85/115	Muy dura

Tabla 3. Letras adicionales para grasas

Letra	Máxima temperatura de operación	Resistencia al agua (DIN 51 807-1)
C	+60 °C	0-40 o 1-40
D		2-40 o 3-40
E	+80 °C	0-40 o 1-40
F		2-40 o 3-40
G	+100 °C	0-90 o 3-90
H		2-90 o 3-90
K	+120 °C	0-90 o 3-90
M		2-90 o 3-90
N	+140 °C	Sujeto a acuerdo del fabricante, según la aplicación.
P	+160 °C	
R	+180 °C	
S	+200 °C	
T	+220 °C	
U	>240 °C	

Tabla 4. Números adicionales para grasas

Número	Mínima temperatura de operación
-10	-10 °C
-20	-20 °C
-30	-30 °C
-40	-40 °C
-50	-50 °C
-60	-60 °C

Figura 32: Especificaciones de grasa del fabricante.

Fuente: RENOLIT. (2015). Grasas y Pastas Lubricantes

GRASAS DE EXTREMA PRESIÓN

LÍTICA EP

Grasa para todo tipo de rodamientos que soporten cargas y vibraciones (siderúrgicas, laminación, minería, maquinaria OP), acoplamientos, cadenas, guías, rodamientos de cizalla, trenes de laminación (ampuesas, rodamientos, soportes...).

PRODUCTO	BASE	ESPESANTE	NLGI	PUNTO GOTA	TEMPERATURA DE TRABAJO	NIVEL DE CALIDAD
GRASA LÍTICA EP 0	Base mineral (150 cSt)	Litio simple	0	185 °C	-20 °C 120 °C	DIN 51502 GP OG - 20
GRASA LÍTICA EP 1	Base mineral (150 cSt)	Litio simple	1	190 °C	-20 °C 120 °C	DIN 51825 KP1K - 20
GRASA LÍTICA EP 2	Base mineral (150 cSt)	Litio simple	2	195 °C	-20 °C 120 °C	DIN 51825 KP2K - 20
GRASA LÍTICA EP 3	Base mineral (150 cSt)	Litio simple	3	200 °C	-20 °C 120 °C	DIN 51825 KP3K - 20

CONSISTENCIA (Grado NLGI)	PENETRACIÓN (60w, 25 °C) ASTM D-217 (0,1 mm)	ASPECTO	APLICACIONES
000	445 a 475	Muy ligera, como un aceite viscoso	Engranajes
00	400 a 430	Muy ligera, como un aceite viscoso	Engranajes y Sistemas centralizados
0	355 a 385	Suave	Cojinetes. Sistemas centralizados
1	310 a 340	Suave	Cojinetes. Sistemas centralizados
2	265 a 295	Cremosa	Cojinetes
3	220 a 250	Casi sólida	Cojinetes
4	175 a 205	Dura	Cojinetes lisos. Briquetas
5	130 a 160	Muy dura, como el jabón	Cojinetes lisos. Briquetas
6	85 a 115	Muy dura, como el jabón	Cojinetes lisos. Briquetas

Figura 33: Especificación de grasa lítica EP1 Repsol

Fuente: REPSOL. (2015). Catálogo de Grasas

1. Engrasado de conjunto placa gafas.
2. Engrasado del conjunto accionador de tubo S.
3. Engrasado del conjunto cojinete manguito de presión.
4. Engrasado del conjunto motor agitador.

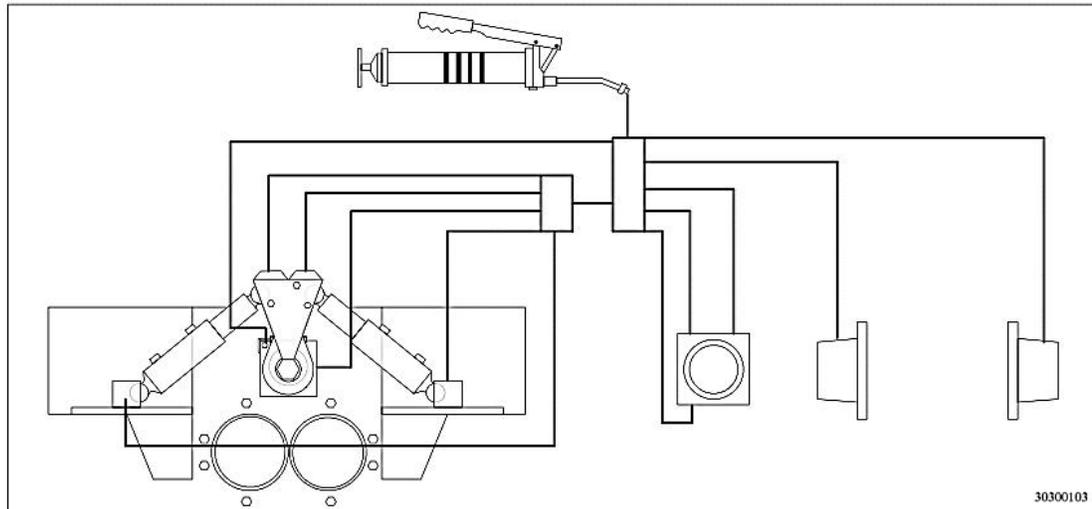


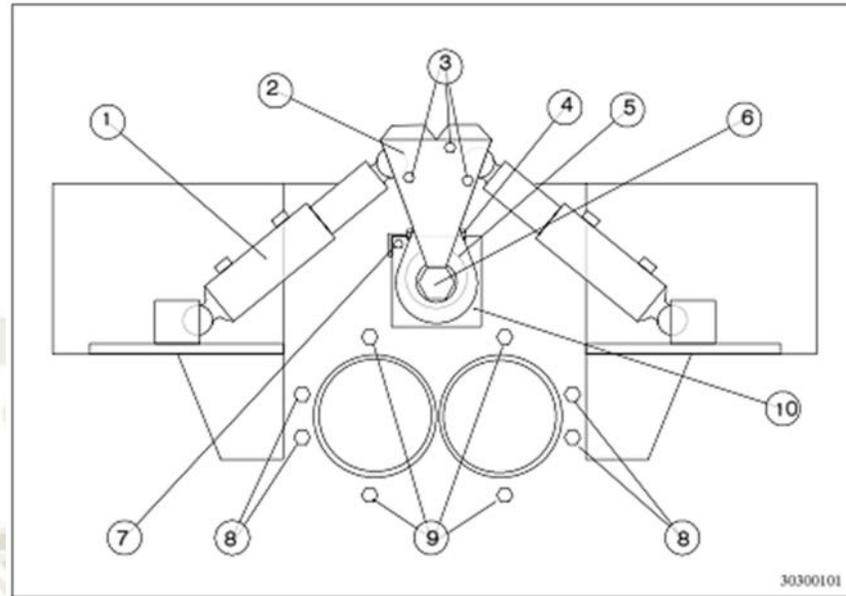
Figura 34: Puntos de engrase de batea

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

4.4. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo de Elemento de Desgaste

En esta sección procederemos a describir el procedimiento del mantenimiento a los elementos de desgaste y tubo S de la batea:

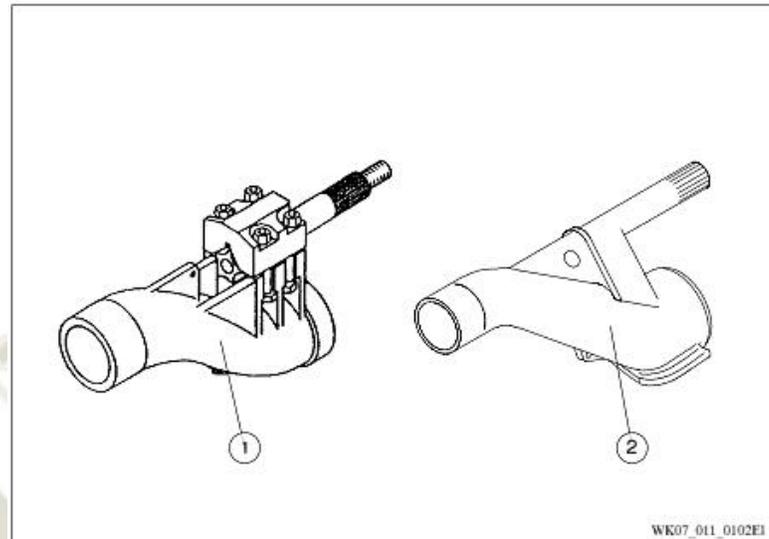
1. Debemos tener una visión general de todos los componentes que involucran en el mantenimiento ver Figura 35 Y Figura 36



- 1 Cilindro buzo
- 2 Chapa de seguridad
- 3 Tornillos de fijación de la chapa de seguridad
- 4 Tornillos de apriete con tuerca
- 5 Palanca giratoria
- 6 Tuerca hexagonal del árbol de rotación
- 7 Tornillo de fijación del soporte con brida (10)
- 8 Tornillos de fijación B de la placa de gafas
- 9 Tornillos de fijación A de la placa de gafas
- 10 Soporte con brida

Figura 35: Visión general de batea

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

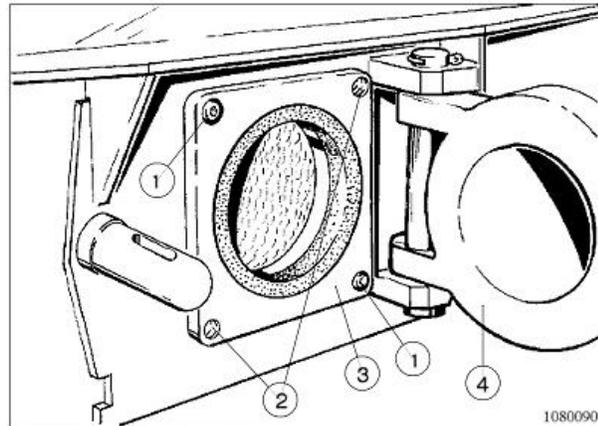


Pos.	Denominación
1	Tubo oscilante «S» con árbol de rotación desmontable
2	Tubo oscilante «S» con árbol de rotación soldado

Figura 36: Tubo oscilante S

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

2. En la parte posterior de la tolva el tubo S se apoya en el soporte del tubo de presión y para su desmontaje se debe abrir la rejilla de protección de la tolva, sujetar el tubo S, desmontar los conductos de lubricación del soporte del tubo de presión, abrir el codo de bisagra y sujetar por seguridad con el cuño o chaveta, desenrosque los 2 tornillos de fijación del soporte del tubo de presión y extraer roscando ambas tuercas en los taladros de montaje.



- 1 Tornillos de fijación
- 2 Taladros de montaje con rosca de extracción
- 3 Soporte del tubo de presión
- 4 Codo de bisagra

Figura 37: Soporte del tubo de presión

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

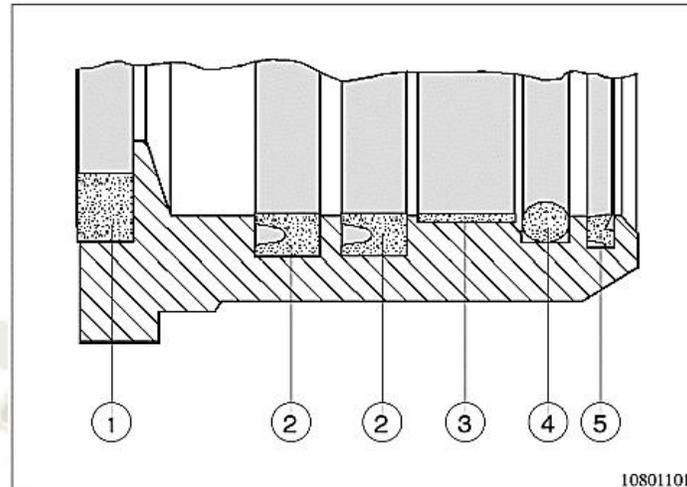
3. Verifique que todas la condición de las juntas del soporte de tubo de presión cambiar las juntas si es preciso y montar las juntas según indicación del fabricante.



Doblar las juntas de estanquidad para facilitar el montaje

Figura 38: Montaje de juntas del soporte de tubo de presión.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister



- 1 Junta de estanquidad de sección rectangular
- 2 Collarines
- 3 Cinta de guía
- 4 Junta tórica
- 5 Anillo rascador

Figura 39: Posición de montaje de las juntas del soporte de tubo de presión.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

4. En la parte frontal de la tolva, el árbol de rotación del tubo S se apoya en el soporte del árbol de rotación (soporte con brida) para lo cual se deben desmontar los conductos de lubricación de la chapa de seguridad y del soporte con brida, desenrosque los tornillos de fijación de la chapa de seguridad y extraiga la chapa de seguridad (al volver a montar la chapa deben cambiarse las chapas de seguridad de los tornillos de fijación)

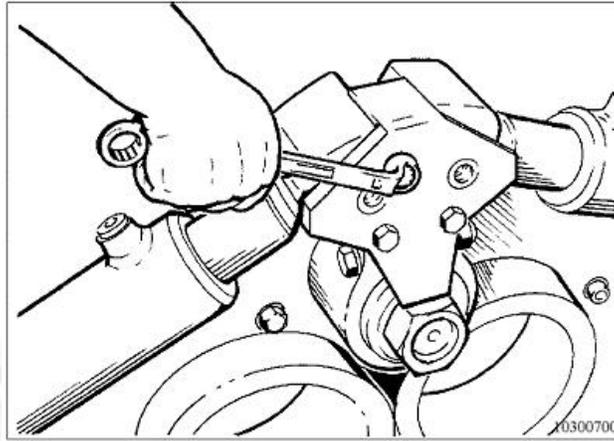


Figura 40: Desenroscado de chapa de seguridad

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

5. Haga retroceder los émbolos de los cilindros buzo y desmonte los cilindros buzo junto con las mangueras hidráulicas.

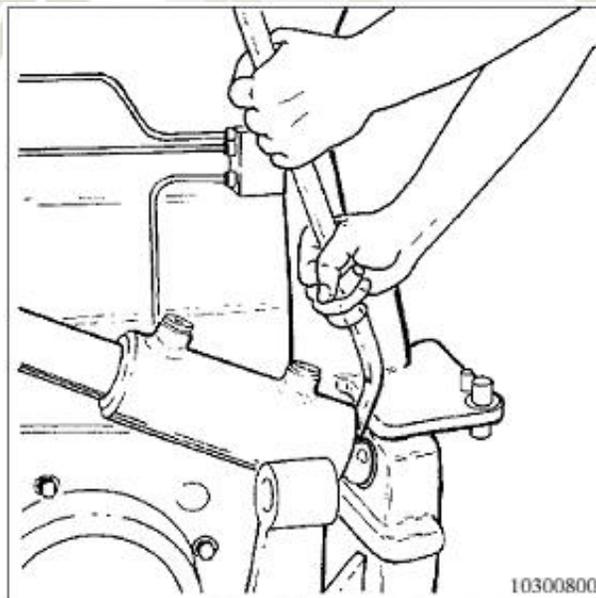


Figura 41: Desmontaje de cilindro buzo

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

6. Desenrosque la tuerca hexagonal del árbol de rotación y extraer el anillo separador, desenrosque los tornillos de apriete de la palanca giratoria y extraer la palanca giratoria.

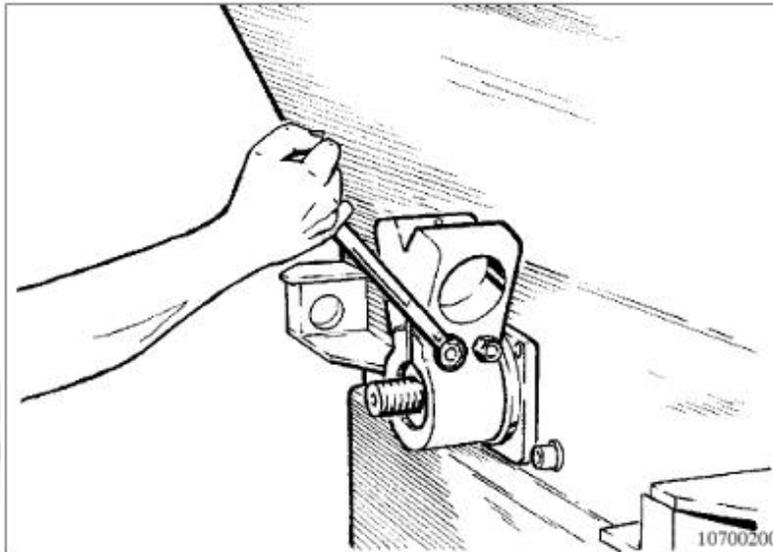
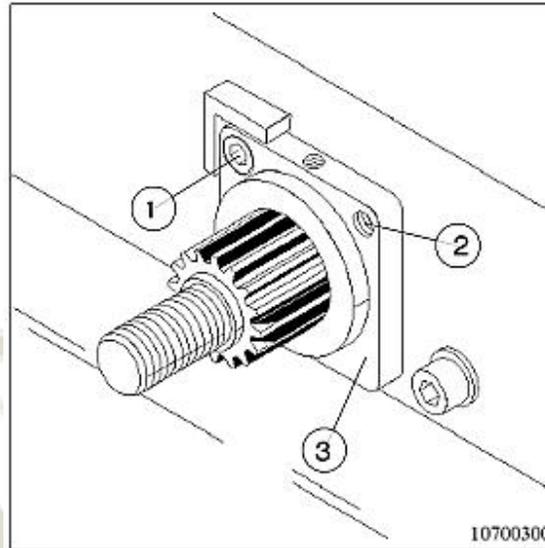


Figura 42: Desmontaje de Palanca Giratoria.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

7. Desenrosque los tornillos de fijación del soporte con brida, extraiga el soporte con brida roscando los tornillos de montaje en ambos taladros, verificar la condición de las juntas tóricas del soporte con brida cambiar de ser preciso.



- 1 Tornillo de fijación
- 2 Taladros de montaje (2 diagonalmente opuestos)
- 3 Soporte con brida

Figura 43: Desmontaje del soporte con brida.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

- 8. Para cambiar las juntas tóricas, se debe retirar el anillo de seguridad y proceder a cambiar.

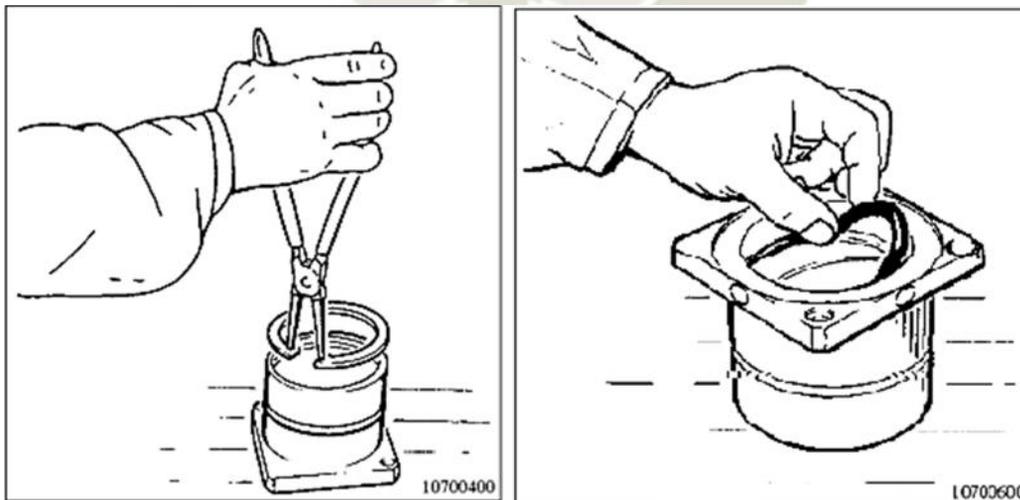
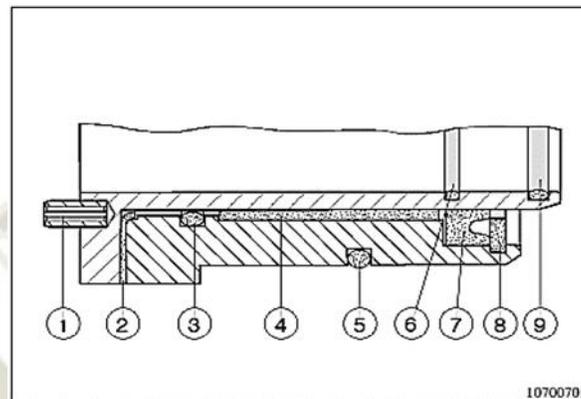


Figura 44: Montaje de juntas en el soporte con brida.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

9. El montaje de las juntas debe ser igual al solicitado por fábrica, verificar las condiciones del casquillo de ser preciso cambiar.



- 1 Pasador de fijación
- 2 Arandela con collar
- 3 Junta tórica
- 4 Casquillo
- 5 Junta tórica
- 6 Junta tórica
- 7 Collarín
- 8 Anillo de seguridad
- 9 Junta tórica

Figura 45: Posición del montaje de las juntas del soporte con brida.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

10. Para desmontar la placa gafas, se debe separar el tubo S con ayuda de una palanca.

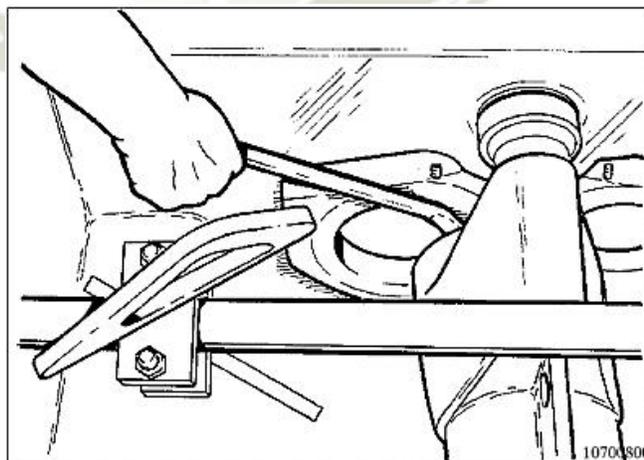
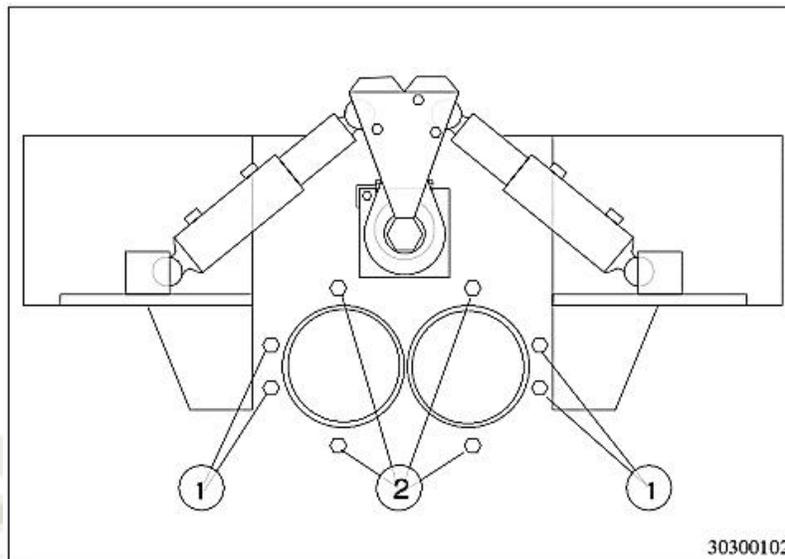


Figura 46: Separación Tubo S de placa gafas

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

11. Desenrosque los 8 tornillos de fijación y desmontar la placa gafas del travesaño.



- 1 Tornillo de fijación B
- 2 Tornillo de fijación A

Figura 47: Remoción de Tornillos de Fijación de Placa Gafas.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

12. Para poder desmontar el tubo S, debemos proceder a desmontar el árbol del agitador, desmonte la regleta de la parte inferior del tubo S, desplace el tubo S hacia delante hasta que quede libre la salida del tubo S, luego extraer verticalmente el tubo S y verificar la condición del casquillo.

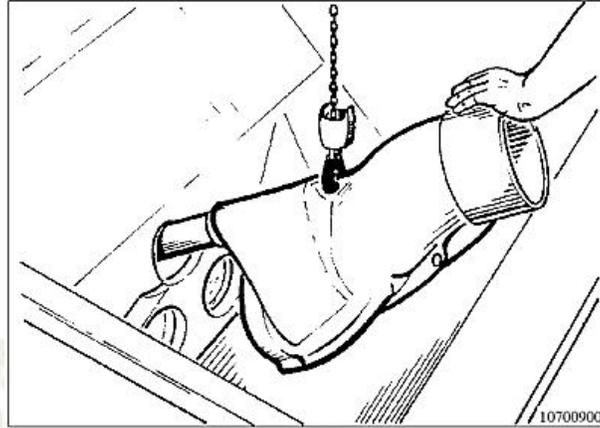


Figura 48: Desmontaje del Tubo S.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

13. Para economizar costos el tubo S lo vamos a enchaquetar y solo se procedería a cambiar el casquillo.

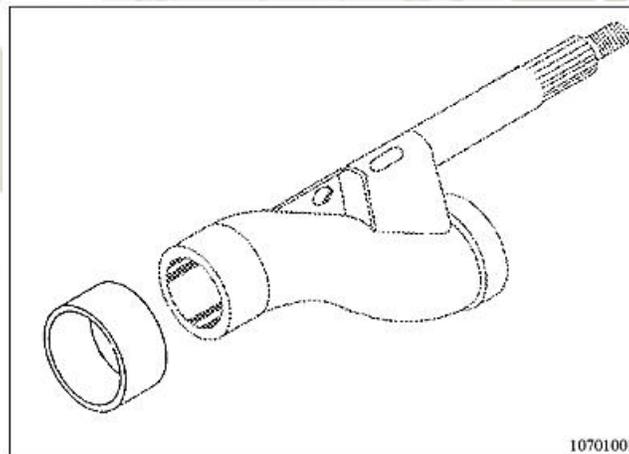


Figura 49: Casquillo Y Tubo S.

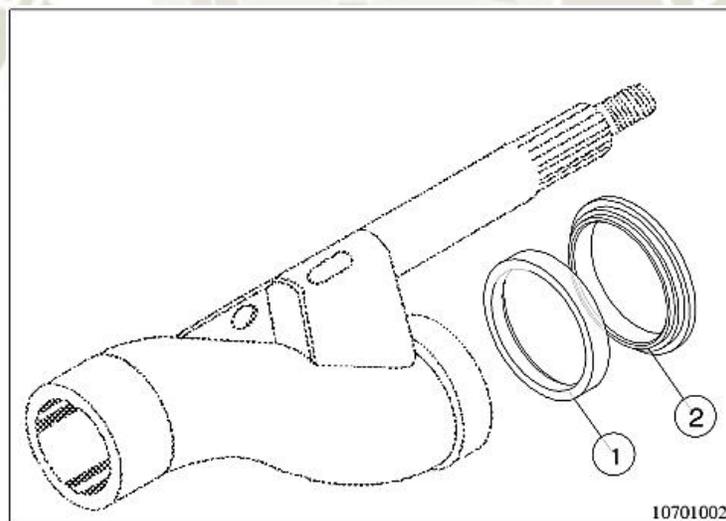
Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister



Figura 50: Casquillo Montado y Tubo S Enchaquetado.

Fuente: Elaboración Propia.

14. Para cambiar el anillo de desgaste y el anillo de presión primero verificar si presenta desgaste, si presenta fuga de concreto o si la presión de la tubería esta insuficiente.



- 1 Anillo de presión
2 Anillo de desgaste

Figura 51: Montaje de Anillo de Presión y Desgaste.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

15. En el montaje del soporte del tubo de presión se debe tener en cuenta la posición de las aperturas de lubricación; se debe instalar en la salida del tubo oscilante.

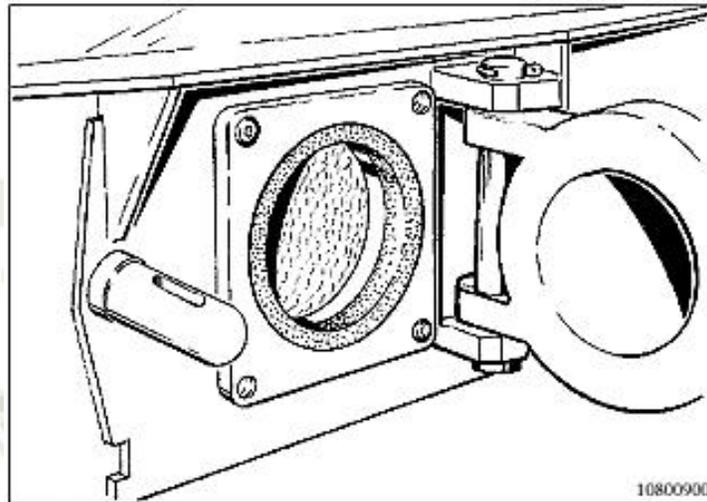


Figura 52: Montaje del soporte del tubo de presión.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

16. En el montaje del casquillo de desgaste y anillo con collar se debe doblar el gancho del anillo con collar; colocar el anillo con collar en el orificio del soporte con brida de forma que impida el giro; introduzca el casquillo de desgaste en el cuerpo de soporte con brida; tener en cuenta la posición de las aperturas de lubricación al montar el soporte con brida; engrasar completamente el interior del casquillo de desgaste; montar el soporte con brida entero en el árbol de rotación y atorníllelo.

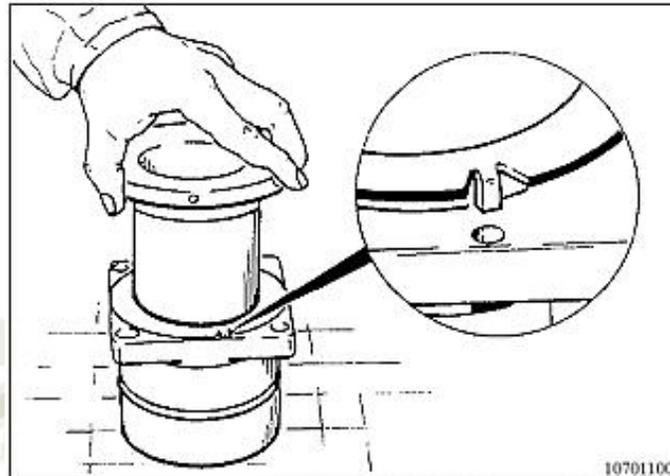


Figura 53: Fijación del anillo con collar.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

17. Para el montaje de la palanca giratoria se debe instalar el pasador de fijación en el taladro de la palanca giratoria ya que tiene por objeto que el casquillo de desgaste gire cuando lo hace la palanca giratoria, el diente superior del árbol de rotación presenta un pequeño tramo aplanado que sirve de marca; engrasar los dientes de la palanca giratoria y del árbol de rotación.

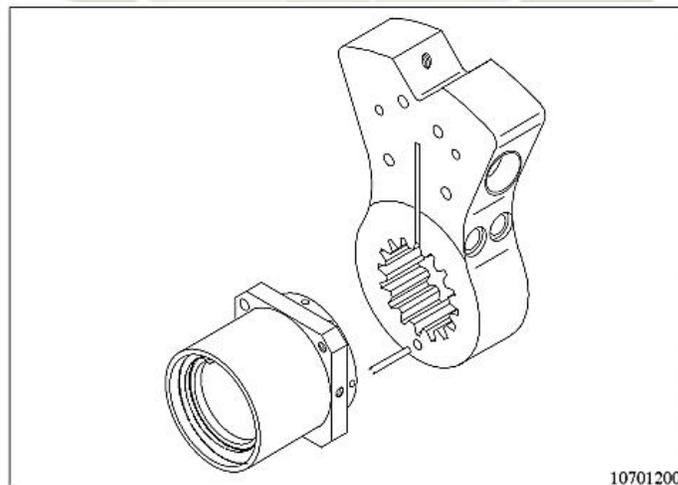


Figura 54: Montaje del pasador de fijación.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

18. Montar la palanca giratoria de forma que el diente aplanado del árbol de rotación se aloje en la marca de la palanca giratoria y el pasador de fijación en el talador del casquillo de desgaste.

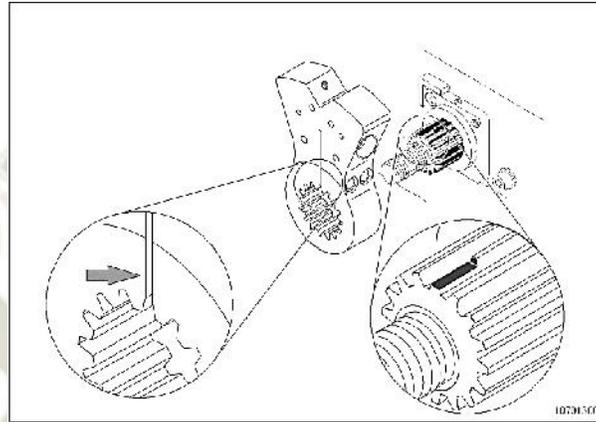


Figura 55: Alineación de la palanca giratoria.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

19. Para la regulación se debe montar el anillo de separación en el árbol de rotación y enroscar la tuerca hexagonal en el árbol.

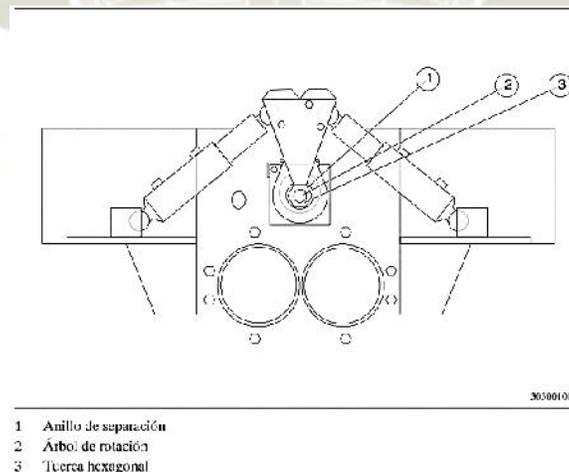
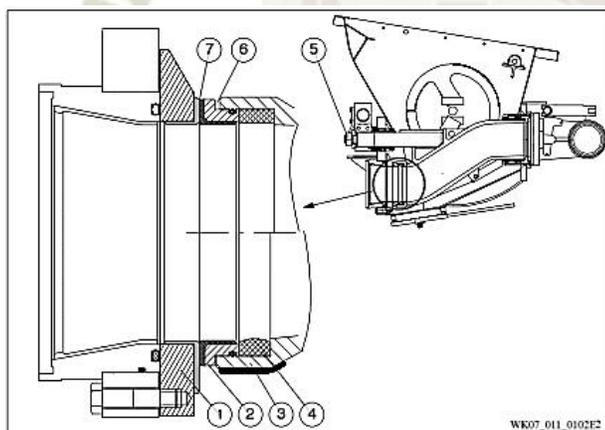


Figura 56: Montaje de Tuerca Hexagonal.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

20. Para que el tubo oscilante pueda realizar el cambio correctamente, se debe ajustar la distancia de separación (distancia entre la placa gafas y tubo oscilante); ajustar la tuerca hexagonal en el árbol de rotación hasta juntar el anillo de desgaste y la placa gafas; seguir apretando la tuerca hexagonal hasta juntar el tubo oscilante y el anillo de desgaste de este modo se aplica una tensión una tensión al anillo de presión; luego afloje la tuerca hexagonal en el árbol de rotación aproximadamente $\frac{3}{4}$ de vuelta.
21. De esta forma se ajusta automáticamente la separación necesaria entre el tubo oscilante y anillo de desgaste; en el anillo de desgaste y el tubo oscilante queda una pequeña separación; el anillo de desgaste se aprieta con la placa gafas por acción del anillo de presión sometido a tensión; introduzca los tornillos de apriete en la palanca giratoria y enroscar tuercas de preferencia nuevas a 210 N-m; luego del montaje se debe ventilar la tubería hidráulica para ello se debe poner la bomba en marcha a baja velocidad y ejecutar algunos ciclos de cambio de cambio lento del tubo oscilante del hormigón.



Pos.	Denominación
1	Placa de gafas
2	Anillo de desgaste
3	Tubo oscilante de hormigón
4	Anillo de presión
5	Tuerca hexagonal
6	Separación entre el anillo de desgaste y el tubo oscilante
7	El anillo de desgaste se apoya en la placa de gafas

Figura 57: Ajuste de separación anillo de desgaste y tubo oscilante.

Fuente: Marchesani I. (2018). Manual de Capacitación Putzmeister

4.5. Programa de Capacitación Personal

Dentro de la propuesta de implementación está el desarrollo de un plan de capacitación de todo el personal operario y personal técnico que estarán involucrados los cuales los temas a tratar serán temas específicos y puntuales según la actividad que van a realizar:

Tabla 8. Capacitación Personal de Mantenimiento.

PERSONAL OPERACIONES				
DIA	HORAS		TEMA	EXPOSITOR PUTZMEISTER
27/12/2017	08:00	2 Horas	Importancia de la limpieza de los equipos (Camión y Bomba)	Italo Marchezani
27/12/2017	10:30	2.5 Horas	Importancia de la lubricación en los equipos (Camión y Bomba)	Italo Marchezani
27/12/2017	14:00	3 Horas	Técnicas de Operación (Camión y Bomba)	Italo Marchezani

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Capacitación Personal Operaciones

PERSONAL MANTENIMIENTO				
DIA	HORAS		TEMA	EXPOSITOR PUTZMEISTER
28/12/2017	07:45	2.5 Horas	Importancia de la lubricación en los equipos (Camión y Bomba)	Italo Marchezani
28/12/2017	10:30	4 Horas	Importancia del Mantenimiento y calidad de servicio.	Italo Marchezani
29/12/2017	07:45	5.5 Horas	Inspeccion de Componentes de Batea y sus Elementos de Desgaste	Italo Marchezani

Fuente: Elaboración Propia.

4.6. Programa de Mantenimiento Propuesto

El programa de mantenimiento propuesto para las bombas impulsadoras de concreto tratan de utilizar en el mayor grado posible y se establece que los componentes sujetos al plan de mantenimiento de 4000 m³ no debería tener reparaciones correctivas entre periodos de mantenimiento, ya que uno de los propósitos del plan de mantenimiento propuesto es

eliminar las fallas imprevistas y viendo que el tubo en S es un componente con un costo muy elevado esta no se cambiara en cada servicio de mantenimiento, más al contrario esta se calzara o se reconstruirá previa inspección del mecánico especialista conjuntamente al supervisor de mantenimiento; este solo se cambiara si se observa que la pared del tubo en S se encuentra delgada; así mismo las placas gafas se irán para su reutilización.

En nuestro caso se dará el mantenimiento a elementos específicos, la periodicidad de las intervenciones están determinadas por los estándares de durabilidad informados por el proveedor Putzmeister bajo condiciones indicadas.

4.7. Costo de Repuestos para Servicio de Batea

A continuación se muestra los costos de los repuestos que se utiliza en los diferentes cambios de componentes utilizados en los mantenimientos correctivos de las bombas concreteras.



Tabla 10: Costo de Repuestos Batea.

COSTO DE REPUESTOS PARA COMPONENTES DE BATEA

Item	Conjunto	Parte	N° Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Costo \$
7.1	Juego Piezas de Desgaste	1	519314	Placa Gafas	1	\$450	\$ 450
7.1	Juego Piezas de Desgaste	2	261123001	Anillo Desgaste	1	\$120	\$ 120
7.1	Juego Piezas de Desgaste	3	458878	Aro de Presión	1	\$95	\$ 95
7.1	Juego Piezas de Desgaste	4	461879	Inserto Anillo	1	\$40	\$ 40
7.1	Juego Piezas de Desgaste	5	263330009	Anillo Intermedio	2	\$120	\$ 240
7.1	Juego Piezas de Desgaste	6	43635005	Junta Tórica	4	\$25	\$ 100
7.1	Juego Piezas de Desgaste	7	32213001	Tornillo Cab. Exagonal	8	\$8	\$ 64
7.1	Juego Piezas de Desgaste	9	43690008	Junta Tórica	2	\$10	\$ 20
7.0	Tubo S	0	434023	Tubo S	1	\$1,500	\$ 1,500
7.0	Tubo S	1	228383004	Casquillo de Desgaste	1	\$95	\$ 95
7.3	Accionamiento Tubo S	7	519127	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	1	\$0	\$ -
7.3	Accionamiento Tubo S	21	360022003	Pasta Antigripado	1	\$12	\$ 12
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	0	519127	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	1	\$400	\$ 400
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	1	458574	Casquillo de Desgaste	1	\$120	\$ 120
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	2	519517	Brida Cojinete	1	\$150	\$ 150
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	3	67852000	Tapon de Cierre	3	\$5	\$ 15
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	4	455706	Casquillo	1	\$100	\$ 100
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	5	281036000	Arandela con Collar	1	\$50	\$ 50
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	6	280988007	Junta Torica	2	\$20	\$ 40
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	7	452064	Collarin	1	\$85	\$ 85
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	8	42273002	Junta Torica	2	\$20	\$ 40
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	9	36329001	Anillo de Seguridad	1	\$25	\$ 25
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	10	17192008	Junta Torica	1	\$15	\$ 15
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	11	31683001	Tapon Roscado	1	\$5	\$ 5
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	12	63348000	Pegamento de Fijacion	1	\$10	\$ 10
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	13	63349009	Pegamento de Fijacion	1	\$10	\$ 10
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	14	63351000	Activador	1	\$10	\$ 10
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	15	360022003	Pasta Antigripado	1	\$10	\$ 10
7.5	Manguito de Presión	2	437267	Anillo Rascador	1	\$20	\$ 20
7.5	Manguito de Presión	3	518835	Collarin	1	\$35	\$ 35
7.5	Manguito de Presión	4	505764	Cinta Guia	1	\$90	\$ 90
7.5	Manguito de Presión	5	247565007	Colarin	2	\$40	\$ 80
7.5	Manguito de Presión	6	542451	Junta	1	\$95	\$ 95
8.0	Agitador	2	3549005	Engrasador	1	\$0	\$ -
8.0	Agitador	3	222484006	Casquillo	1	\$80	\$ 80
8.0	Agitador	4	242574006	Disco de Goma	1	\$25	\$ 25
8.0	Agitador	5	65345001	Collarin	1	\$15	\$ 15
8.0	Agitador	7	488863	Arandela	2	\$50	\$ 100
8.0	Agitador	8	16323001	Junta Tórica	1	\$15	\$ 15
8.0	Agitador	9	34107005	Tuerca Hexag. Autofrenante	4	\$10	\$ 40
8.0	Agitador	11	31875000	Tornillo Cilindrico Roscado	4	\$10	\$ 40
						\$	4,456
						S/.	15,774.24

Fuente: Elaboración Propia.

4.8. Costo de Mantenimiento Preventivo Propuesto

A continuación se muestra los costos de mantenimiento estándar aplicados en la propuesta para el plan de mantenimiento de 4000m3.

Tabla 11. Costo de Mantenimiento Propuesto para Mantenimiento de Batea.

COSTO DE REPUESTOS PARA COMPONENTES DE BATEA

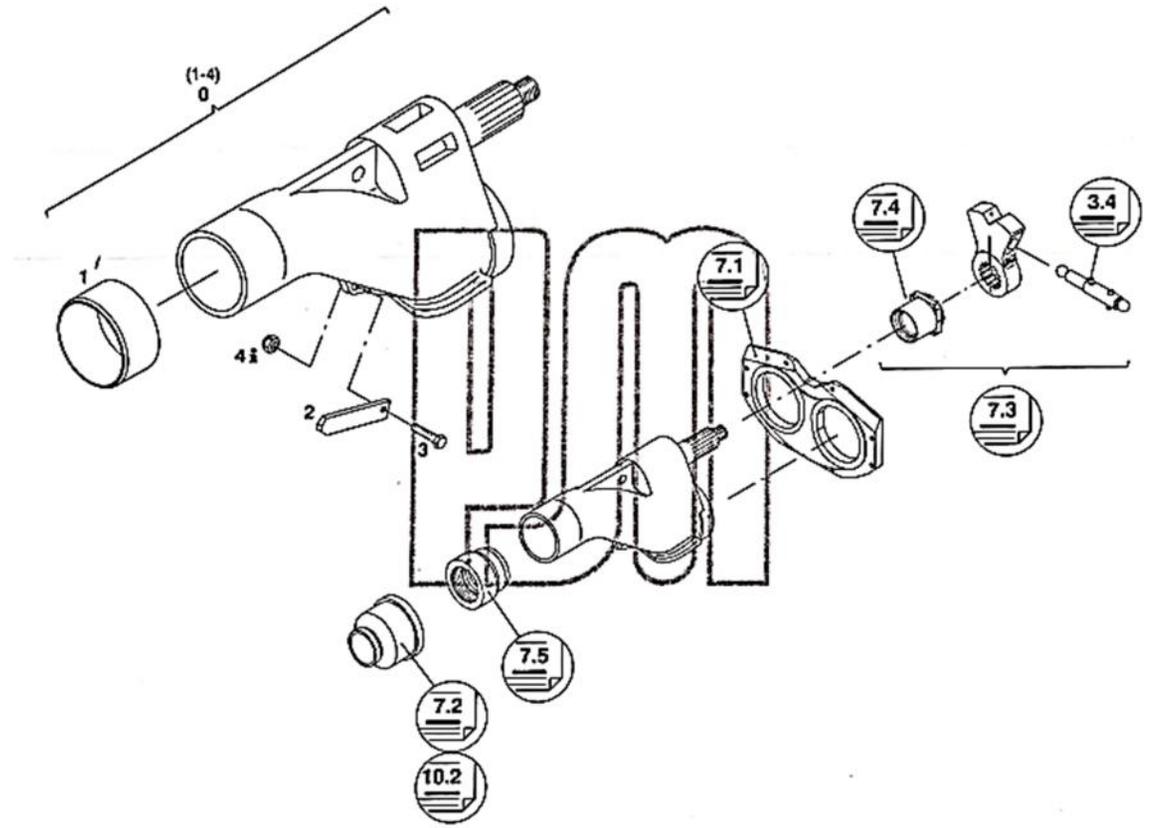
Item	Conjunto	Parte	Nº Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Costo S	OBSERVACION	
7.1	Juego Piezas de Desgaste	1	519314	Placa Gafas	1	\$0	\$ -	Reutilización Giro	
7.1	Juego Piezas de Desgaste	2	261123001	Anillo Desgaste	1	\$120	\$ 120		
7.1	Juego Piezas de Desgaste	3	458878	Aro de Presión	1	\$95	\$ 95		
7.1	Juego Piezas de Desgaste	4	461879	Inserto Anillo	1	\$40	\$ 40		
7.1	Juego Piezas de Desgaste	5	263330009	Anillo Intermedio	2	\$0	\$ -	Reutilización	
7.1	Juego Piezas de Desgaste	6	43635005	Junta Tórica	4	\$25	\$ 100		
7.1	Juego Piezas de Desgaste	7	32213001	Tornillo Cab. Exagonal	8	\$8	\$ 64		
7.1	Juego Piezas de Desgaste	9	43690008	Junta Tórica	2	\$10	\$ 20		
7.0	Tubo S	0	434023	Tubo S	1	\$0	\$ -	Reutilización	
7.0	Tubo S	1	228383004	Casquillo de Desgaste	1	\$95	\$ 95		
7.3	Accionamiento Tubo S	7	519127	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	1	\$0	\$ -	Reutilización - Solo Juntas Tóricas	
7.3	Accionamiento Tubo S	21	360022003	Pasta Antigripado	1	\$12	\$ 12		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	0	519127	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	1	\$0	\$ -	Reutilización - Solo Juntas Tóricas	
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	1	458574	Casquillo de Desgaste	1	\$120	\$ 120		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	2	519517	Brida Cojinete	1	\$150	\$ 150		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	3	67852000	Tapon de Cierre	3	\$5	\$ 15		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	4	455706	Casquillo	1	\$100	\$ 100		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	5	281036000	Arandela con Collar	1	\$50	\$ 50		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	6	280988007	Junta Torica	2	\$20	\$ 40		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	7	452064	Collarin	1	\$85	\$ 85		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	8	42273002	Junta Torica	2	\$20	\$ 40		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	9	36329001	Anillo de Seguridad	1	\$25	\$ 25		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	10	17192008	Junta Torica	1	\$15	\$ 15		
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	11	31683001	Tapon Roscado	1	\$0	\$ -	Grasa	
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	12	63348000	Pegamento de Fijacion	1	\$0	\$ -	Grasa	
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	13	63349009	Pegamento de Fijacion	1	\$0	\$ -	Grasa	
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	14	63351000	Activador	1	\$0	\$ -	Grasa	
7.4	Bloque Cojinete p. Tubo Oscilante	15	360022003	Pasta Antigripado	1	\$10	\$ 10		
7.5	Manguito de Presión	2	437267	Anillo Rascador	1	\$20	\$ 20		
7.5	Manguito de Presión	3	518835	Collarin	1	\$35	\$ 35		
7.5	Manguito de Presión	4	505764	Cinta Guía	1	\$90	\$ 90		
7.5	Manguito de Presión	5	247565007	Colarin	2	\$40	\$ 80		
7.5	Manguito de Presión	6	542451	Junta	1	\$95	\$ 95		
8.0	Agitador	2	3549005	Engrasador	1	\$5	\$ 5		
8.0	Agitador	3	222484006	Casquillo	1	\$80	\$ 80		
8.0	Agitador	4	242574006	Disco de Goma	1	\$25	\$ 25		
8.0	Agitador	5	65345001	Collarin	1	\$15	\$ 15		
8.0	Agitador	7	488863	Arandela	2	\$50	\$ 100		
8.0	Agitador	8	16323001	Junta Tórica	1	\$15	\$ 15		
8.0	Agitador	9	34107005	Tuerca Hexag. Autofrenante	4	\$10	\$ 40		
8.0	Agitador	11	31875000	Tornillo Cilindrico Roscado	4	\$10	\$ 40		
							Costo S	\$ 1,836	
							Costo S/.	S/. 6,499.44	

COSTO DE RECONSTRUCCION TERCERO PARA COMPONENTES DE BATEA

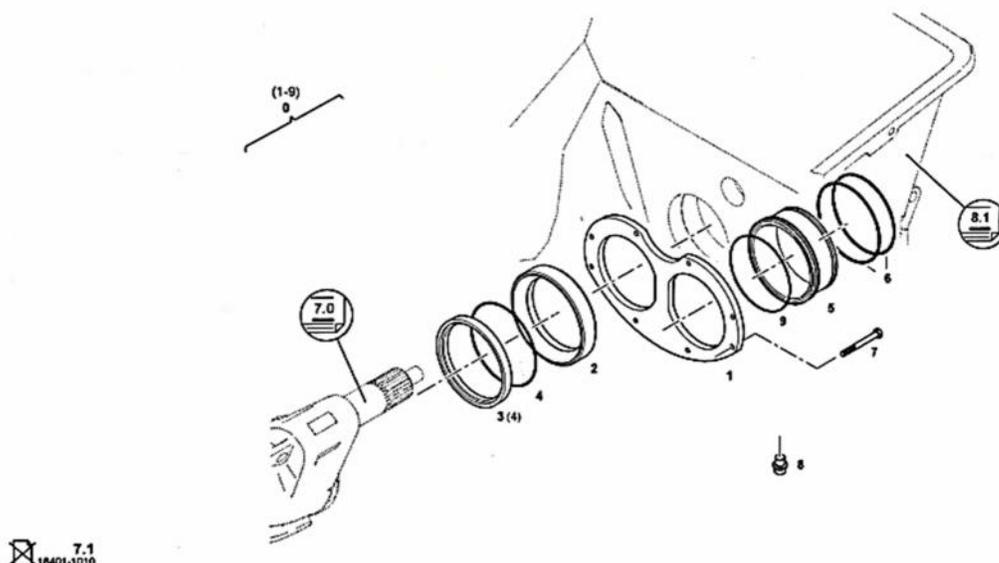
Item	Conjunto	Parte	Nº Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Costo S/.	Costo S	OBSERVACION	
7.0	Tubo S	0	434023	Tubo S	1	S/. 450	S/. 450	\$127	1 día	
8.0	Agitador	0	-	Eje de motor Hidraulico	2	S/. 100	S/. 200	\$56	1 día	
							Costo S/.	650	\$184	2 dias max.
							COSTO TOTAL S	\$ 2,020		
							COSTO TOTAL S/.	S/. 7,149.44		

Fuente: Elaboración Propia.

4.9. Despiece de los Componentes de Mejora



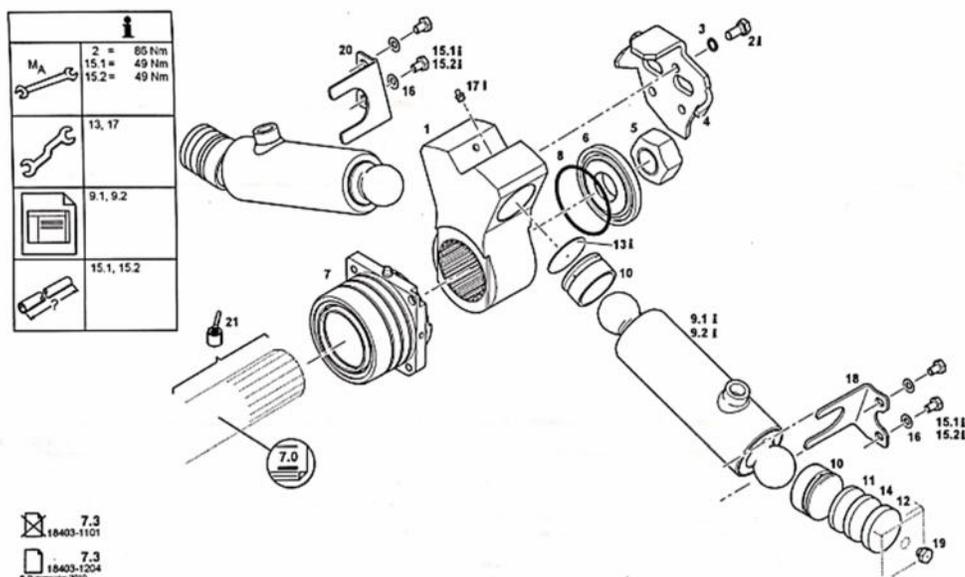
*Figura 58: Componentes de Desgaste 7.0.
Fuente: Studylib, (2017), Lista de Despiece.*



7.1
18401-1010

Figura 59: Piezas de Desgaste 7.1

Fuente: Studylib, (2017), Lista de Despiece.



7.3
18403-1101

7.3
18403-1204
© Putzmeister 2010

Figura 60: Accionamiento Tubo S 7.3

Fuente: Studylib, (2017), Lista de Despiece.

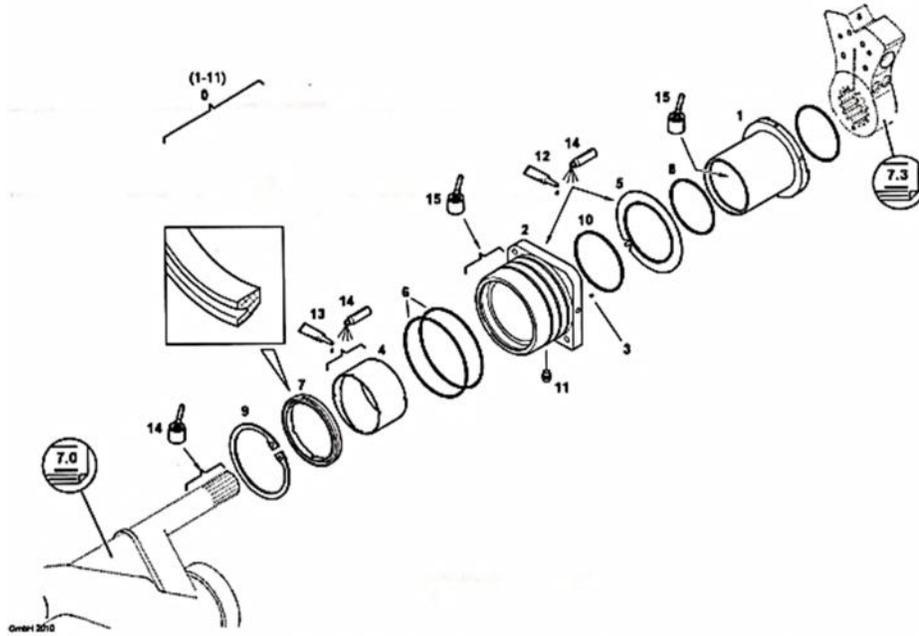


Figura 61: Cojinete Tubo Oscilante 7.4

Fuente: Studylib, (2017), Lista de Despiece.

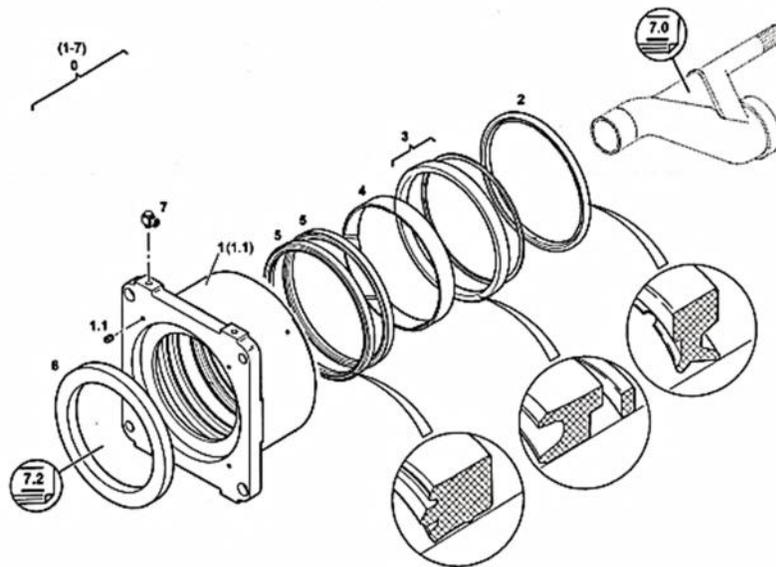


Figura 62: Conjunto Manguito de Presión 7.5

Fuente: Studylib, (2017), Lista de Despiece.

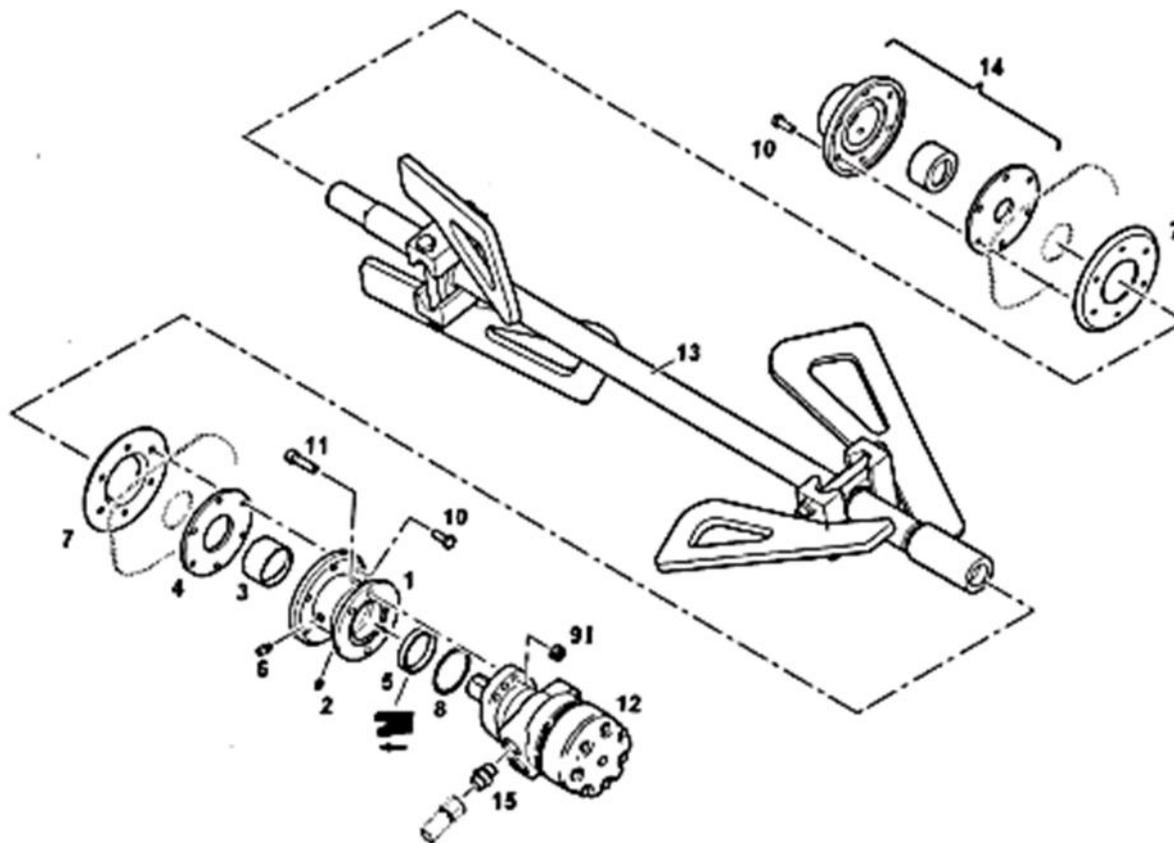


Figura 63: Motor Hidráulico y Agitador 8.0

Fuente: Studylib, (2017), Lista de Despiece.

4.10. Costo de Instalación del Sistema de Lubricación Automática

A continuación se muestra el valor \$ 3000 que es un monto por el costo de instalación del sistema de lubricación automática aplicado como parte de la propuesta.



ENERLUB PERU
ENERGÍA & LUBRICACIÓN PERÚ



HOMOLOGADO
Homenaje a la Perseverancia
Integridad

Lima, ~~Luzac~~, 11 de Diciembre de 2019.

SEÑORES : CONCRETOS SUPRIMER S. A.

TELÉFONO:

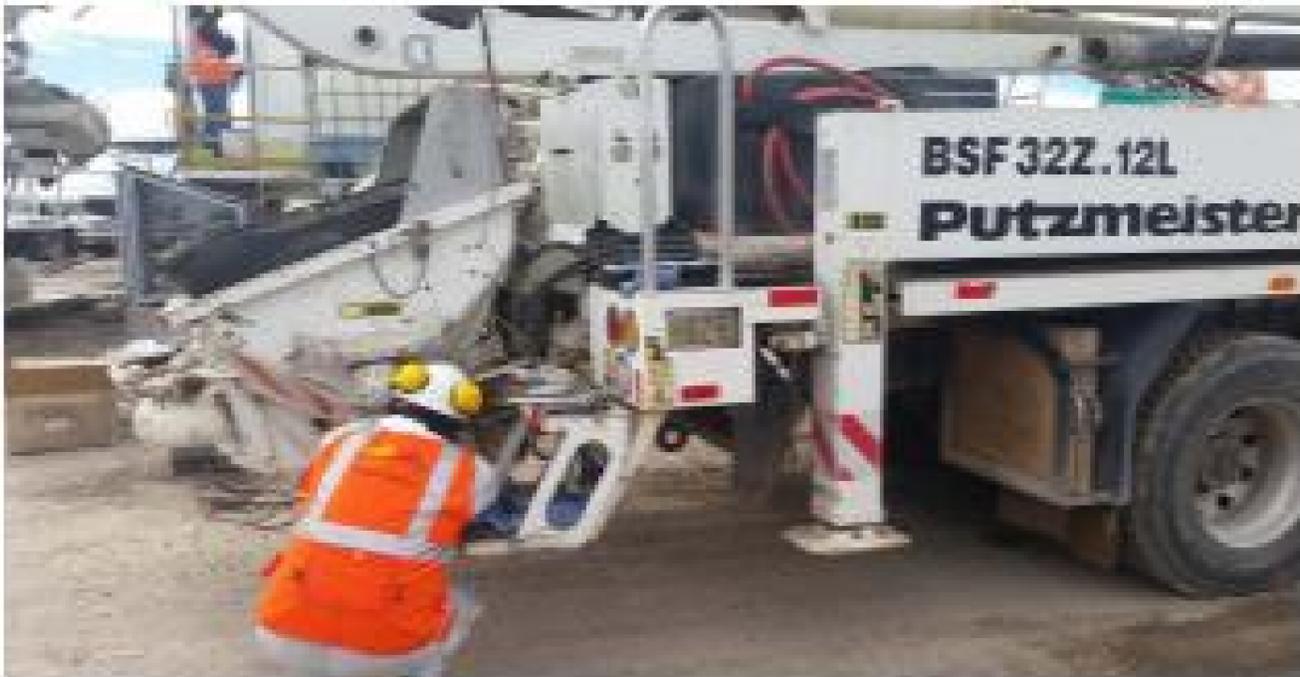
ATENCIÓN : ING. CHARLES PAREDES

REFERENCIA: SISTEMA INTEGRAL DE LUBRICACION CENTRALIZADA LINCOLN
MÓDULO BOMBA DE CONCRETO PUTZMEISTER DE 12 / 24 VOLTIOS
Sistema de lubricación programado para 11 puntos.

ITEM	CITY	DESCRIPCIÓN	V. VIDA'S	TOTAL
	D1	INSTALACION Y MONTAJE DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GRASA PARA EL EQUIPO BOMBA DE CONCRETO, PUESTO EN MARCHA Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO, TENDIDO DE MANGUERAS, SOPORTES, CONECTORES, GUARDAS PROTECTORAS, KIT DE SUMINISTRO ELECTRICO, ACCESORIOS Y SUMINISTROS EN GENERAL PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE ENGRASE CON CONTROL DE PRESION PARA LA BOMBA. INCLUYE INSTALACION, MOVILIZACION Y CAPACITACION AL PERSONAL ENCARGADO PARA EL BUEN USO DEL EQUIPO EN AREQUIPA.	\$1,025.00	\$1,025.00
D1	D1	INCLUYE: Bomba eléctrica de grasa serie Clickclub de 12 / 24 VDC con tanque de capacidad 02 litros Marca Lincoln Nº LUB10107	\$1,011.00	\$1,011.00
	D1	Válvula de distribución MARCA LINCOLN INDUSTRIAL (con pin indicador) Nº LUB10104	\$408.00	\$408.00
	11	Clamping ring MARCA LINCOLN INDUSTRIAL Nº LUB10121	\$7.00	\$77.00
	11	Valve outlet adapter with check de 1/8 MARCA LINCOLN INDUSTRIAL Nº LUB10169	\$20.00	\$220.00
	02	Tapón MARCA LINCOLN INDUSTRIAL Nº LUB10201	\$7.00	\$21.00

NOTA: Los precios son en US\$ y NO incluyen el I.G.V.

SUB TOTAL	\$2,882.00
------------------	-------------------



CONDICIONES COMERCIALES

Tiempo de Entrega : DISPONIBLE / SALVO VENTA PREVIA

Tiempo de Trabajo : 1 DIA POR UNIDAD

Forma de Pago : 100 LESIAL

Validez de Oferta : 30 DIAS

GARANTIA: 01 año contra defectos de fábrica, además como Concedores del sistema de lubricación Automática brindamos asesoría, servicios técnicos y stock de repuestos genuinos.

Atentamente :

ING. YASMARY YAPUCHURA INWAMANI
yasmari@enerlubperu.com
RPC 944355327

Calle El Estelar 156 Urbanización de Miraflores 0101 - Lima
Telf. (011) 640206627

Figura 64: Cotización de Instalación del Sistema de Engrase Automático.

Fuente: Yapuchura, Y. (2017). Cotización Enerlub Perú Sistema Integral de Lubricación Centralizado Lincond.

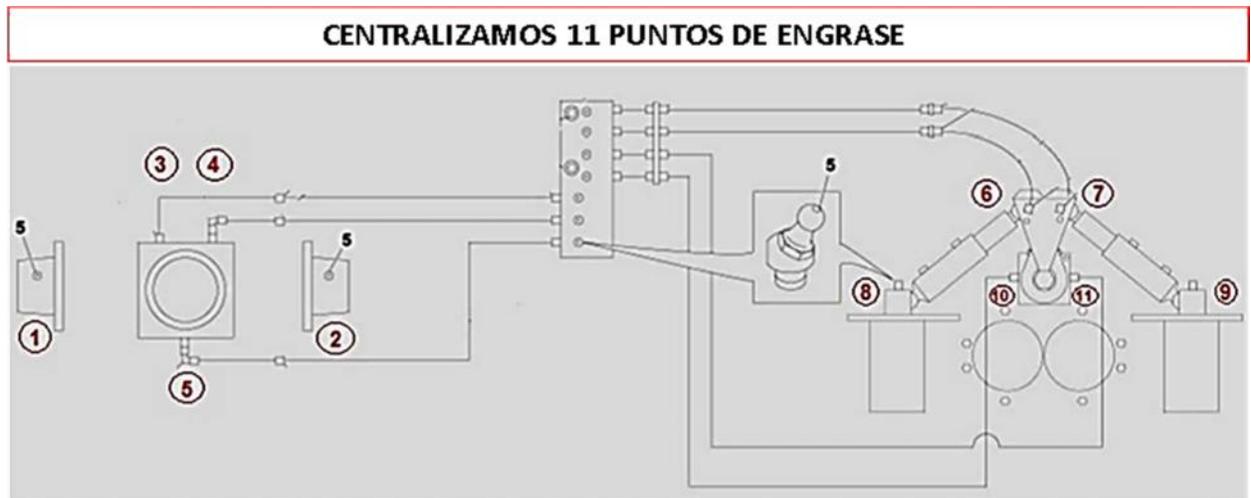


Figura 65: Puntos de Engrase del Sistema Engrase Automático
Fuente: Yapuchura, Y. (2017). Cotización Enerlub Perú Sistema Integral de Lubricación Centralizado Lincond.

Tabla 12. Leyenda de Puntos de Engrase del Sistema Automático

N°	PARTE DELANTERA Y LATERALES
1	Batidos de tina lado izquierdo
2	Batidos de tina lado derecho
3	Bocina de salida punto superior izquierdo
4	Bocina de salida punto superior derecho
5	Bocina de salida punto inferior

N°	PARTE POSTERIOR Y LATERALES
6	Cilindro intercambiador L/vástago L/ izquierdo
7	Cilindro intercambiador L/vástago L/ derecho
8	Cilindro intercambiador L/botella L/ izquierdo
9	Cilindro intercambiador L/botella L/ derecho
10	Bocina posterior lado izquierdo
11	Bocina posterior lado derecho

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 66: Componentes de Batea sin Sistema Lubricación Automática.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 67: Componente de Batea con Sistema de Lubricación Automática.
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura 68: Bomba de Grasa Automática Instalada.
Fuente: Elaboración Propia.*



Figura 69: Válvula Distribuidora de grasa instalada.

Fuente: Elaboración Propia.

4.11. Detalles Técnicos de los Componentes usados en el Sistema de Engrase Automático.

Los componentes utilizados en la instalación del sistema de lubricación automática son las siguientes:

4.11.1. Bomba Eléctrica de Grasa.

Función principal es bombear caudal de grasa a través de sus elementos de bombeo.



Cauda / mínimo por elemento	0.171 cu.in / 2.8 CC.
Capacidad del tanque	2, 4 y 8 Litros
Salida del lubricante	1/4" NPT (F)
Presión Max. Operativa del sistema	5000 Psi / 344 Bares
Clasificación del envoltorio	IP54
Rango de temperatura de operación	-25°C / 70°C
Método del llenado del tanque	Por conexión de acople
Válvula de alivio de presión	4000 Psi +/-250

Figura 70: Detalle Técnico de la Bomba Eléctrica de Grasa instalada.

Fuente: Yapuchura, Y. (2017). Cotización Enerlub Perú Sistema Integral de Lubricación Centralizado Lincond.

4.11.2. Tarjeta Programable.

Todo sistema de lubricación consta de una tarjeta electrónica de programación de tiempo de encendido y apagado el cual se detalla sus componentes técnicos.

AJUSTE DE TEMPORIZADOR INTERNO			
ENCENDIDO		APAGADO	
(Incremento de 2 minutos)		(Incrementa de 1 hora)	
Min	Max	Min	Max
2 minutos	30 minutos	1 hora	15 horas

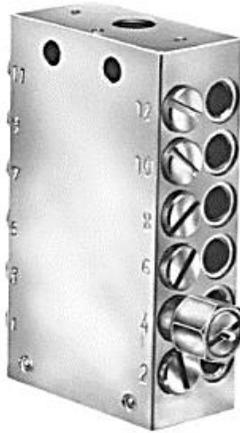
Figura 71: Detalle Técnico de Tarjeta Electrónica

Fuente: Yapuchura, Y. (2017). Cotización Enerlub Perú Sistema Integral de Lubricación Centralizado Lincond.

4.11.3. Válvula Distribuidora de Grasa

La válvula distribuidora es el núcleo de un sistema de lubricación automatizado y contiene de 6 a 18 salida, esta válvula SSV es de acero inoxidable 303 especialmente para ambientes corrosivos, estas válvulas vienen provistos de pasadores indicadores de ciclo que proveen información visual al operador del equipo, adicional llegan con

Tendido de manguera principal de alta presión, mangueras secundarias, soportes, conectores, guardas protectoras, kit de suministro eléctrico, accesorios y suministros en general para automatizar el sistema de engrase con controles de presión más gabinete hermético para la bomba.



Material de Construcción	Presión de operación máx.	Caudal/ Ciclo por salida	Entrada de lubricante	Temperatura de operación	
	Psi / Bar			pulg3 / cc	Mínimo
Carbón Steel	4350 / 300	0.012 / 0.20	1/8" NPTF (F)	-22° F	212° F
Stainless Steel			1/8" BSPP (F)	(-30°C)	(100°C)

Figura 72: Detalle Técnico de Válvula Distribuidora.

Fuente: Yapuchura, Y. (2017). Cotización Enerlub Perú Sistema Integral de Lubricación Centralizado Lincond.

4.12. Análisis de Inversión.

BOMBA CRONCRETERA PUTZMEISTER

COSTO ANUAL DE LUBRICACION MANUAL

MANO DE OBRA

TIEMPO	TURNO DIARIO (HORAS)	US\$/HORA	DIAS	COSTO US\$
30 MIN	8	5	300	750

PERDIDA POR MAQUINA PARADA

TIEMPO	TURNO DIARIO (HORAS)	US\$/HORA	DIAS	COSTO US\$
30 MIN	8	625	300	93,750

COSTO ANUAL DE LUBRICACION MANUAL \$94,500

COSTO ANUAL DE REPARACION DE COMPONENTES DAÑADOS

REEMPLAZO COMP BATEA

COSTO US\$	COSTO US\$
2,020	2,020

MANO DE OBRA (Reparación)

PERSONAS	US\$/HORA	Nº REPAIR	TIEMPO EST HRS	COSTO US\$
2	10	4	36	2,880

PERDIDA POR MAQUINA PARADA

Nº REPAIR	TIEMPO EST (HORAS)	US\$/HORA	COSTO US\$
4	36	625	90,000

COSTO DE REPARACION ANUAL DE COMP. \$94,900

COSTO ANUAL DE LUBRICACION MANUAL \$189,400

AHORRO ESTIMADO CON UN SISTEMA AUTOMATICO DE LUBRICACION LINCOLN

	% AHORRO	US\$ AHORRO
MANO DE OBRA Y PERDIDA POR MAQUINA PARADA *Margen de error 5%	95%	\$89,775.00

REPUESTOS, MANO DE OBRA Y PERDIDA DE GANANCIA POR MAQUINA PARA PARA REPARAR LOS COMPONENTES DAÑANDOS	25%	\$23,725
--	-----	----------

TOTAL AHORRO ANUAL \$113,500.00

COSTO DEL SISTEMA Y RETORNO SOBRE INVERSION (ROI)

COSTO DEL SISTEMA	\$3,000	0.3
AHORRO ANUAL	\$113,500.00	
RECUPERACION ANUAL POR MES	\$9,458.33	
RECUPERACION DE INVERSION	0.3	MESES

Figura 73: Análisis de Inversión.

Fuente: Elaboración Propia

5. Costos de Producción

5.1. Costo de Producción 2017

Tabla 13 Producción 2017

Cod. Interno	Alcance	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	M³ ANUAL	350.00	3.34														
SBOM-206	28	750	600	750	750	800	750	700	750	600	650	700	750	8,550	S/.	2,992,500	\$ 895,958													
SBOM-293 / 189	32	800	850	700	750	800	850	900	800	850	800	750	750	9,600	S/.	3,360,000	\$ 1,005,988													
SBOM-190	32	900	900	950	950	900	850	900	850	800	800	850	900	10,550	S/.	3,692,500	\$ 1,105,539													
SBOM-494	32	950	900	850	800	850	900	800	750	800	850	800	850	10,100	S/.	3,535,000	\$ 1,058,383													
SBOM-531	36	1000	1200	1050	1250	1000	1150	1000	1200	1100	1050	1050	1000	13,050	S/.	4,567,500	\$ 1,367,515													
SBOM-589	36	950	1000	1150	950	1200	1150	1050	1200	1150	1100	1050	1000	12,950	S/.	4,532,500	\$ 1,357,036													
SBOM-611	36	1000	1250	1250	1100	1150	1250	1250	1100	1150	1200	1050	1100	13,850	S/.	4,847,500	\$ 1,451,347													
SBOM-788	36	1200	1100	1000	1050	1000	950	1150	1200	1150	1000	1200	1000	13,000	S/.	4,550,000	\$ 1,362,275													
SBOM-738	40	1300	1250	1350	1400	1300	1350	1400	1350	1400	1450	1500	1550	16,600	S/.	5,810,000	\$ 1,739,521													
Total M³		8850	9050	9050	9000	9000	9200	9150	9200	9000	8900	8950	8900	108,250	S/.	37,887,500	\$ 11,343,563													
		S/.	3,097,500	S/.	3,167,500	S/.	3,167,500	S/.	3,150,000	S/.	3,150,000	S/.	3,220,000	S/.	3,202,500	S/.	3,220,000	S/.	3,150,000	S/.	3,115,000	S/.	3,115,000	S/.	3,132,500	S/.	3,115,000	S/.	37,887,500	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.



Tabla 14 Intervención y Desgaste de Batea 2017

INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA 2017									
Cod. Interno	Alcance	M3 Bombeados						Total	M3
SBOM-206	28	2528	2540	2680				7748	8550
SBOM-293 / 189	32	2580	2460	2625				7665	9600
SBOM-190	32	2530	2535	2640	2580			10285	10550
SBOM-494	32	2525	2480	2465	2515			9985	10100
SBOM-531	36	2820	2735	2680	2630			10865	13050
SBOM-589	36	2450	2570	2530	2620			10170	12950
SBOM-611	36	2620	2560	2650	2580			10410	13850
SBOM-788	36	2740	2680	2610	2690			10720	13000
SBOM-738	40	2700	2600	2750	2700	2750	2650	16150	16600
								93998	

TIEMPO DE INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA 2017 (BASADO EN 8 HORAS)									
Cod. Interno	Alcance	TIEMPO PARA M3 Bombeados						Total	M3
SBOM-206	28	32	40	32				104	8550
SBOM-293 / 189	32	32	40	32				104	9600
SBOM-190	32	32	32	40	32			136	10550
SBOM-494	32	32	40	32	40			144	10100
SBOM-531	36	32	40	40	40			152	13050
SBOM-589	36	32	32	32	32	32		128	12950
SBOM-611	36	32	40	32	32			136	13850
SBOM-788	36	40	32	32	40			144	13000
SBOM-738	40	40	48	40	40	48	40	256	16600

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

5.2. Costo de Producción 2018

Tabla 15 Producción 2018.

Cod. Interno	Alcance	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	M³ ANUAL	389
SBOM-206	28	800	850	800	750	800	750	750	800	700	750	750	750	9,250	S/. 3,598,250
SBOM-293/189	32	900	950	800	750	800	850	900	850	900	850	800	800	10,150	S/. 3,948,350
SBOM-190	32	900	900	950	900	900	850	950	900	850	800	850	900	10,650	S/. 4,142,850
SBOM-494	32	900	950	900	900	850	900	900	800	800	850	900	850	10,500	S/. 4,084,500
SBOM-531	36	1000	1200	1100	1250	1200	1150	1200	1200	1100	1200	1100	1150	13,850	S/. 5,387,650
SBOM-589	36	1000	1050	1150	1000	1200	1200	1050	1250	1200	1200	1050	1200	13,550	S/. 5,270,950
SBOM-611	36	1000	1250	1250	1100	1150	1250	1250	1100	1150	1200	1050	1100	13,850	S/. 5,387,650
SBOM-788	36	1100	1000	1200	1050	1000	1000	1150	1100	1150	1000	1150	1000	12,900	S/. 5,018,100
SBOM-738	40	1400	1350	1300	1400	1350	1300	1400	1400	1450	1400	1500	1600	16,850	S/. 6,554,650
Total M³		9,000	9,500	9,450	9,100	9,250	9,250	9,550	9,400	9,300	9,250	9,150	9,350	111,550	S/. 43,392,950
		S/. 54,000,000	S/. 57,000,000	S/. 56,700,000	S/. 54,600,000	S/. 55,500,000	S/. 55,500,000	S/. 57,300,000	S/. 56,400,000	S/. 55,800,000	S/. 55,500,000	S/. 54,900,000	S/. 56,100,000	S/. 43,392,950	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



Tabla 16 Intervención y Desgaste de Batea 2018

INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA 2018						
Cod. Interno	Alcance	M3 Bombeados			Total	M3
SBOM-206	28	3800	4200		8000	9250
SBOM-293/189	32	3500	4200		7700	10150
SBOM-190	32	4100	4200		8300	10650
SBOM-494	32	4050	4200		8250	10500
SBOM-531	36	3900	4250	4200	12350	13850
SBOM-589	36	3800	4150	4250	12200	13550
SBOM-611	36	3900	4180	4200	12280	13850
SBOM-788	36	3750	4100	4200	12050	12900
SBOM-738	40	3900	4100	4200	16400	16850
					97530	
TIEMPO DE INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA 2018 (BASADO EN 8 HORA						
Cod. Interno	Alcance	TIEMPO DE REPARACION POR INTERVENCION			Hrs.	M3
SBOM-206	28	32	32		64	9250
SBOM-293/189	32	32	32		64	10150
SBOM-190	32	32	40		72	10650
SBOM-494	32	32	40		72	10500
SBOM-531	36	32	40	40	112	13850
SBOM-589	36	32	32	32	96	13550
SBOM-611	36	32	40	32	104	13850
SBOM-788	36	32	32	32	96	12900
SBOM-738	40	32	32	40	144	16850
					824	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

5.3. Costo de Producción 2019

Tabla 17 Producción 2019

Cod. Interno	Alcance	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	M ³ ANUAL	389	3.34
SBOM-206	28	860	890	900	800	900	850	850	900					6,950	S/. 2,703,550	\$ 809,446
SBOM-293/189	32	1000	1100	900	840	850	950	1000	900					7,540	S/. 2,933,060	\$ 878,162
SBOM-190	32	1000	1000	1050	1000	1050	950	1000	1000					8,050	S/. 3,131,450	\$ 937,560
SBOM-494	32	1000	1050	1200	950	950	1000	1000	900					8,050	S/. 3,131,450	\$ 937,560
SBOM-531	36	1100	1200	1200	1280	1200	1250	1280	1250					9,760	S/. 3,796,640	\$1,136,719
SBOM-589	36	1050	1050	1150	1050	1100	1150	1100	1250					8,900	S/. 3,462,100	\$1,036,557
SBOM-611	36	1100	1250	1250	1200	1150	1250	1250	1150					9,600	S/. 3,734,400	\$1,118,084
SBOM-788	36	1150	1100	1250	1100	1100	1100	1200	1150					9,150	S/. 3,559,350	\$1,065,674
SBOM-738	40	1400	1350	1350	1500	1350	1300	1400	1400					11,050	S/. 4,298,450	\$1,286,961
Total M³		9,660	9,990	10,250	9,720	9,650	9,800	10,080	9,900	0	0	0	0	79,050	S/. 30,750,450	\$9,206,722
		S/. 57,960,000	S/. 59,940,000	S/. 61,500,000	S/. 58,320,000	S/. 57,900,000	S/. 58,800,000	S/. 60,480,000	S/. 59,400,000	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. 30,750,450		

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Tabla 18 Intervención y Desgaste de Batea 2019-08

INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA 2019						
Cod. Interno	Alcance	M3 Bombeados			Total	M3
SBOM-206	28	4200			4200	6950
SBOM-293/189	32	4100			4100	7540
SBOM-190	32	4100			4100	8050
SBOM-494	32	3900	4000		7900	8050
SBOM-531	36	4005	4250		8255	9760
SBOM-589	36	4150	4200		8350	8900
SBOM-611	36	4100	4100		8200	9600
SBOM-788	36	3900	4150		8050	9150
SBOM-738	40	4100	4150		8250	11050
					61405	
TIEMPO DE INTERVENCIONES DE ELEMENTOS DE DESGASTE EN BATEA 2019 (BASADO EN 8 HORAS)						
Cod. Interno	Alcance	TIEMPO DE REPARACION POR INTERVENCION			Hrs.	M3
SBOM-206	28	32			32	6950
SBOM-293/189	32	32			32	7540
SBOM-190	32	32			32	8050
SBOM-494	32	32	32		64	8050
SBOM-531	36	32	32		64	9760
SBOM-589	36	32	32		64	8900
SBOM-611	36	32	32		64	9600
SBOM-788	36	32	32		64	9150
SBOM-738	40	32	32		64	11050
					480	

Fuente: Elaboración Propia, 2019-08.

6. Indicadores Kpi

6.1. Indicadores 2017

	A	B	C	D	E	F
1		TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS - MTBF (Mean Time Between Failures)				
2		TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES - MTTR (Mean Time Through Repair)				
3						
4						
5		<i>Unidad de tiempo</i>		<input type="text" value="Horas"/>		
6						
7		<i>Tiempo disponible</i>		<input type="text" value="2400"/>		Horas
8						
9		<i>Tiempo de inactividad (por fallas)</i>		<input type="text" value="1304"/>		Horas
10						
11		<i>Número de fallas</i>		<input type="text" value="36"/>		
12						
13		<i>Tiempo productivo</i>		<input type="text" value="1096"/>		Horas
14						
15		<i>MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas</i>		<input type="text" value="30.44444444"/>		Horas
16						
17		<i>MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones</i>		<input type="text" value="36.22222222"/>		Horas
18						

Figura 74: Indicador Kpi 2017.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

6.2. Indicadores 2018

	A	B	C	D	E	F
1		TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS - MTBF (Mean Time Between Failures)				
2		TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES - MTTR (Mean Time Through Repair)				
3						
4						
5		Unidad de tiempo		Horas		
6						
7		Tiempo disponible		2400		Horas
8						
9		Tiempo de inactividad (por fallas)		824		Horas
10						
11		Número de fallas		24		
12						
13		Tiempo productivo		1576		Horas
14						
15		MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas		65.66666667		Horas
16						
17		MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones		34.33333333		Horas
18						

Figura 75: Indicador Kpi 2018.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

6.3. Indicadores 2019

	A	B	C	D	E	F
1		TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS - MTBF (Mean Time Between Failures)				
2		TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES - MTTR (Mean Time Through Repair)				
3						
4						
5		Unidad de tiempo		Horas		
6						
7		Tiempo disponible		2400		Horas
8						
9		Tiempo de inactividad (por fallas)		480		Horas
10						
11		Número de fallas		15		
12						
13		Tiempo productivo		1920		Horas
14						
15		MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas		128		Horas
16						
17		MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones		32		Horas
18						

Figura 76: Indicador Kpi 2019-08.

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

7. Disponibilidad de los Equipos

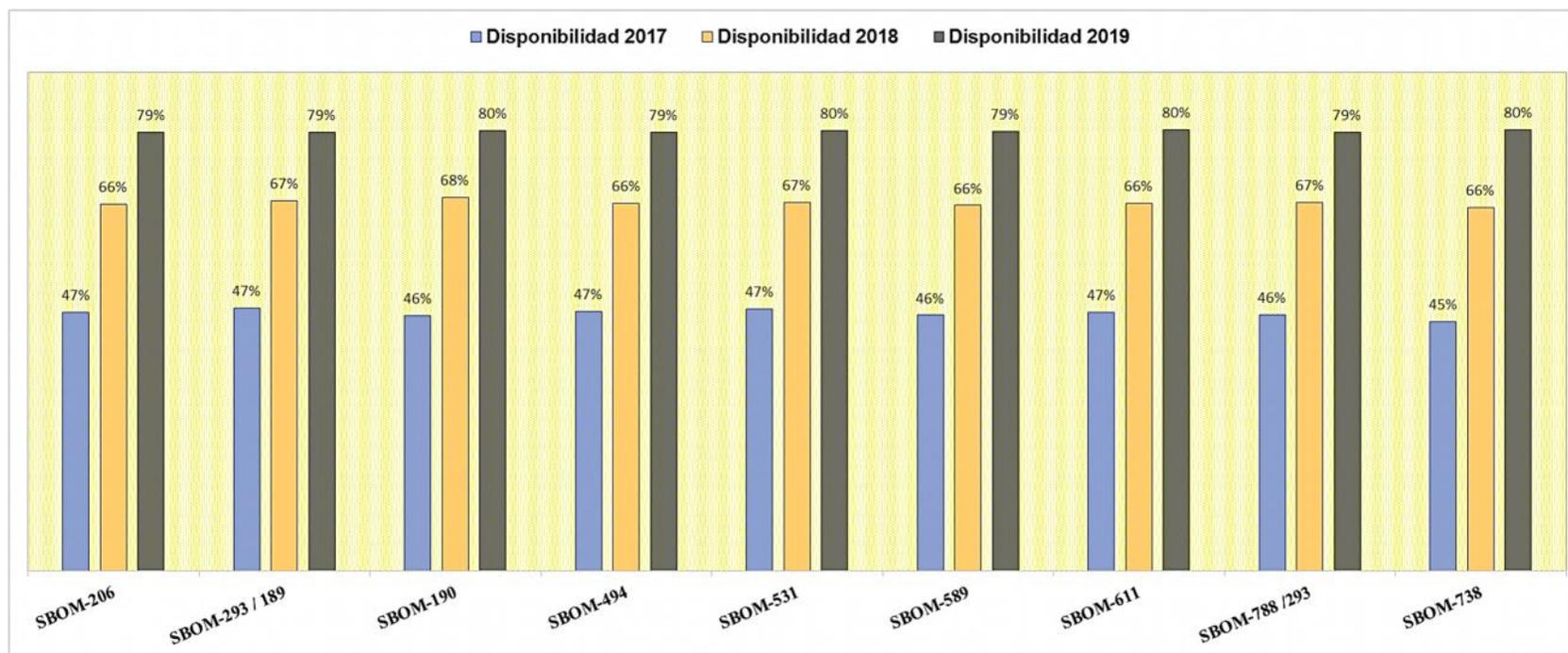


Figura 77: Disponibilidad de los equipos.

Fuente: Elaboración Propia, (2017 al 2019).

8. Resultado de la Implementación

Tabla 19 Cuadro resumen de la Implementación.

Costo Equipo por Falla Anual	\$71,351	\$57,653	\$47,200
Costo Activos de Falla Anual (FMEA)	\$642,160	\$518,880	\$424,800
Tiempo Operación	2400		
Descripción	2017	2018	2019
Tiempo Disponible	1096	1576	1920
MTTR	36	34	32
MTBF	30	66	128
Disponibilidad	46	66	80
Tiempo Parada	1304	824	480
N° Fallas	36	24	15
Ganancia	\$10,701,403	\$12,473,021	\$8,781,922
Producción Anual M3	108,250	111,550	79,050
Producción Tiempo Operación M3	237,044	169,873	98,813
Producción Anual Perdida M3	128,794	58,323	19,763
Producción Perdida M3/día	429.31	194.41	65.88
Producción Perdida M3/Hrs.	53.66	24.30	8.23
Costo S/. Por M3	350	389	389
Costo Producción Activos	S/. 37,887,500	S/. 43,392,950	S/. 30,750,450
Costo Producción Activos	\$11,343,563	\$12,991,901	\$9,206,722
Costo Activos S/. Por Hr.	18,782	9,453	3,203
Costo por Equipo S/. Por Hr.	2,087	1,050	356
Costo por Equipo \$ Por Hr.	625	314	107
Descripción	2017	2018	2019 - 08
Costo Producción Activos	\$11,343,563	\$12,991,901	\$9,206,722
Costo Activos de Falla Anual (FMEA)	\$642,160	\$518,880	\$424,800
Ganancia	\$10,701,403	\$12,473,021	\$8,781,922

Fuente: Elaboración Propia (Resumen General).

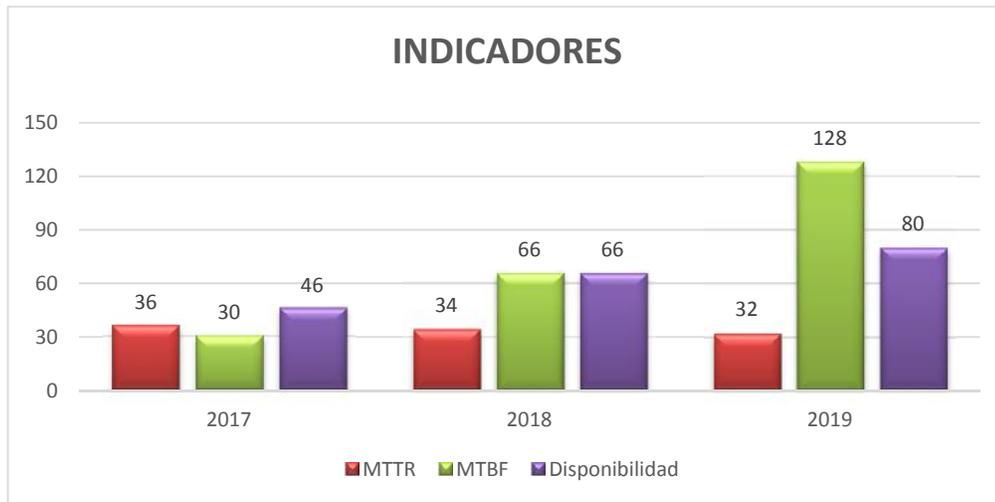


Figura 78: Resumen de Indicadores.

Fuente: Elaboración Propia.

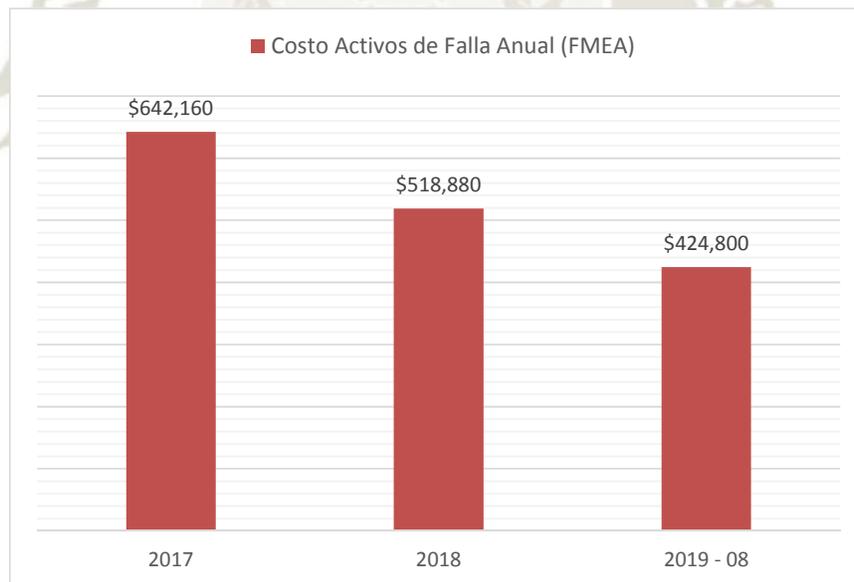


Figura 79: Costo de Falla de los Activos Anual

Fuente: Elaboración Propia.

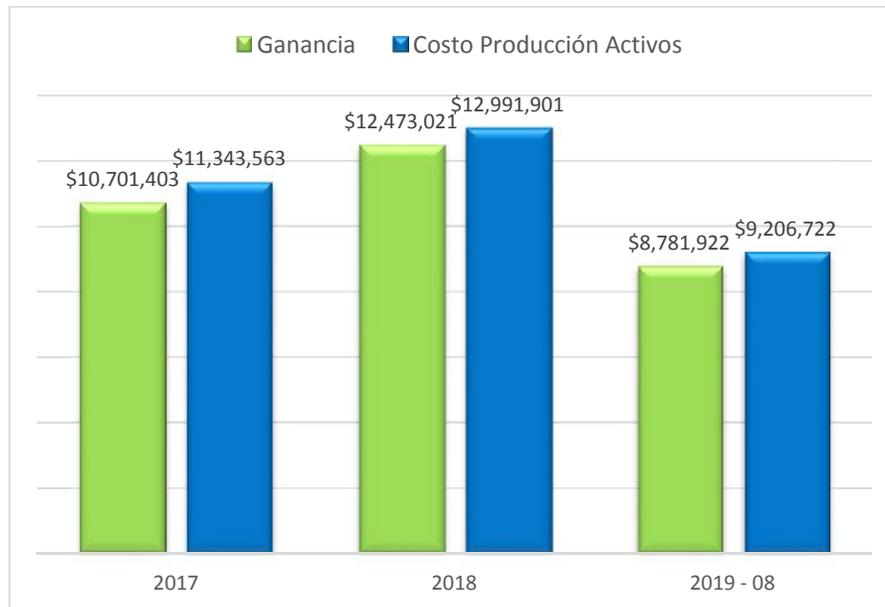


Figura 80: Costo de Ganancia y Costo de Producción

Fuente: Elaboración Propia.

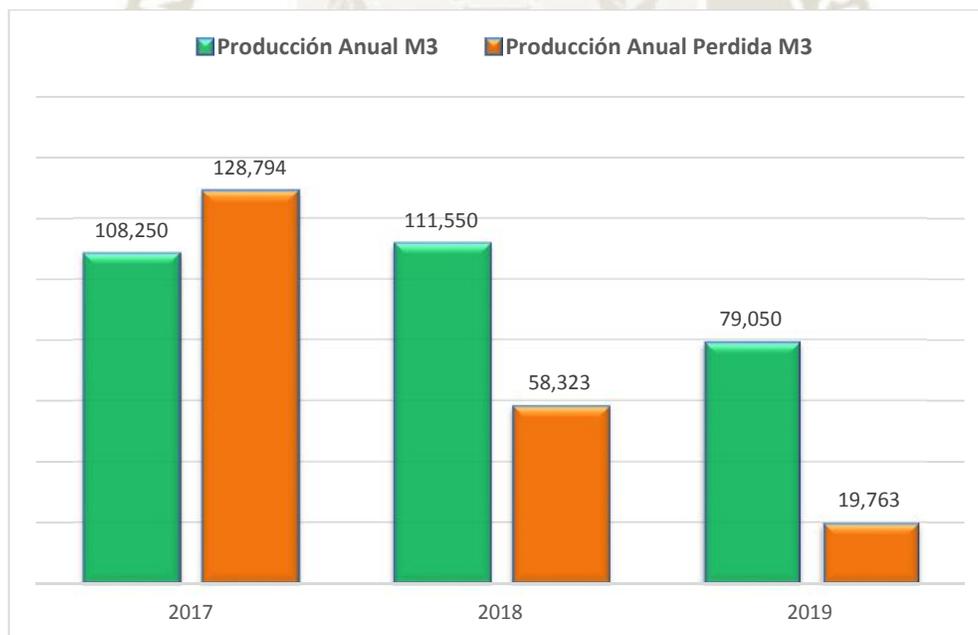


Figura 81: Pérdida y Producción en M3

Fuente: Elaboración Propia.

- a) Se puede apreciar que el tiempo medio entre fallas MTBF incremento de 30 a 128 horas logrando una disponibilidad actual hasta un 80%.
- b) Podemos encontrar que los números de falla con la implementación de la propuesta nos da como resultado una disminución de 36 a 15 fallas.
- c) Cabe indicar que como el proceso de mejora y motivación del personal tanto operación como mantenimiento se logra obtener capacitaciones como servicio pos-venta con la representante de los equipos Putzmeister como socios estratégicos de la empresa concretera.
- d) Podemos apreciar en los resultados que el indicador MTTR fueron disminuyendo actualmente hasta 4 horas.
- e) Podemos obtener como producto de la aplicación de la metodología que los costos de falla anual se ha disminuido \$123280.
- f) Con ello podemos demostrar que la hipótesis planteada que al determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea se lograron incrementar la disponibilidad de 46% hasta un 80% y reducir los costos de mantenimiento hasta \$2000 con el costo planteado.

9. Validación de la Implementación

La validación a la propuesta para determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad y poder reducir los costos de mantenimiento está respaldada en las reuniones de seguimiento realizadas con la superintendencia de mantenimiento y jefatura de mantenimiento a través de informes de seguimiento de las disponibilidades de los equipos ya que como se indicó el principal indicador que emplea la empresa concretera es la disponibilidad y se observa que la metodología tiene aceptación, a continuación presentamos cuadro de seguimiento.

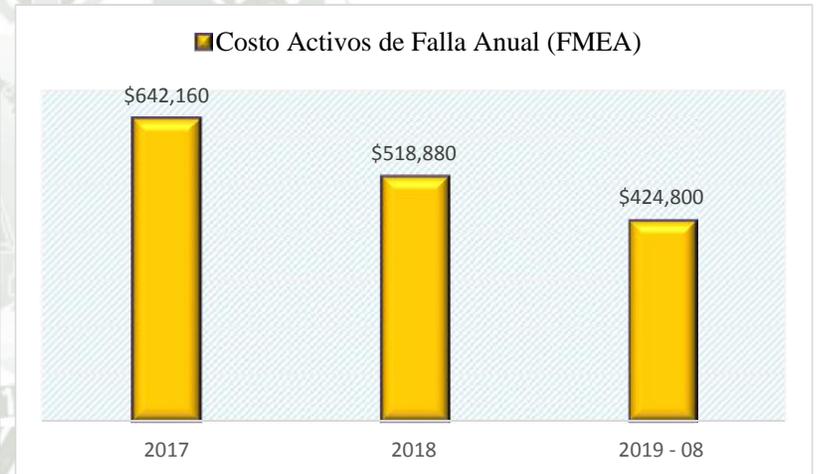
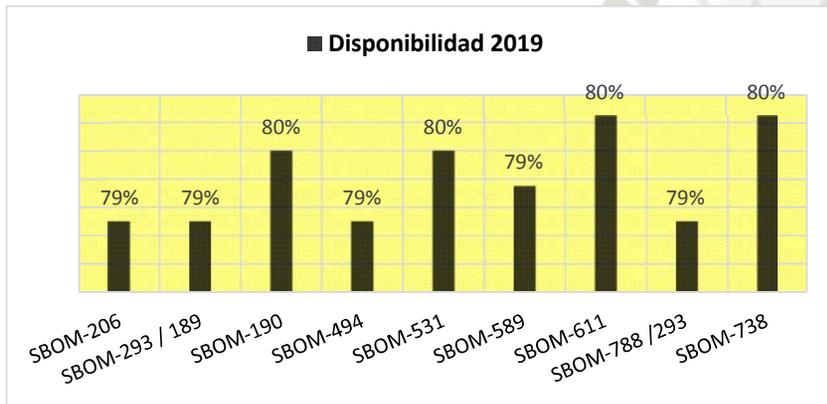
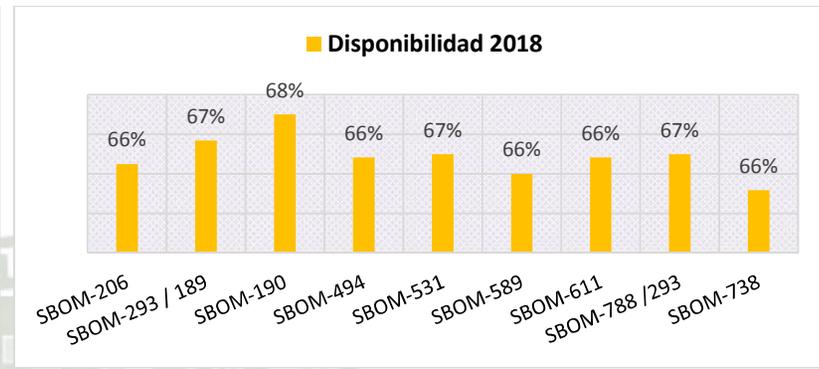
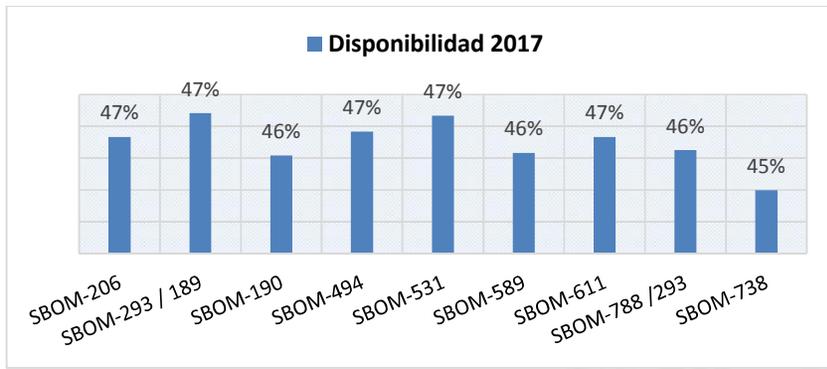


Figura 82. Informe de seguimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

10. Conclusiones

1. La aplicación de la metodología descrita nos permitió determinar que las causas por el cual se produce un desgaste en los elementos de la batea es primordialmente por temas de lubricación y mantenimiento, para tal efecto la propuesta de la instalación de un sistema de engrase automático en las bombas concreteras fue de mucha utilidad ya que nos permite mantener una lubricación adecuada en el momento apropiado; adicional a ello un plan de mantenimiento preventivo basado en m³ y no en horas aplicado a los 4000m³ se logra incrementar su disponibilidad de un 46% a un 80% y reducir los costos de mantenimiento a \$2000.
2. Al analizar y aplicar la metodología FMEA modificada (Análisis de modos y efectos de falla modificada) se pudo determinar las pérdidas a causa de los efectos de falla y los costos de los componentes que impactan en la bomba concretera están relacionados con temas de lubricación y mantenimiento.
3. La aplicación del diagrama Pareto nos permite encontrar que los elementos de desgaste como el tubo S, placas gafas, anillos de desgaste, casquillo de tubo oscilante, manguito de presión son los componentes que representan el 80% de los problemas y tienen más relevancia de fallas de los equipos de las bombas concreteras.
4. Al aplicar las metodologías y realizar la verificación de la disponibilidad de los equipos se pudo obtener que la disponibilidad se ha incrementado de un 46% en el 2017 a un 80% hasta agosto del 2019, superando el benchmarking mínimo del 75% en disponibilidad.
5. Al comparar las intervenciones en los elementos de desgaste de las bombas concreteras tenemos que en el 2017 las intervenciones en los elementos de desgaste fueron aproximadamente a los 2611 m³, con un aproximado de 93998 m³ bombeados; en el 2018 las intervenciones en los elementos de desgaste fueron aproximadamente a los 4064 m³, con un aproximado de 97530 m³ bombeados y hasta mediados 2019 las intervenciones en los elementos de desgaste fueron a los 4094 m³, con un aproximado de 61405 m³ bombeados; concluyendo que las intervenciones de los elementos de desgaste disminuyeron considerablemente hasta 2019.

11. Recomendaciones

1. Para la implementación de planes de mantenimiento preventivo en las bombas concreteras se deben realizar por cantidad bombeada en m³ más no por horas de servicio ya que los equipos al momento de realizar los servicios trabajan con equipos estacionarios.
2. La aplicación del método FMEA modificado es una metodología recomendada que no va permitir relacionar las fallas de componentes en los equipos con los costos que implica dada falla; así mismo el análisis de criticidad nos permite jerarquizar cual es el equipo crítico.
3. Se recomienda la aplicación de la metodología a los diferentes equipos de la empresa ya sean equipos móviles, planta etc. El diagrama de Pareto es una herramienta recomendada que en combinación con el FMEA modificada se pueden obtener mejores beneficios como ver que componentes o sistemas tienen mayores problemas y mejor aún pudimos ver qué estrategia podemos seguir.
4. Las propuestas implementadas en las bombas concreteras nos permitieron un incremento en el MTBF hasta 66 horas, logrando incrementar la disponibilidad de los equipos hasta un 80%. pero se recomienda incrementar y gestionar una estrategia de ventas para la generación de mayores ingresos económicos ya que los equipos tienen mayor disponibilidad.
5. Se recomienda seguir manejando las metodologías de FMEA modificado y análisis de criticidad para mantener las mejoras y de ser posible complementar con un software de mantenimiento.

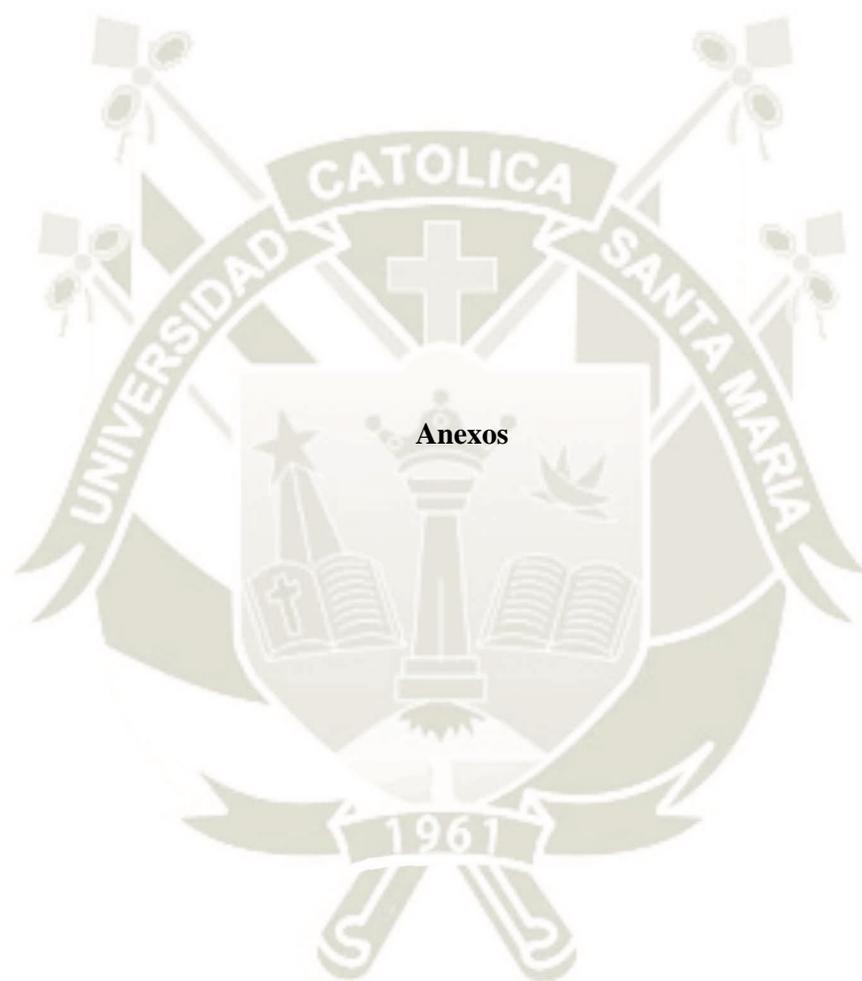
12. Referencias Bibliográficas

12.1. Bibliografía

- Altmann, C. (2009). ¿Cómo mejorar la Confiabilidad de un Sistema Complejo? *Protección y Seguridad*, 59-68.
- Aróstegui, B. (22 de Octubre de 2015). Técnicas para el Análisis de Datos [Diapositiva de Power Point]. Arequipa, Arequipa, Perú.
- Bazan, C. (21 de Abril de 2016). *Manual Operating Instructions-BSF 28Z.09*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/309987304/Manual-Operating-Instructions-BSF-28Z-09>
- Becerra, G., & García, O. (2005). *VII Congreso Internacional de Mantenimiento ACIEM*. Obtenido de Sistema Integrado de Confiabilidad Operacional para el área de Servicios Industriales de Bavaria S.A. Cervecería de Boyacá: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1295/1/RED-68.pdf>
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla, S.A.
- Catálogo de Grasas Repsol. (2015). *Catálogo de Grasas*. Obtenido de Catálogo de Grasas Repsol: https://imagenes.repsol.com/es_es/GRASAS_tcm7-624667.PDF
- Concretos Supermix. (4 de Setiembre de 2019). *Concreto premezclado*. Obtenido de https://www.supermix.com.pe/files/dip_concreto.pdf
- Concretos Supermix. (04 de Septiembre de 2019). *Nosotros*. Obtenido de <https://www.supermix.com.pe/nosotros/>
- Concretos Supermix. (4 de Setiembre de 2019). *Plantas*. Obtenido de <https://www.supermix.com.pe/plantas/>
- Concretos Supermix. (04 de Septiembre de 2019). *Productos*. Obtenido de <https://www.supermix.com.pe/productos/>
- Ergonic® Systems. (2019). *The technical advancement for more efficiency and a maximum utilisation*. http://www.cpemachinery.com.au/_assets/img/Brochures/BP_3763_GB%20Ergonic%20Systems.pdf.
- Fundamentos Básicos del Mantenimiento. (07 de Abril de 2011). Obtenido de Mantenimiento "Prevenir y conservar un activo": <http://fundabasidelmtto.blogspot.pe/2011/04/conceptos-basicos-del-mantenimiento.html>
- García, S. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- García, S. (1 de enero de 2019). *Renovetec*. Obtenido de Renovetec Indicadores de Mantenimiento: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>
- Guerrero, A. (30 de Enero de 2013). *Técnicas de Jerarquización de Activos Industriales Aplicadas a la Industria Minera*. Escuela Superior de Ingenieros, Madrid. Obtenido de [Bibing.us.es: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70424/fichero/TFM_v6.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70424/fichero/TFM_v6.pdf)
- Marchesani, I. (07 de Mayo de 2018). Curso de Capacitación Operación y Mantenimiento de Autobombas de Concreto Putzmeister. Arequipa, Arequipa, Perú.
- Montaña, L., & Rosas, E. (2006). *Diseño de un Sistema de Mantenimiento con base en Análisis de Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Falla en la Planta de Coque de Fabricación Primaria en la Empresa Acerías Paz del Río S.A.* Tesis profesional, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Ingeniería Electromecánica, Duitama.
- Panca, W. (2018). *Estudio Comparativo del Diseño, Costo, Producción y Calidad del Concreto dosificado In Situ VS. Premezclado, para zonas accesibles de las Ciudades de Puno y Juliaca*. Tesis profesional, Universidad Nacional del Altiplano, Ingeniería Civil, Puno.
- Parra, C. (2008). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Caracas: INGECON. Obtenido de Scribd.
- Pasache, P. (28 de Octubre de 2015). Modelo de Analisis de Criticidad. Arequipa, Arequipa, Perú.
- Putzmeister. (2009). *Bombas Pluma Montadas sobre Camión*. Obtenido de Putzmeister America Inc.: <https://docplayer.es/39245208-Construimos-una-promesa-somos-mucho-mas-que-equipos.html>
- Ramírez, J., & Moreno, H. (2017). *Elaboracion de un Análisis de Criticidad y Disponibilidad para la Atracción X-Treme del Parque Mundo Aventura, tomando como Referencia las Normas, SAE JA1011 y SAEJA1012*. Tesis profesional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Ingeniería Eléctrica, Bogotá.
- RENOLIT. (2015). *Grasas y pastas lubricantes*. Obtenido de Grasas y Pastas Lubricantes Renolit: https://www.metalia.es/data/empresas/Fuchs/pdf/FUCHS_GRASAS_Y_PASTAS_LUBRICANTES.pdf
- Salazar, E. (17 de Diciembre de 2014). *Jed Alliance Group*. Obtenido de Concrete equipment sales: <http://www.liveequipment.net/blog-es/tipos-bombas-para-hormigon-cual-es-la-mejor/>

- Scribd. (22 de Octubre de 2019). *Equipos de bombeo: Drenaje, aguas residuales, combustible*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/431452124/Equipos-de-Bombeo>
- Solbes, T., Lucas, A., & Dueñas, A. (s.f.). *Equipos Técnicos en Obra*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/equipostecnicosenobra/1-1-maquinaria-de-obra/1-1-6-maquinaria-manipulacion-de-hormigon>
- Studylib. (2013). *Bomba Estacionaria*. Obtenido de Análisis Preliminar de Peligros por Tarea: <https://studylib.es/doc/4835328/bomba-estacionaria>
- Studylib. (03 de Marzo de 2017). *Studylib.es*. Obtenido de Lista de Despiece Putzmeister: <https://studylib.es/doc/5513194/ersatzteilliste-spare-parts-list-liste-des-pi%C3%A8ces-de-rech...>
- Tecsup Virtual. (1 de Marzo de 2017). Tipos de mantenimiento. En *Planificación y Programación del Mantenimiento*. Lima, Arequipa, Perú.
- Tórriz, V. (29 de Enero de 2016). *Camion mixer y mezcladoras*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/veymargilbertt/camion-mixer-y-mezcladoras>
- Trujillo, G. (30 de Octubre de 2003). *Monitoreo de Condiciones - Una Estrategia de Integración de Tecnologías*. Obtenido de 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento: <https://es.scribd.com/document/428612769/Monitoreo-de-Condicion-Una-estrategia-de-Integracion-de-Tecnologias>
- Vera, A. (14 de Julio de 2013). *MTO: Criticidad*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/galacticor7/uts-mto-criticidadguia>
- Yapuchura, Y. (2017). *Cotizacion Enerlub Perú Sistema Integral de Lubricacion Centralizado Lincond*. Arequipa, Arequipa, Perú.
- Yepes, V. (5 de Abril de 2015). *Bombeo de hormigón para sistemas estructurales*. Obtenido de Universitat Politècnica de València.: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/bomba-de-hormigon/>



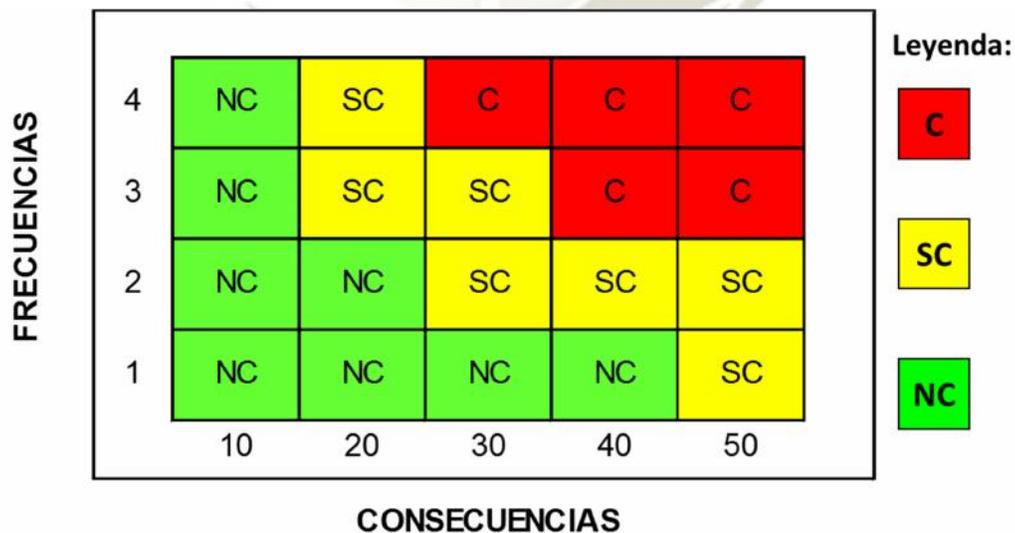
Anexo 1 Matriz de consistencia.

Propuesta para determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad				
Problema	Objetivo	Justificación	Hipótesis	Variables
<p>El presente estudio constituye un proyecto con el fin de reducir los elevados costos de mantenimiento que se tiene en la batea de las bombas concreteras, ya que el servicio de mantenimiento en la batea representa un costo considerable en el mantenimiento y el tiempo para su reparación también es considerable, muy adicional que el equipo de bombeo es un equipo clave para la realización de la venta del concreto en la obra.</p>	<p>Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea de una bomba concretera para incrementar su disponibilidad y poder reducir los costos de mantenimiento. <p>Objetivo Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar y analizar la metodología FMEA (análisis de modos y efectos de falla) en las bombas concreteras para determinar las causas de los elementos de desgaste. • Aplicar la técnica de análisis de datos para identificar los componentes con alto índice de fallas en la bomba concretera. • Verificar que la aplicación de las metodologías pueden incrementar la disponibilidad en las bombas concreteras. • Comparar y verificar la intervención de los componentes de desgaste de la batea. 	<p>En la actualidad no se cuenta con mucha información sobre bombas concreteras y debido a las exigencias y el aumento de la demanda del servicio de equipos especiales para poder sustentar al área de operaciones y al área comercial todos los pedidos de vaciado de concreto a los diferentes clientes se requieren bombas concreteras de gran capacidad que mantengan un buen performance en el funcionamiento y su elevada disponibilidad para la generación del sustento económico del negocio de la empresa y que puedan cumplir con los compromisos que presta la empresa concretera.</p>	<p>Al determinar las causas principales de los elementos de desgaste en la batea se lograra incrementar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento.</p>	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de las causas de elementos de desgaste • Corrección y/o eliminación de las causas encontradas <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de disponibilidad

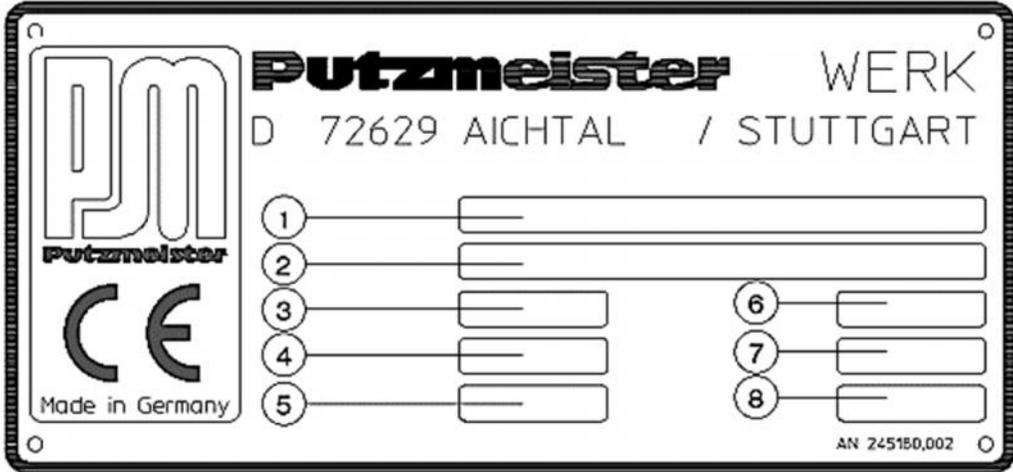
Anexo 2 Tabla de evaluación de criticidad.

(FE) RECURRENCIA DE EVENTOS DE FALLA	(CM) COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO
MUY MALO (Mayor a 20 fallas/año) 4	Mayo o igual a 20 mil dólares al año 2
MALO (de 11 a 20 fallas/año) 3	
REGULAR (de 6 a 10 fallas/año) 2	Inferior a 20 mil dólares al año 1
(IO) IMPACTO OPERACIONAL	(ISHA) IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE
Parada inmediata de todo el ciclo productivo 10	Afecta la seguridad humana, ambiente/alto impacto 8
Parada parcial e influye solo a algunos equipos 8	Afecta las instalaciones causando daños severos 6
Impacta en el desempeño de la producción o calidad 6	
Repercuta en costos operacionales y disponibilidad 4	Provoca daños menores (accidentes), bajo impacto ambiental 4
No genera efecto sobre operaciones y producción 1	Provoca molestias mínimas a instalaciones o al ambiente 2
(F0) FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de reemplazo operacional ni reemplazo de repuesto 4	
Hay opción de repuesto alternativo o compartido 2	
Función de repuesto disponible 1	

Anexo 3 Matriz de criticidad.



Anexo 4 Placa característica del equipo.



The diagram shows a rectangular equipment characteristic plate for Putzmeister. On the left, there is a logo with the letters 'PM' and the word 'Putzmeister' below it, followed by a 'CE' mark and 'Made in Germany'. To the right of the logo, the text 'Putzmeister WERK' is displayed, followed by 'D 72629 AICHTAL / STUTT GART'. Below this text are eight numbered fields (1-8) for technical specifications. Field 1 is a long horizontal line. Fields 2, 3, 4, and 5 are shorter horizontal lines. Fields 6, 7, and 8 are also horizontal lines. At the bottom right of the plate, the text 'AN Z45150,002' is visible. The number '20900101' is located at the bottom right of the entire diagram frame.

- 1 Modelo (modelo de máquina)
- 2 N° máquina (número de la máquina)
- 3 Año de construcción
- 4 Presión hidráulica máx. [bar] (presión máxima del aceite de la parte hidráulica)
- 5 Velocidad admisible máx. [km/h] (velocidad máxima del vehículo)
- 6 Peso total autorizado máx. [kg]
- 7 Presión de transporte máx. [bar]
- 8 r.p.m. máx. (número máximo de revoluciones del motor)

Anexo 5 Placa de pluma

- 1 Modelo de pluma
- 2 N° pluma
- 3 Año de construcción
- 4 N° ref. paquete de brazos (número de artículo del paquete de brazos)
- 5 Alcance horiz. máx.
- 6 Alcance vert. máx.
- 7 Tubo (diámetros máximos admisibles de los tubos y grosor de pared de la tubería de transporte) [mm]
- 8 Manguera terminal máx.
- 9 Presión del aceite hidráulico máx.
- 10 Presión de transporte de hormigón máx.

Anexo 6 Identificación de modelo



BSF 28Z. 12 L

B

•BETONPUMPE = BOMBA DE CONCRETO

S

•TUBO OSCILANTE, VALVULA S

F

•FAHRBAR = MOBIL

28

•28 METROS DE ALCANCE VERTICAL DE PLUMA

Z

•DESPLIEGUE DE LA PLUMA

12

• 120 M³ / HORA

L

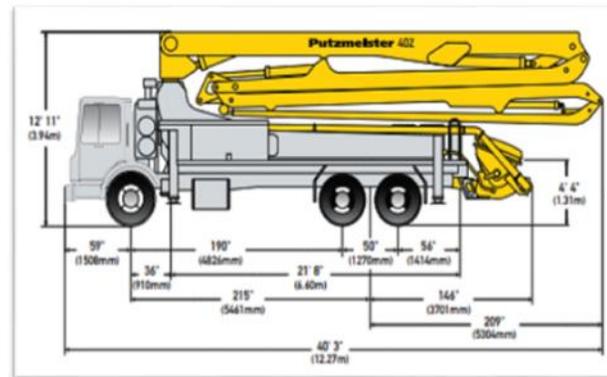
• BAJA PRESIÓN

Anexo 7 Especificación técnica del camión



ESPECIFICACION DE LA PLUMA 40Z MONTADA EN EL CAMION

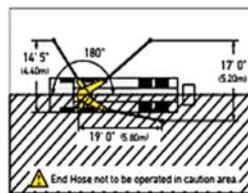
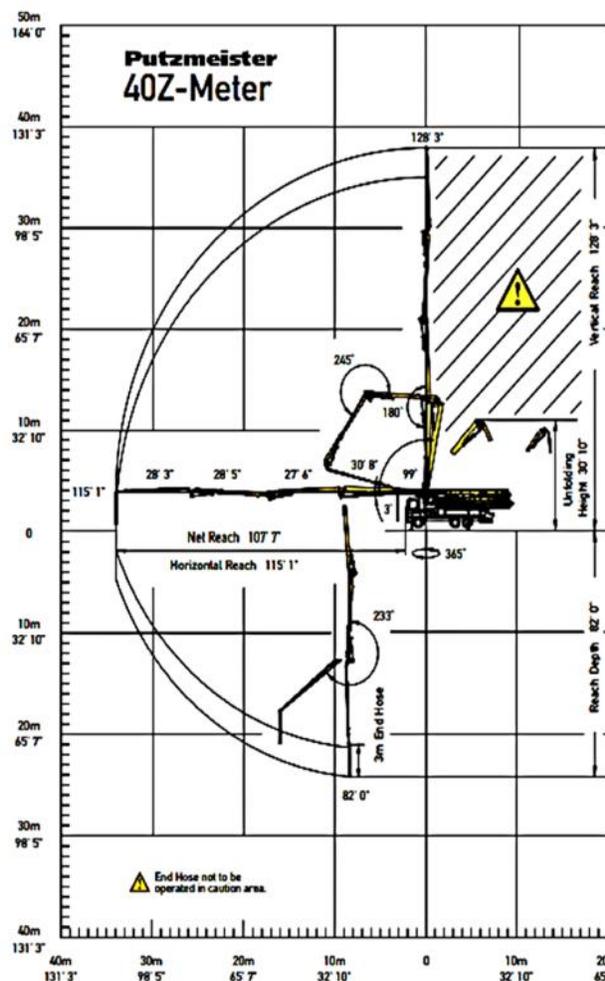
Longitud	12.27 m
Ancho	2.50 m
Largo	3.94 m
Distancia entre ejes	5.461m
Peso del eje delantero	8.510 kg
Peso del eje trasero	17.450 kg
Peso total aproximado	25.960 kg
Modelo camión	Mack MRU 613
Suspensión	Resorte suspensión
Transmisión	Manual
Ruedas / Aro	Michelin / Aluminio
Cant. Ejes	3
Motor	Mp7
Caballos fuerza	405 hp



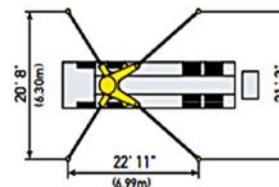
Anexo 8 Especificación técnica de la pluma.

ESPECIFICACION DE LA PLUMA	
ALTURA Y ALCANCE	
Alcance vertical	39.10 m
Alcance Horizontal	35.10 m
Alcance desde la parte trasera del camión	32.80 m
Profundidad de alcance	25.00 m
Altura de despliegue	9.40 m
PLUMA DE 4 SECCIONES	
Articulación de la 1era sección	102°
Articulación de la 2da sección	180°
Articulación de la 3era sección	245°
Articulación de la 4ta sección	233°
Longitud de la 1a sección	9.40 m
Longitud de la 2a sección	8.40 m
Longitud de la 3a sección	8.70 m
Longitud de la 4a sección	8.60 m
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tamaño de tubería (DI)	117 mm
Rotación	365°
Manguera final: longitud	3.0 m
Manguera final: diametro	115 mm
Alcance de los estabilizadores izquierdo y derecho: delanteros se extienden hidráulicamente hacia afuera y hacia abajo.	6.30 m
Alcance de los estabilizadores izquierdo y derecho: traseros se extienden hacia abajo	6.50 m
<hr/>	
ESPECIFICACION DE LA BOMBA 402 . 16H	
Caudal	Lado Vástago 160 m ³ /hr
	Lado Pistón 108 m ³ /hr
Presión	Lado Vástago 85 bar
	Lado Pistón 130 bar
Diámetro del cilindro de materiales	230 mm
Longitud de la embolada	2.100 mm
Emboladas maximas por minuto	
	Lado Vástago 31
	Lado Pistón 21
Control de volumen	0 - full
Vibrador	estándar
Cilindro de materiales de cromo duro	estándar
Sistema hidráulico	flujo libre
Presión del sistema hidráulico	350 bar
Diámetro del cilindro diferencial	140 mm
Diámetro del vástago	80 mm
Tamaño maximo de áridos	63 mm
Deposito de agua: pedestal	700 L

*El sistema de tubos de descarga estándar esta clasificado para una presión máxima 85 bar



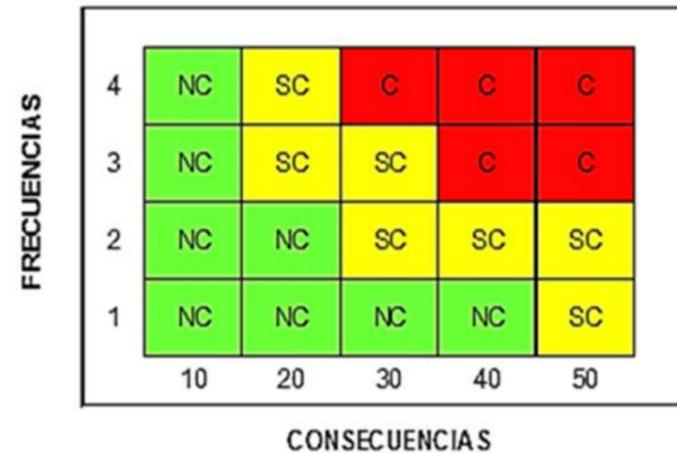
With One-Sided Support (OSS) 180°



Anexo 9 Método de análisis de criticidad.

METODO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE LAS BOMBAS TELESCOPICAS CONCRETERAS

Item	Cod. Interno	Alcance Mts	Clase	Capacidad M3 / Hr.	Problemas Identificados	FE	IO	FO	CM	ISHA	Consec = (IO x FO) + CM + ISHA	Total = FE x Consec.	Ranking
1	SBOM-531	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Cambio de elementos de desgaste	3	10	4	1	8	49	147	C
2	SBOM-738	40	BOMBA TELESCOPICA 40 METROS	100	Cambio de elementos de desgaste	3	10	4	1	8	49	147	C
3	SBOM-190	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	100	Cambio de eje de motor agitador	2	8	4	1	4	37	74	SC
4	SBOM-788 /293	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Cambio de sellos de motor agitador	3	8	1	1	4	13	39	NC
5	SBOM-611	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Cambio de sellos de batea	3	6	1	1	4	11	33	NC
6	SBOM-589	36	BOMBA TELESCOPICA 36 METROS	100	Taponamiento del eje mezclador	3	6	1	1	2	9	27	NC
7	SBOM-293 / 189	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	140	Cambio de sellos de batea	2	6	1	1	4	11	22	NC
8	SBOM-494	32	BOMBA TELESCOPICA 32 METROS	100	Cambio de sellos de batea	2	6	1	1	4	11	22	NC
9	SBOM-174	-	BOMBA ESTACIONARIA TK70	50	Calentamiento del sistema hidraulico	2	4	1	1	2	7	14	NC
10	SBOM-279	-	BOMBA ESTACIONARIA TK70	50	Calentamiento del motor	2	4	1	1	2	7	14	NC
11	SBOM-206	28	BOMBA TELESCOPICA 28 METROS	100	Parada del vibrador	2	1	1	1	2	4	8	NC
12	SBOM-292	-	BOMBA ESTACIONARIA MOVIL 2116HD	140	Cambio de sellos de motor agitador	3	8	1	1	4	13	39	NC



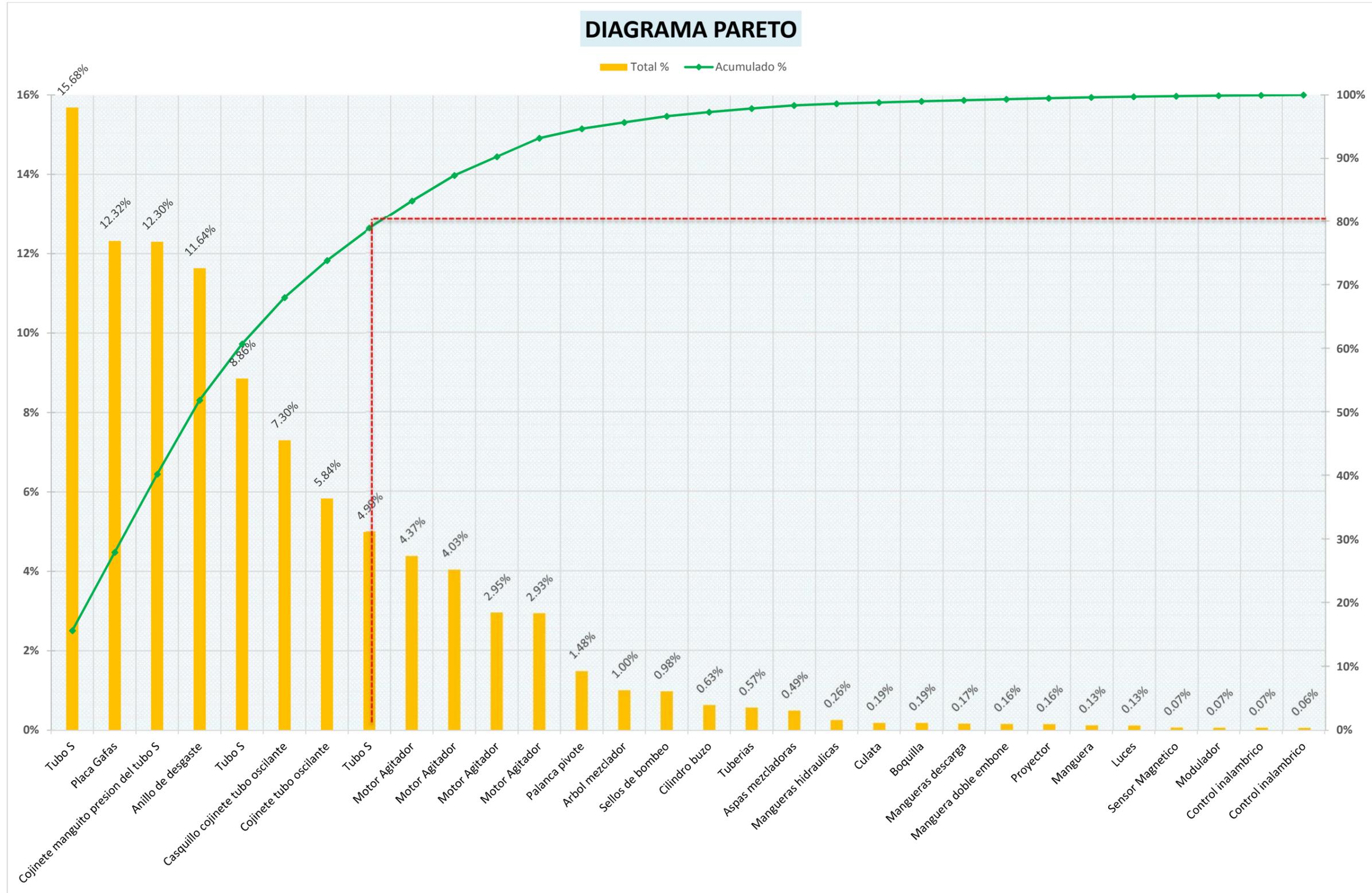
Legenda:

- C Crítico
- SC Semi - Crítico
- NC No Crítico

4	40	80	120	160	200
3	30	60	90	120	150
2	20	40	60	80	100
1	10	20	30	40	50
	10	20	30	40	50

C	CRITICO	120 - 200
SC	SEMI-CRITICO	50 - 100
NC	NO CRITICO	10 - 40

Anexo 10 Diagrama Pareto



Anexo 11 Tabla FMEA Modificado.

MO= \$/H 10

PERDIDA PROD= \$/MIN 8

47 8

Item	Sistemas	Parte	Evento de Falla	Modo de Falla	Frecuencia Anual	tiempo (hrs)	IMPACTO				Perdida Total		
							Costo Rpto (USD)	Costo Mo (USD) t*Mo	Perdida de Producc (USD) P.p*t	Costo de Falla (USD) IMPACTO	Costo Anual (USD) = F X IMP	Total %	Acumulado %
4	Batea	Tubo S	No lubrica mecanismo	Taponamiento con concreto	5	48	\$ 2,000	\$ 480	\$ 23,040	\$ 25,520	\$ 127,600	15.68%	15.68%
13	Batea	Placa Gafas	Fuga de concreto en bombeo	Desgaste de las placas	5	40	\$ 450	\$ 400	\$ 19,200	\$ 20,050	\$ 100,250	12.32%	28.00%
18	Batea	Cojinete manguito presion del tubo S	No lubrica mecanismo	Taponamiento con concreto	4	48	\$ 1,500	\$ 480	\$ 23,040	\$ 25,020	\$ 100,080	12.30%	40%
14	Batea	Anillo de desgaste	Fuga de concreto en bombeo	Desgaste de anillos	4	48	\$ 150	\$ 480	\$ 23,040	\$ 23,670	\$ 94,680	11.64%	52%
19	Batea	Tubo S	Fuga de concreto en bombeo	Casquillo de desgaste deteriorado	3	48	\$ 500	\$ 480	\$ 23,040	\$ 24,020	\$ 72,060	8.86%	61%
15	Batea	Casquillo cojinete tubo oscilante	Holgura excesiva	Desgaste de casquillo	3	40	\$ 200	\$ 400	\$ 19,200	\$ 19,800	\$ 59,400	7.30%	68%
11	Batea	Cojinete tubo oscilante	Fuga de lubricante	Sellos deteriorados	3	32	\$ 150	\$ 320	\$ 15,360	\$ 15,830	\$ 47,490	5.84%	74%
2	Batea	Tubo S	Fuga de concreto en bombeo	Desgaste del tubo S	2	40	\$ 700	\$ 400	\$ 19,200	\$ 20,300	\$ 40,600	4.99%	79%
3	Batea	Motor Agitador	Fuga de lubricante	Retenes resecos	3	24	\$ 100	\$ 240	\$ 11,520	\$ 11,860	\$ 35,580	4.37%	83%
1	Batea	Motor Agitador	No agita el concreto	Desgaste en el eje	4	16	\$ 350	\$ 160	\$ 7,680	\$ 8,190	\$ 32,760	4.03%	87%
16	Batea	Motor Agitador	Fuga de lubricante	Casquillos de brida principal desgastado	3	16	\$ 150	\$ 160	\$ 7,680	\$ 7,990	\$ 23,970	2.95%	90%
17	Batea	Motor Agitador	Fuga de lubricante	Casquillos de brida secundaria desgastado	3	16	\$ 100	\$ 160	\$ 7,680	\$ 7,940	\$ 23,820	2.93%	93%
10	Batea	Palanca pivote	Sonido al pivotear	Desgaste de dientes de acoplamiento	1	24	\$ 300	\$ 240	\$ 11,520	\$ 12,060	\$ 12,060	1.48%	95%
8	Batea	Arbol mezclador	No agita el concreto	Eje desgastado	1	16	\$ 300	\$ 160	\$ 7,680	\$ 8,140	\$ 8,140	1.00%	96%
30	Bombeo	Sellos de bombeo	Mezcla de aceite	Sellos deteriorados	1	16	\$ 100	\$ 160	\$ 7,680	\$ 7,940	\$ 7,940	0.98%	97%
12	Batea	Cilindro buzo	Sonido en el accionamiento	Cilindros desgastados	1	10	\$ 250	\$ 100	\$ 4,800	\$ 5,150	\$ 5,150	0.63%	97%
29	Elemen. Desgaste	Tuberias	Fuga de concreto en bombeo	Tuberia desgastada	1	8	\$ 700	\$ 80	\$ 3,840	\$ 4,620	\$ 4,620	0.57%	98%
9	Batea	Aspas mezcladoras	No agita el concreto	aspas desgastadas	1	8	\$ 100	\$ 80	\$ 3,840	\$ 4,020	\$ 4,020	0.49%	98%
25	Hidráulica	Mangueras hidraulicas	Fuga de aceite	Manguera rota reseca	2	2	\$ 80	\$ 20	\$ 960	\$ 1,060	\$ 2,120	0.26%	99%
27	Motor	Culata	Perdida de potencia	Calibracion de valvulas	1	3	\$ 75	\$ 30	\$ 1,440	\$ 1,545	\$ 1,545	0.19%	99%
5	Limpieza	Boquilla	No genera limpieza	Desgaste interno de boquilla	2	1.5	\$ 30	\$ 15	\$ 720	\$ 765	\$ 1,530	0.19%	99%
26	Accesorios	Mangueras descarga	Manguera corta para bombeo	manguera desgastada por bombeo	1	2	\$ 400	\$ 20	\$ 960	\$ 1,380	\$ 1,380	0.17%	99%
28	Accesorios	Manguera doble embone	Manguera corta para bombeo	manguera desgastada por bombeo	1	2	\$ 350	\$ 20	\$ 960	\$ 1,330	\$ 1,330	0.16%	99%
7	Electrico	Proyector	No ilumina	Luz de proyector quemado	2	1	\$ 150	\$ 10	\$ 480	\$ 640	\$ 1,280	0.16%	99%
6	Limpieza	Manguera	No genera limpieza	Manguera rota reseca	1	2	\$ 70	\$ 20	\$ 960	\$ 1,050	\$ 1,050	0.13%	100%
21	Electrico	Luces	No enciende algunas luces	Focos quemados	2	1	\$ 20	\$ 10	\$ 480	\$ 510	\$ 1,020	0.13%	100%
20	Electrico	Sensor Magnetico	No bombea	sin señal electronica	1	1	\$ 80	\$ 10	\$ 480	\$ 570	\$ 570	0.07%	100%
24	Frenos	Modulador	Señal permanente de freno	Valvula moduladora deteriorada	1	1	\$ 70	\$ 10	\$ 480	\$ 560	\$ 560	0.07%	100%
23	Electrico	Control inalambrico	No envia señal	Antena rota	1	1	\$ 50	\$ 10	\$ 480	\$ 540	\$ 540	0.07%	100%
22	Electrico	Control inalambrico	No envia señal	Polvo en componente electronico	1	1	\$ 20	\$ 10	\$ 480	\$ 510	\$ 510	0.06%	100%

Anexo 12 Plan de mantenimiento propuesto

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 4000 M3 BOMBAS PUTZMEISTER - BATEA

Fecha:		Placa:		Kilometraje del Camion	
Operador:				Horometro de la Bomba	
Ayudante:		Unidad:		Horometro del Camion	
Supervisor:				Codigo:	

GRUPO	ACTIVIDAD	CONDICION			OBSERVACIONES
		B	M	R	
Motor Agitador	Inspeccion de fugas o anomalias				
	Desmontaje del motor agitador				
	Desarmado del motor agitador				
	Limpieza de componentes				
	Rectificacion de eje previa evaluacion				
	Cambio de las juntas toricas o retenes				
	Cambio de bujes o casquillos				
	Cambio de pernos de brida				
Montaje de motor agitador					
Arbol Mezclador	Desmontar las paletas del arbol mezclador				
	Desmontar el arbol mezclador				
	Evaluar condicion				
	Montaje de arbol mezclador				
Accionamiento Tubo S	Desmontar todo el conjunto de accionamiento del tubo S, marcando posicion de instalacion				
	Evaluar condicion				
	Montaje de accionamiento de tubo S				
Cojinete de Tubo Oscilante en S	Retirar el cojinete de tubo oscilante				
	Evaluar condicion de cojinetes de tubo oscilante				
	Cambio de retenes o juntas toricas				
	Cambio del casquillo de cojinete de tubo oscilante				
	Cambio de los anillos de seguridad				
Montaje de cojinete de tubo oscilante en S					
Cojinete de Manguito de Presion	Retirar el codo abatible				
	Evaluar condicion				
	Desmontar el cojinete de manguito de presion				
	Cambio de retenes, Sellos y juntas toricas				
Montaje del cojinete de manguito de presion					
Tubo S	Desmontar el tubo S fuera de batea				
	Evaluar condicion				
	Cambio casquillo de desgaste				
	Reforzar tubo S				
	Montaje del tubo S				
Placa Gafas o Pieza de Desgaste	Remover los pernos de la placa gafas				
	Retirar la placa gafas				
	Desmontar los anillos de desgaste				
	Cambiar los anillos de desgaste				
	Al instalar girar la placa gafas				
	Montaje de placa gafas				

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR
CONFORME

NOMBRE Y FIRMA MANTENIMIENTO
CONFORME

Anexo 13 Check List de Inspección

CHECK LIST DE BOMBAS					
Fecha:	Placa:	Turno:	Unidad:	Código:	
Operador:	Kilometraje de Camión:				
Ayudante:	Horometro inicial Bomba:				
Supervisor:	Horometro inicial Camión:				
CONDICION BUENA <input checked="" type="checkbox"/>		CONDICION MALA <input checked="" type="checkbox"/>		NO APLICA: <input type="checkbox"/>	
PARA CAMION BOMBA CONCRETERA: NIVEL ACEITE MOTOR NIVEL REFRIGERANTE NIVEL DE AGUA DE LIMPIA/PARABRISAS NEBLINEROS ESPARRAGO Y TUERCA DE RUEDA AROS Y PESTAÑAS PISADERA DE CABINA RADIO PARLANTE LUZ DE SALON FAROS DELANTEROS FARO POSTERIORES INDICADOR DE CONTROLES Y SENSORES ENCENDIDOR ESPARRAGOS Y TUERCAS ARO Y PESTAÑAS NEBLINEROS LUZ DE BATEA LUZ DE TABLERO Y CABINA SEGURO Y/O PESTILLO DE PUERTAS PARABRISAS DELANTERO PARABRISAS POSTERIOR LUNAS LATERALES Y CREMALLERAS MANIJA DE PUERTAS CONDICION DE ASIENTOS CINTURONES DE SEGURIDAD TAPIZ DE CABINA CLAXON ESPEJOS LATERALES ESCALERA Y PASAMANOS RADIO DE COMUNICACIONES PARACHOCQUES PLUMILLAS Y BRAVO NEUMATICO DE REPUESTO CONDICION DE CABINA ANTENA TAPA DE RADIADOR COPA DE RUEDAS TAPA DE COMBUSTIBLE TAPA LIQUIDO DE FRENO TAPA DE ACEITE DE MOTOR CENCERO VARILLA DE ACEITE DE MOTOR BATERIAS	PARA BOMBA CONCRETERA: CAJA DE AGUA ENFRIAMIENTO DIFERENCIALES REJILLA DE BATEA VIBRADOR SISTEMA DE BLOQUEO DE SEGURIDAD DE BATEA CLAXON DE BOMBA PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA NIVELES PARA ESTABILIZAR BOMBA TELEMANO Y CABLE CONTROL INHALAMBIRICO BATERIA DE CONTROL Y CARGADOR KIT DE EMERGENCIA DE BOMBEO LLAVE DE CONTACTO TUBERIA Y ACOPLAMIENTOS ADICIONALES CONDICION DE BATEA DE BOMBA ESTRUCTURA DE BRAZOS ESTRUCTURA DE ESTABILIZADORES SISTEMA DE TUBERIAS, ABRAZADERAS Y SEGUROS MANGUERA DE DFCARGA Y WHIPCHECK SOPORTE DE TUBERIAS MANGUERAS Y CAÑERIAS HIDRAULICAS ARTICULACIÓN DE BRAZOS ARTICULACIÓN DE ESTABILIZADORES PALANCA DE MANDO Y BOTONERAS POSTERIOR SISTEMA DE ENFRIAM HIDRAULIC (RADIADOR) VENTILADOR DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO BOMBA DE AGUA DE LAVADO MANGUERA DE AGUA DE LAVADO BOQUILLA DE LAVADO SISTEMA AGITADOR MANOMETROS DE PRESIÓN HIDRAULICOS MANOMETRO DE BOMBA DE AGUA TAPA DE COMBUSTIBLE TAPA DE TANQUE HIDRAULICO TABLERO DE CONTROL ELECTRICO MANGUERA DOBLE EMBONE MANGUERA 4" X 7m. TUBO REDUCTOR DE 5" a 4" ABRAZADERA DE 4" NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO FAJA RATCHET Y GANCHO TACO DE ESTABILIDAD O ALMOHADILLA PORTA TACO DE ESTABILIDAD PASAMANOS Y ESCALERA POSTERIOR TAPAS DE PATAS DE ESTABILIZACION GRILLETE DE WHIPCHECK	SEGURIDAD: EXTINTORES Y BASE DE EXTINTOR CUÑAS Y PORTACUÑAS CONOS Y PORTACONOS TRIANGULO DE SEGURIDAD BOTEQUÍN LINTERNA CAJA DE HERRAMIENTAS MANUALES CINTAS REFLECTIVAS GATA LLAVE DE RUEDAS Y PALANCAS CIRCULINA ALARMA DE RETROCESO LUCES (ALTA, BAJA, STOP) LUZ DE RETROCESO LUCES DE EMERGENCIA ACCESORIOS MANGUERA DE AIRE LIMPIEZA PASCAL Y ATRAPAPELOTAS PELOTAS GRILLETES COMBA BARREIA CAJA DE HERRAMIENTAS CAJA PORTA ACCESORIOS DOCUMENTACIÓN COPIA DE MANUALES TARJETA DE PROPIEDAD SOAT TARJETA DE CIRCULACIÓN MECÁNICA REVISIÓN TÉCNICA	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>NIVEL DE COMBUSTIBLE</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO</p> </div> </div>		
OBSERVACIONES:					
PARA SER LLENADO EN CASO DE TRASLADO DE UNIDADES A OTRAS PLANTAS:					
KILOMETRAJE INICIO	<input type="text"/>	HORA INICIO	<input type="text"/>	HOROMETRO INICIO	<input type="text"/>
KILOMETRAJE FIN	<input type="text"/>	HORA FIN	<input type="text"/>	HOROMETRO FIN	<input type="text"/>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>COMBUSTIBLE SALIDA</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>COMBUSTIBLE LLEGADA</p> </div> </div>					
OBSERVACIONES DEL TRASLADO :					
_____ NOMBRE Y FIRMA OPERADOR		_____ NOMBRE Y FIRMA MANTENIMIENTO		_____ CONFORMIDAD	

Anexo 14 Cotización Bomba automática de engrase.



Lima, Lunes, 11 de Diciembre de 2019



SEÑORES : CONCRETOS SUPERMEX S.A.
 ATENCION : ING. CHARLES PAREDES TELEFONO:
 REFERENCIA: SISTEMA INTEGRAL DE LUBRICACION CENTRALIZADA LINCOLN
 MÓDULO BOMBA DE CONCRETO PUTZMEISTER DE 12 / 24 VOLTIOS
 Sistema de lubricación programado para 11 puntos.

ITEM	QTY	DESCRIPCION	V. VTA'S	TOTAL
01	C1	INSTALACION Y MONTAJE DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GRASA PARA EL EQUIPO BOMBA DE CONCRETO, PUESTO EN MARCHA Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO, TENDIDO DE MANGUERAS, SOPORTES, CONECTORES, GUARDIAS PROTECTORAS, KIT DE SURTIEMTO ELECTRICO, ACCESORIOS Y SUMINISTROS EN GENERAL PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE ENGRASE CON CONTROL DE PRESION PARA LA BOMBA. INCLUYE INSTALACION, MOVILIZACION Y CAPACITACION AL PERSONAL ENCARGADO PARA EL BUEN USO DEL EQUIPO EN AREQUIPA.	\$1,025.00	\$1,025.00
	INCLUYE:			
	01	Bomba eléctrica de grasa serie Quicklub de 12 / 24 VDC con tanque de capacidad 02 litros Marca Lincoln NIP LUB10107	\$1,011.00	\$1,011.00
	01	Válvula de distribución MARCA LINCOLN INDUSTRIAL (con pin indicador) NIP LUB10154	\$456.00	\$456.00
	11	Clamping ring MARCA LINCOLN INDUSTRIAL NIP LUB10121	\$7.00	\$77.00
11	Valve outlet adapter with check de 1/8 MARCA LINCOLN INDUSTRIAL NIP LUB10169	\$20.00	\$220.00	
02	Tapón MARCA LINCOLN INDUSTRIAL NIP LUB10201	\$7.00	\$21.00	

NOTA Los precios son en US\$ y NO incluyen el I.G.V.

SUB TOTAL \$2,590.00



CONDICIONES COMERCIALES

Tiempo de Entrega : DISPONIBLE / SALVO VENTA PREVIA
 Tiempo de Trabajo : 1 DIA POR UNIDAD
 Forma de Pago : LO USUAL
 Validez de Oferta : 30 DIAS

GARANTIA: 01 año contra defectos de fábrica, además como Conocedores del sistema de lubricación Automática brindamos asesoría, servicio técnico y stock de repuestos genuinos.

Atestamento :
ING. YAZMANY YAPUCHURA MAMANI
yasmany@enerlubperu.com
 RFC 944255327

Calle el Polvor 156 Urb. La Ciénega de Montevideo, Are - Lima
 Telf. (011) 944255327

Anexo 15 Imágenes fotográficas del proceso de mantenimiento.



