



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO
PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE
PERFORADORAS DE LA EMPRESA MBC DRILLING SAC”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Pamela Roxana Bazán Rojas

Bach. Juan José Correa Gamarra

Asesor:

Ing. Mg. Frank Alberto Tello Legoas

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, por sus enseñanzas y valores inculcados, aunque no estén presentes físicamente, sé que desde el cielo acompañan mi camino hacia la meta.

A mis hermanos, quienes me apoyaron e hicieron que crea en mí, aun cuando la meta parecía inalcanzable.

A mí hijo, por ser el motor que impulso este gran sueño.

PAMELA ROXANA

Esta tesis de investigación la dedico a mis padres, quienes supieron inculcarme valores, a mis hijos, quienes son mi alegría de cada mañana y a mi esposa Grisú, que en todo momento me mostro su apoyo alentándome para poder cumplir mis sueños.

JUAN JOSÉ

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primera instancia a Dios, por bendecirnos con la excelente plana docente de la Universidad Privada del Norte, quienes nos brindaron sus conocimientos durante nuestra formación académica, a nuestro asesor, por sus valiosos aportes en el desarrollo de nuestra investigación, de igual manera a la empresa MBC Drilling S. A. C. por brindarnos las facilidades y el acceso a información necesaria para poder desarrollar y concluir con el tema de nuestra tesis.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
INDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación	14
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. Hipótesis.....	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
2.1. Tipo de investigación	16
2.2. Materiales, instrumentos y métodos.....	16
2.2.1. Materiales	16
2.2.2. Instrumentos	17
2.2.3. Métodos.....	18
2.3. Procedimiento.....	23
2.4. Matriz de operacionalización de variables	25
CAPÍTULO III. RESULTADOS	26

3.1.	Determinación de la disponibilidad antes de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.....	26
3.2.	Aplicación de la metodología Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras	32
3.3.	Determinación de la disponibilidad después de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.....	54
3.4.	Beneficio económico después de la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing	60
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		67
4.1.	Discusión.....	67
4.2.	Conclusiones	68
REFERENCIAS		69
ANEXOS.....		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Útiles de escritorio.....	16
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de análisis de datos	17
Tabla 3 Operacionalización de Variables	25
Tabla 4 Número de correctivos no programados, 2018.....	26
Tabla 5 Disponibilidad del año 2018 empresa MBC Drilling SAC	28
Tabla 6 Resultado de cada Etapa de la metodología Lean Manufacturing	32
Tabla 7 Plan de Implementación de las 5 “S”	40
Tabla 8 Orden y estandarización	41
Tabla 9 Campaña de limpieza	42
Tabla 10 Estandarización.....	44
Tabla 11 Disciplina.....	45
Tabla 12 Implementación de las mejoras	49
Tabla 13 Resultado de Flujo de valor Antes y Después	53
Tabla 14 Número de Correctivos no programados 2019.....	55
Tabla 15 Disponibilidad Después - 2019 empresa MBC Drilling SAC.....	56
Tabla 16 Costo por duración de correctivos ANTES y DESPUÉS-2019	60
Tabla 17 Costo de Inversión de Activos Tangibles	62
Tabla 18 Costos del instructor	62
Tabla 19 Costos de personal	63
Tabla 20 Costos de implementación en oficina.....	63
Tabla 21 Costos Proyectados.....	64
Tabla 22 Análisis de Indicadores.....	65
Tabla 23 Flujo de caja	65
Tabla 24 Comparativa de indicadores ANTES (2018) DESPUÉS (2019).....	66
Tabla 25 Matriz de consistencia	71
Tabla 26 Entrevista para acopio de información	75
Tabla 27 Ficha de datos	82
Tabla 28 Fallas significativas MBC Drilling, 2018.....	84
Tabla 29 Fallas significativas MBC Drilling, 2019.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Técnicas de la Metodología Lean Focus	19
Figura 2 Número de correctivos de perforadora/mes, 2018	27
Figura 3 Disponibilidad antes de la metodología Lean Manufacturing	28
Figura 4 Fallas más significativas de perforadoras – 2018	29
Figura 5 Fallas de Motor Diésel más significativas del 2018.....	29
Figura 6 Fallas de Compresor – 2018.....	30
Figura 7 Fallas por Oruga – 2018.....	30
Figura 8 Fallas Sistema Hidráulico – 2018	31
Figura 9 Fallas Sistema Eléctrico – 2018	31
Figura 10 Pedido de repuestos en el Área de operaciones, 2019	34
Figura 11 Diagrama de Ishikawa.....	36
Figura 12 Mapa de Procesos ANTES, 2018.....	38
Figura 13 Mapa de Flujo de Valor, 2018.....	39
Figura 14 Clasificación de elementos necesarios	41
Figura 15 Ubicación de los elementos necesarios	42
Figura 16 Orden y limpieza de la maquinaria	43
Figura 17 Orden y limpieza del taller de mantenimiento	43
Figura 18 Estandarización de los elementos	44
Figura 19 Etapa de disciplina - cultura de sensibilidad	45
Figura 20 Causas de baja disponibilidad de perforadoras	46
Figura 21 Árbol lógico de posibles causas de baja disponibilidad.....	47
Figura 22 Matriz de acción para eliminar las Causas Raíz.....	48
Figura 23 Mapa del estado futuro de Flujo de Valor (Después), 2019	51
Figura 24 Nuevo Mapa de Procesos - 2019.....	52
Figura 25 Resultados del Flujo de valor Antes y Después	54
Figura 26 Número de correctivos de perforadora/mes, 2019	55
Figura 27 Disponibilidad Después Metodología Lean Manufacturing	56
Figura 28 Fallas más significativas de las perforadoras – 2019	57
Figura 29 Fallas del Motor Diésel – 2019	57
Figura 30 Fallas de Compresor – 2019.....	58
Figura 31 Fallas de Oruga 2019	58
Figura 32 Fallas Sistema Hidráulico – 2019	59

Figura 33 Fallas Sistema Eléctrico – 2019	59
Figura 34 Costo Total por duración de correctivos – 2018 – 2019	60
Figura 35: Diagrama de procesos por actividades y tareas	72
Figura 36: Ficha de observación de mantenimiento	73
Figura 37: Ficha Técnica máquina Schramm	74
Figura 38: Check List de mantenimiento	76
Figura 39: Orden de trabajo.....	77
Figura 40: Inventario de materiales - Taller mantenimiento	78
Figura 41: Lista de verificación de implementación de las 5’S	79
Figura 42: Orden de trabajo de Perforación en Diamantina.....	80
Figura 43: Reporte de mantenimiento 250 horas.....	81
Figura 44: Ficha técnica de la máquina diamantina	83
Figura 45: Cursos Realizados en Capacitación, 2019	93
Figura 46: Plan de mantenimiento preventivo, 2019.....	94
Figura 47: Máquina Schramm MBC-S01(a) y Máquina Long year – 44(02).....	95
Figura 48: Rol de Guardias el MCB Drilling, 2019	96
Figura 49: Plano de ubicación de la Poza – 09.....	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Disponibilidad	19
---------------------------------	----

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de perforadoras de la empresa MBC Drilling S.A.C. Cerro de Pasco. Según su propósito la investigación es aplicada, cuantitativa por la naturaleza de sus datos y preexperimental según el control de la investigación, se desarrolló con herramientas de ayuda como: cuestionario no estructurado, guía de observación y ficha resumen; y se recogió la información necesaria, útil, para poder medir los indicadores para ver el efecto en la mejora de disponibilidad de perforadoras en el proceso de mantenimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos la influencia de la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing fue de 42%, la disponibilidad de las perforadoras antes de su aplicación fue en promedio de 77.92%, luego la metodología se aplicó en cuatro etapas de implementación Lean: análisis de causa raíz, la herramienta del árbol lógico de fallas, el mapa del flujo de valor después obtuvo una mejora con disponibilidad al 84.52% en promedio (2019) para el mismo periodo de análisis (entre mayo a octubre), el flujo de valor en tiempo de actividad fue de 1260 minutos para 2018 (antes), y de 1005 minutos para 2019 (después). La aplicación de la Metodología Lean Manufacturing redujo el número de eventos de 242 con 894.96 horas (2018) a 130 con 642.18 horas (2019) y generó un beneficio económico con reducción de costos de \$ 13,636.67 como ahorro en el costo de paradas.

Palabras clave: Lean Manufacturing, mantenimiento, disponibilidad, procesos y mejora continua.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to apply the Lean Manufacturing methodology in the maintenance process to improve the availability of drills of the company MBC Drilling S.A.C. Hill of Pasco. According to its purpose, the research is applied, quantitative by the nature of its data and pre-experimental according to the control of the research, it was developed with help tools such as: unstructured questionnaire, observation guide and summary sheet; and the necessary and useful information was collected to be able to measure the indicators to see the effect on improving the availability of drills in the maintenance process.

According to the results obtained, the influence of the application of the Lean Manufacturing Methodology was 42%, the availability of the drills before its application was on average 77.92%, then the methodology was applied in four stages of Lean implementation: analysis root cause, the logical failure tree tool, the value stream map then obtained an improvement with availability of 84.52% on average (2019) for the same analysis period (between May to October), the value stream in Uptime was 1260 minutes for 2018 (before), and 1005 minutes for 2019 (after). The application of the Lean Manufacturing Methodology reduced the number of events from 242 with 894.96 hours (2018) to 130 with 642.18 hours (2019) and generated an economic benefit with cost reduction of \$ 13,636.67 as savings in the cost of stops.

Keywords: Lean Manufacturing, maintenance, availability, processes and continuous improvement.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En Europa y particularmente en países como España el 58.7% de pequeñas y medianas empresas tienen interés por la metodología del Lean Manufacturing, aunque el 25.5% tienen desconfianza en que la técnica otorgue ventajas perdurables para sus empresas y el 15.8% no opine; aun en la actualidad las empresas buscan aplicar nuevas técnicas organizativas y acortar los plazos de producción, las empresas utilizan la técnica para reducir el desperdicio, reduciendo cualquier actividad que no agregue valor (Schröders & Cruz Machado, 2015). El uso de metodologías Lean muestra ventajas para las empresas en su aplicación, reduciendo costos de producción, tiempos de entrega y mejora de la disponibilidad de sus equipos en menor tiempo. (Hernandez & Vizán, 2013)

El mantenimiento es un conjunto de actividades que conlleva a que las instalaciones y maquinas tengan una mayor vida útil, lo que permite una mayor ganancia del activo conforme a su tiempo de operatividad. Por lo que la planificación y control del mantenimiento influye altamente en las operaciones de la empresa. (Zelada García, 2017)

De acuerdo con las necesidades del cliente y los requerimientos tecnológicos actuales, las empresas se ven obligadas aplicar Lean en sus procesos de producción para mejorar el desempeño operacional y lograr ventajas competitivas. (Cuatrecasas Arbós, 2012) Las actividades de una organización empresarial generan valor al cliente que se conoce como Flujo de Valor; concepto desarrollado por Porter como herramienta de análisis para planificación estratégica Lean. (Cordobés, 2017)

Tener un programa de mantenimiento preventivo (PM) reduce las reparaciones mayores y paradas bruscas en la producción, y por lo tanto ayuda a mantener un flujo de trabajo constante. Programación y planificación de las actividades de PM han sido el interés de muchos investigadores durante un largo periodo de tiempo. (Mohammed, Abdelhakim, Hamid, & Yue, 2012)

(Arellano, 2003) en el desarrollo de la tesis “Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para la mejora de disponibilidad en equipos eléctricos de una planta concentradora”, desarrolla como objetivos reducir los retrasos de operatividad aumentando la disponibilidad y efectividad de los equipos y del sistema, mantener los equipos en constante operación en un periodo de tiempo óptimo preservando las instalaciones y equipos en buenas y eficientes condiciones operativas.

En el Perú La Cía. Minera el Brocal S.A.A que actualmente pertenece al grupo Buenaventura S.A.A explota mineral como oro, plata, cobre y zinc, con una producción por día de mineral de 18,000 toneladas métricas, para ello contrata los servicios de diferentes empresas de perforación diamantina y aire reverso, las mismas que cuentan con equipos especialmente diseñados para este tipo de tareas, tales empresas, entre otras, son: Ak Drilling, RAM Perú, **MBC Drilling**, Redrilsa y Tomocoorp, que se dedican a explorar y hacer estudios geológicos con trabajos de perforación a tajo abierto y subterráneo.

La empresa MBC Drilling SAC es una empresa contratista que desarrolla sus operaciones en el distrito de Tinyahuarco de la provincia de Cerro de Pasco, en el campus de la Cía. Minera El Brocal de la región Pasco. La empresa brinda servicios múltiples en actividades de exploración, explotación, perforación diamantina (DDH) y circulación reversa (RCD) en el sector minero. La empresa cuenta con un área de mantenimiento que se encarga de conservar en buen estado las máquinas perforadoras.

La presente investigación se desarrolló en el área de mantenimiento mecánico, la empresa cuenta con 05 máquinas perforadoras a motor diésel, 18 trabajadores en dos guardias (05 operadores, 1 mecánico, 2 electricistas y 1 ayudante). El trabajo se orientó a utilizar la metodología Lean Manufacturing para mejorar la baja disponibilidad de las perforadoras, para pozos de exploración de la empresa MBC Drilling SAC; de las 05 máquinas, tres perforadoras diamantina y dos equipos de perforación y circulación de aire reversa Schramm presentan problemas de baja disponibilidad operativa, por debajo del 73%, por lo que se aplicó la metodología Lean Manufacturing con base a 04 etapas (diagnóstico y formación, determinación, implantación y mejora continua).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida influye la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de perforadoras en la empresa MBC Drilling S.A.C.?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida se mejora la disponibilidad de perforadoras en la empresa MBC Drilling S.A.C.?
- ¿En qué medida hay una mejora económica en la empresa MBC Drilling S.A.C.?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de perforadoras de la empresa MBC Drilling S.A.C.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual en el proceso de mantenimiento de las perforadoras, antes de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.
- Aplicar la Metodología Lean Manufacturing, para mejorar la disponibilidad de perforadoras de la empresa MBC Drilling S.A.C.
- Determinar la disponibilidad de perforadoras después de la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.
- Determinar cuánto es el beneficio económico que genera la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.

1.4. Hipótesis

La aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento mejora la disponibilidad de las perforadoras de la empresa MBC Drilling S.A.C. y genera un beneficio económico.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el propósito o finalidad de la investigación se trata de una investigación aplicada, ya que busca el conocimiento nuevo, y mejorar el control del hombre sobre los hechos (Cerna, 2018), para el tema que nos ocupa, porque se aplicó la metodología Lean Manufacturing centrándose en demostrar un objetivo concreto, la mejora de la disponibilidad de perforadoras de manera específica y bien delimitada.

Según el control de la investigación es preexperimental, porque el grado de control es mínimo, en su diseño de preprueba/posprueba (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) solo se aplicó la metodología Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras en el proceso de mantenimiento en dos etapas antes y después de la aplicación de la metodología.

Es cuantitativa de acuerdo con la naturaleza de los datos, permite recabar y analizar datos numéricos en relación a unas determinadas variables, y para el análisis se utilizan herramientas informáticas, estadísticas, para obtener resultados con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), en el caso que ocupa la investigación la teoría del Lean Manufacturing y la disponibilidad de la maquinaria.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales

Tabla 1

Útiles de escritorio

Útiles de escritorio
- Hoja bond A4
- Lapiceros
- Perforador
- Lápiz
- Engrapador
- Borrador

-
- Resaltador

Equipos de oficina

- Computadora
- Impresora
- Escritorio
- Silla para escritorio
- Perforador
- Engrapador
- Saca Grampas

Equipos de comunicación

- Radio de comunicación
- Celular

Equipos de inspección

- Cámara fotográfica
 - Libreta de apuntes
-

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de análisis de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicado en
Entrevista	Este método consistió en el diálogo entre los investigadores y los operadores de los equipos, para obtener información de la disponibilidad de cada equipo por mes.	Guía de entrevista	La guía contiene un listado de preguntas que fueron formuladas a los entrevistados para recoger información sobre los siguientes aspectos: la disponibilidad mecánica de los equipos, tiempo de duración de cada correctivo, parada del equipo.
Observación directa	Esta técnica de recolección de datos visualizó las áreas de mantenimiento de la empresa, sirvió para registrar información	Diagrama de procesos actividades	Se utilizó para el recojo de información de las actividades preliminares y la correcta operación de las perforadoras

	cuyos datos analizados permitió analizar la influencia del uso de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras, orden de trabajo, etc.	Ficha de observación de mantenimiento	de	DDHH y RCD drenes horizontales. Se utilizó para programar y supervisar actividades de mantenimiento
		Manual de partes de máquina		Se utilizó para el recojo de información de los requerimientos de repuestos de las perforadoras.
		Orden de trabajo		Se utilizó para gestionar compras y registrar el tiempo de parada de un equipo.
		Ficha de datos		Se utilizó para recolectar información y almacenar datos de libros utilizados en la información de métodos de la parte teórica de la presente investigación.
Análisis de datos	Es un conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente de su forma original, con la finalidad de posibilitar su recuperación posterior e identificarlo	Resumen de inventarios	de	Se utilizó para comparar y registrar los bienes almacenados en los talleres de mantenimiento.
		Documentación administrativa (Check list de perforadora)	de	Se utilizó para analizar la información del estado de las perforadoras, horas de parada no programadas, y encontrar la disponibilidad de las perforadoras, horas de trabajo y pérdidas económicas para la empresa.

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Métodos

- **Disponibilidad**

Para realizar el trabajo de investigación se encontró la disponibilidad de las 05 perforadoras que vienen a ser muestras de estudio a través de los instrumentos y después de haber aplicado la siguiente ecuación:

Ecuación 1 Disponibilidad

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

El índice de disponibilidad como performance o desempeño del equipo para cada ítem de operación eventual se calcula como la relación entre el tiempo total de operación eventual y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el período considerado.

- **Lean Manufacturing**

Según (Hernandez & Vizán, 2013) manifiestan que Lean Manufacturing “es una filosofía de trabajo, basada en definir la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios”. Según (Rajadell & Sánchez, 2010) manifiesta “que la clave del modelo está en generar una nueva cultura tendente a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación para lo cual se considera la comunicación entre directivos, supervisores y operadores”.

- **Etapas de la implantación de la Filosofía Lean**

Después de encontrar la baja disponibilidad de las perforadoras, se aplicó la metodología Lean. Para aplicar la metodología Lean Manufacturing se consideró una secuencia de 04 Etapas (Etapa de diagnóstico y formación, Etapa de determinación, Etapa de Implantación y Etapa de mejora continua) que permitió a la empresa MBC Drilling SAC, optimizar los tiempos con el apoyo de la Técnica del proyecto Lean Focus, basados en enfocar, operar, crear, utilizar y sostener que simplifican los principios Lean y permiten mejoras eficientes del proceso de Lean Manufacturing, siguiendo el siguiente procedimiento. Ver Figura 1.



Figura 1: Técnicas de la Metodología Lean Focus

Fuente: Hernández & Vizán (2013, p. 85)

(Hernandez & Vizán, 2013) manifiestan que se distinguen 4 etapas claves a la hora de implantar la metodología:

Etapas I. Diagnóstico y formación

La primera etapa consiste en analizar la situación inicial, buscando las causas de los desperdicios y problemas existentes. A través de la identificación del flujo de valor, detección de problemas y análisis de la causa raíz: Conocidos los problemas existentes se encontrará su causa para actuar sobre ella y no sobre el problema concreto. Considerando la Técnica Enfocar, para buscar las causas de los desperdicios y problemas de las máquinas perforadoras.

Etapas II. De determinación del estado futuro

En esta Etapa se busca definir el objetivo al que se quiere llegar tras la aplicación de Lean, con el apoyo de la Técnica Operar y del Diagrama “Ishikawa”.

Etapas III. De implantación

Esta etapa consiste en la aplicación de las actuaciones, es la etapa de ejecución. Se implantarán las acciones de eliminación de desperdicios y paralelamente se hará el seguimiento a los indicadores.

Etapas IV. De mejora continua

Esta etapa consiste en la aplicación continua de todas las nuevas ideas y sugerencias de mejora que vayan surgiendo no solo para seguir las actividades inicialmente lanzadas, sino para lanzar otras nuevas. En esta etapa se consideró el Flujo de valor.

- **Flujo de valor**

Según (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009), el Flujo de valor interrelaciona los procesos de una empresa y mide los tiempos que demora cada proceso que produce un servicio o producto que satisface a los clientes. El mapa de flujo de valor (VSM, por sus siglas en inglés)

es un tipo especial de herramienta de diagramas valiosa para el desarrollo de procesos esbeltos concernidos con Lean Manufacturing. De acuerdo con (Francés, 2001), Señala que “El Flujo de valor proporciona un modelo de aplicación general que permite representar de manera sistemática las actividades de cualquier organización, está conformada por una serie de etapas de agregación de valía, de aplicación general en los procesos productivos.

- **Las 5S**

Según (Hernandez & Vizán, 2013), manifiestan que la herramienta 5S corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo. Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad por lo que es la primera herramienta para implantar en toda empresa que aborde el Lean Manufacturing conceptualizándolos de la siguiente manera:

Clasificar y eliminar (Seiri)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no, así permite controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc.

Ordenar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial.

Limpieza e inspección (Seiso)

Significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos.

Estandarizar (Seiketsu)

Permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras S, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales.

Disciplina (Shitsuke)

Es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S.

- **Tipos de mantenimiento**

Según (Dixon, Duffuaa, & Raouf, 2006), menciona que los tipos de mantenimiento utilizan diferentes nombres o diferentes tipos, en esencia se puede decir que existen cuatro tipos de mantenimiento, que son:

Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos que son comunicados al departamento de mantenimiento.

Mantenimiento preventivo

Tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento predictivo

Técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Mantenimiento proactivo

Es una filosofía de mantenimiento, dirigida a la detección y corrección de las causas raíz que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria intentando maximizar su vida útil operativa.

2.3. Procedimiento

Para realizar el estudio de investigación consideramos los siguientes instrumentos para la obtención de información, de esta manera se logró evidenciar los principales problemas que afectan la disponibilidad de los equipos en el proceso de mantenimiento de la empresa MBC Drilling S.A.C

- **Guía de Entrevista**

Este instrumento permitió dialogar directamente con los operadores de equipo y personal de mantenimiento para obtener información sobre la disponibilidad de los equipos en meses anteriores. Así mismo sobre el mantenimiento de cada uno, por medio de un cuestionario referente a los tiempos de duración de cada mantenimiento, las fallas más comunes y tiempo de disponibilidad de las perforadoras.

- **Ficha de observación de mantenimiento.**

Este instrumento permitió obtener información sobre los requerimientos de repuestos, control de inventarios y procedimientos para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de las perforadoras. De esta manera poder programar la supervisión de estos.

- **Reportes de recopilación de información.**

Este instrumento permitió recoger información sobre las actividades de los operadores con las maquinas, es decir: fallas, tiempos muertos, horas de operatividad.

La recopilación de información se hizo:

- De los reportes diarios de perforación en los que se indicaba el porqué de las paralizaciones de cada máquina el tiempo y motivos de mantenimiento.
- En cada lista de comprobación de los equipos en el que también se detalla las fallas que presenta el equipo.
- De los informes de mantenimiento mecánico de cada equipo.
- De las encuestas realizadas a los perforistas y mecánicos.
- De las evaluaciones realizadas a los perforistas y ayudantes como operación de equipos.
- De la revisión de requerimientos de materiales y guías de remisión de llegada y salida.
- De las facturas de los materiales que se compran para reparación de equipos
- De los tareos (rol de guardias) de personal para evaluar cuantas personas trabajan en mantenimiento.
- De las capacitaciones realizadas a los operadores para una mejor operación de equipo.
- De la revisión de stock de materiales en almacén e inventarios.
- De la verificación en campo del mantenimiento realizado.

2.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD
Metodología Lean Manufacturing	Lean Manufacturing (en castellano “producción esbelta”) es un método que tiene como objetivo la eliminación del desperdicio o desperdicios entendiéndose estos como todas aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, Kaizen, heijunka y jidoka.)	Aplicación de la metodología Lean Manufacturing	Tiempo de profundidad de procesos (VSM)	Minutos
			Tiempos de espera de repuestos (ACR)	Minutos
			Tiempo de espera de mantenimiento (TPM)	Minutos
			Efecto de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing	Días
Mejora de la disponibilidad de perforadoras	Disponibilidad: confianza que se tiene de que un componente, equipo o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente en un tiempo dado	Disponibilidad antes de la aplicación Lean Manufacturing	$MTBF = \frac{\text{tiempo total disponible} - \text{tiempo perdido}}{\text{número de paradas}}$	Unidad
			$MTTR = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento correctivo}}{\text{Número de acciones de reparación}}$	Unidad
			$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Unidad
			Fallas más significativas	% Del total de fallas más significativas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Determinación de la disponibilidad antes de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.

Se encontró la disponibilidad de 05 perforadoras (muestras de estudio) antes de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing para lo cual, se consideró el número de correctivos de los meses de mayo a octubre del 2018, así como también la duración de estos.

Número de correctivos – ANTES de la metodología Lean Manufacturing

Tabla 4

Número de correctivos no programados, 2018

Eventos Perforadora - ANTES -2018		
Meses	Número de correctivos (Eventos)	Duración de correctivos (Horas)
May	48	199.74
Jun	42	161.13
Jul	36	138.85
Agos	41	146.90
Sep	35	114.74
Oct	40	133.60
TOTAL	242	894.96

Fuente: Logística Drilling, 2018

En la tabla 4, se aprecia el número de correctivos de cada perforadora del año 2018, encontrando un total de 242 correctivos en 894.96 horas de parada desde mayo a octubre de 2018, donde mayo presenta el mayor número de correctivos (48 horas).

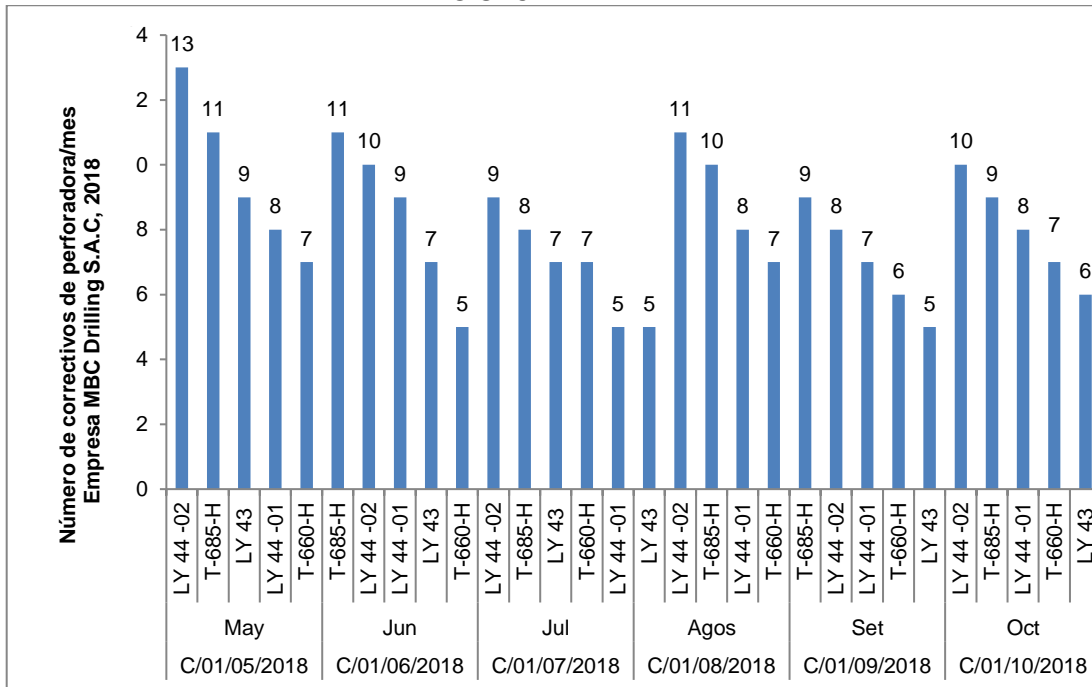


Figura 2: Número de correctivos de perforadora/mes, 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 2, se aprecia el número de correctivos de cada perforadora del año 2018 desde mayo a octubre de 2018, donde mayo presenta el mayor número de correctivos 13 eventos de la Perforadora LY 44-02 seguido de 11 eventos de las Perforadoras T-685-H en los meses de mayo y junio, LY 44-02 en el mes de agosto y 10 eventos correctivos de la perforadora LY 44-02 en el mes de junio, T-685-H en el mes de agosto y LY 44-02 en el mes de octubre.

- **Disponibilidad ANTES de la metodología Lean Manufacturing**

Después de analizar la situación actual de la duración de correctivos es decir las horas de parada, se analizó la disponibilidad del año 2018 de cada perforadora del Área de operaciones de la empresa MBC Drilling SAC como se detalla a continuación:

Tabla 5

Disponibilidad del año 2018 empresa MBC Drilling SAC

Mes	Días	Horas	T.		Paradas	MTBF	MTTR	Disponibilidad
			Total	T. perdido				
Mayo	22	24	528	199.74	48	6.84	4.16	62.17%
Junio	30	24	720	161.13	42	13.31	3.84	77.62%
Julio	31	24	744	138.85	36	16.81	3.86	81.34%
Agosto	31	24	744	146.90	41	14.56	3.58	80.26%
Septiembre	30	24	720	114.74	35	17.29	3.28	84.06%
Octubre	31	24	744	133.60	40	15.26	3.34	82.04%
Total	175	144	4200	894.96	242	17.36	3.70	77.92%

Fuente: Elaboración propia

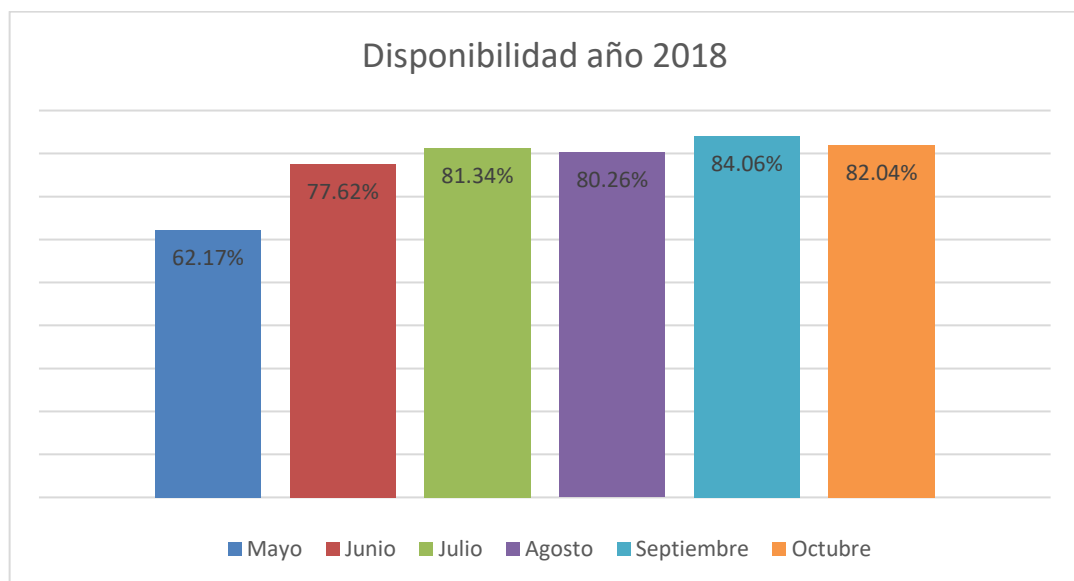


Figura 3: Disponibilidad antes de la metodología Lean Manufacturing

Fuente: *Logística Drilling, 2019*

En la figura 3, se manifiesta la disponibilidad promedio de equipos de perforación de la empresa MBC Drilling SAC de 77.92%, lo que explica el alto índice de fallas, hecho que afecta la producción de la empresa, siendo mayo, junio y agosto los meses de menor disponibilidad. Luego de encontrar la baja disponibilidad se procedió a verificar el porqué de esta, encontrando el porcentaje promedio de fallas más significativas por mes del año 2018, como se detalla:

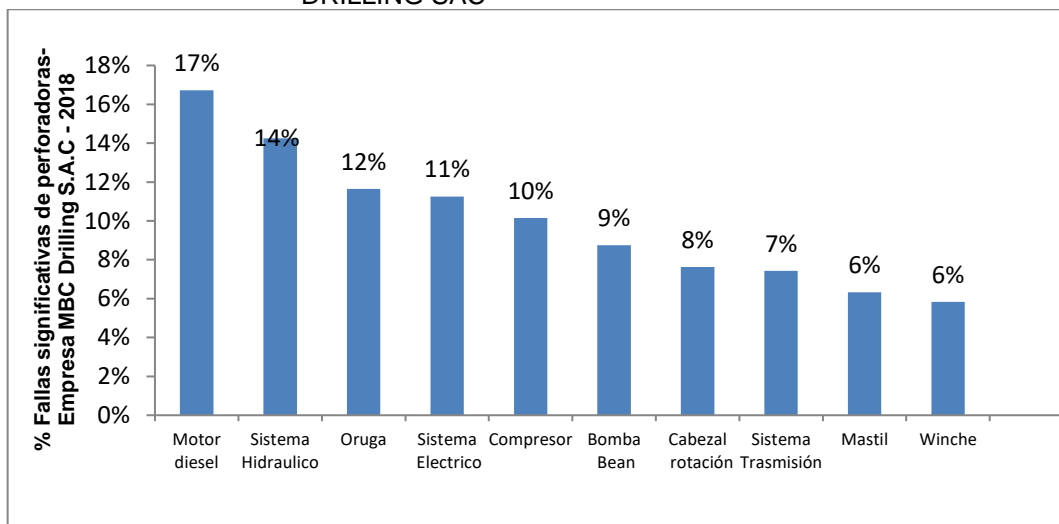


Figura 4: Fallas más significativas de perforadoras – 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 4 se aprecia que el mayor porcentaje de fallas significativas de las perforadoras se presenta en el Motor Diésel con 17%, seguido del Sistema Hidráulico con 14%, Oruga con 12% y el Sistema Eléctrico con 11%.

Para el análisis de cada código operativo se consideró el mayor porcentaje de horas acumuladas del promedio por mes de fallas significativas del 2018 de la empresa MBC Drilling SAC, como se detalla a continuación:

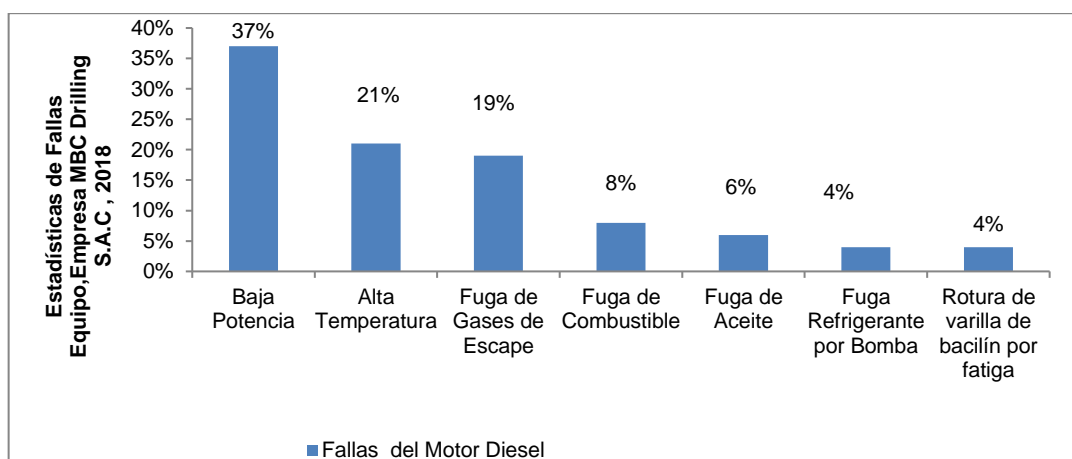


Figura 5: Fallas de Motor Diésel más significativas del 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 5 de Fallas de Motor Diésel más significativas del 2018, se manifiesta que son originadas por baja potencia con 37% seguida por alta temperatura 21% y por fuga de gases de escape un 19%.

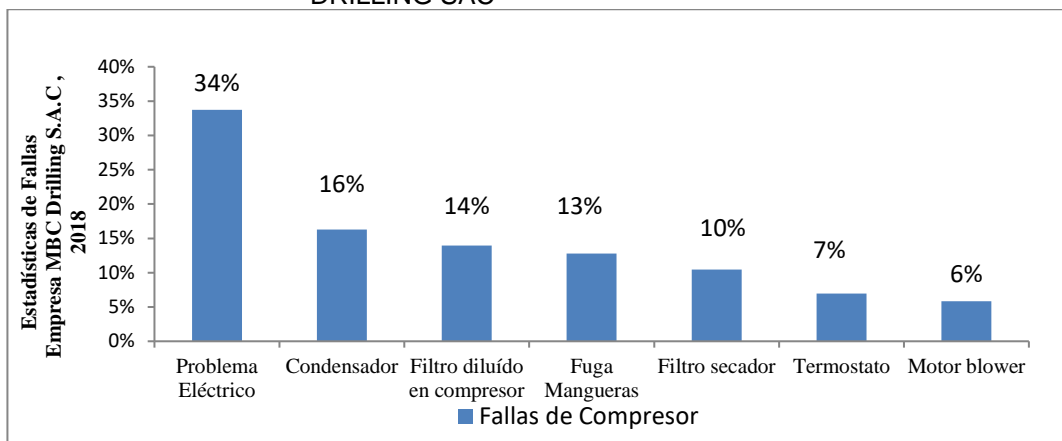


Figura 6: Fallas de Compresor – 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 6 de Fallas por Compresor del 2018, se aprecia un 34% por problemas eléctricos, por condensador 16% y por filtro diluido en compresor 14%.

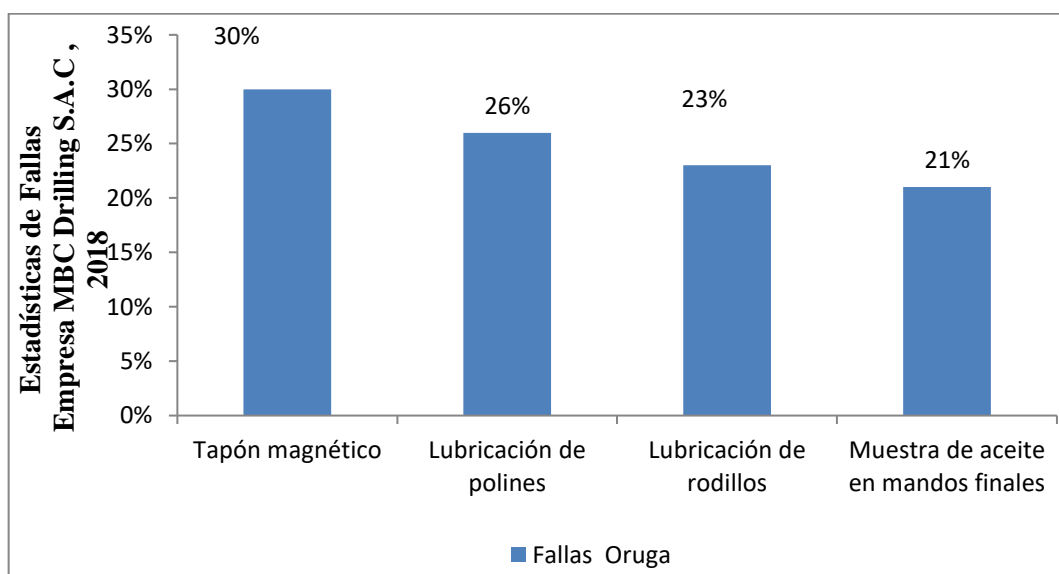


Figura 7: Fallas por Oruga – 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 7 de Fallas de Oruga del 2018, se tiene problemas por uso de tapón magnético con 30%, por lubricación de polines con 26% y por lubricación de rodillos un 23%.

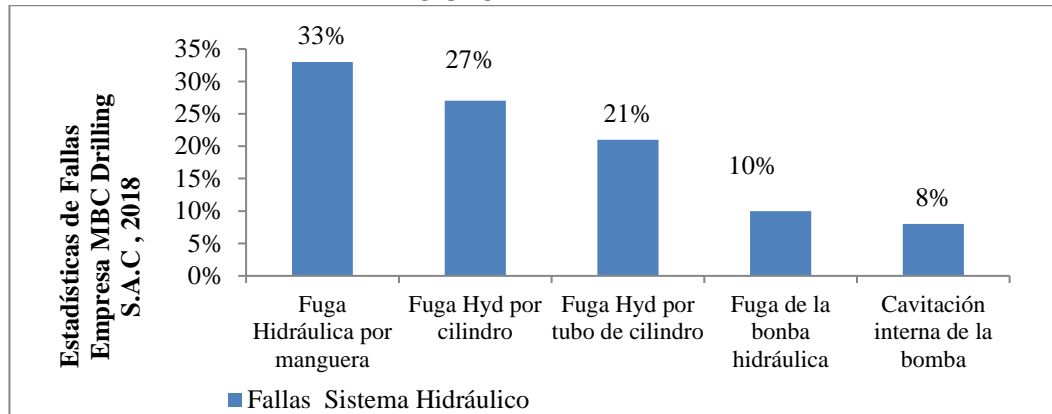


Figura 8: Fallas Sistema Hidráulico – 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 8 de Fallas por Sistema Hidráulico del 2018, se tiene por fuga hidráulica por manguera con 33 % seguida por fuga hidráulica por cilindro con 27 % y el 21% por fuga hidráulica por tubo de cilindro.

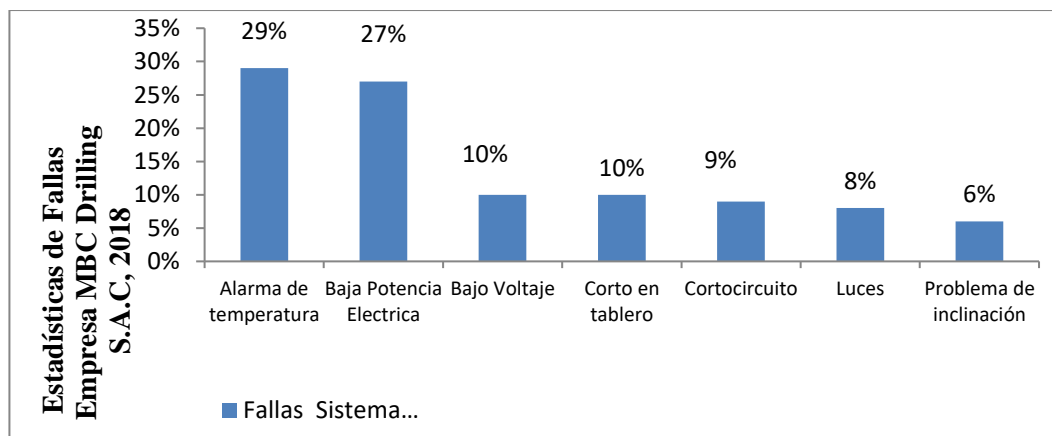


Figura 9: Fallas Sistema Eléctrico – 2018

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 9 de Fallas por Sistema Eléctrico, el mayor problema es por alarma de temperatura con 29%, por baja potencia eléctrica con 27% y por bajo voltaje con 10%.

3.2. Aplicación de la metodología Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras

Se aplicó la metodología Lean Six Sigma Green Belt considerando 04 Etapas: Etapa de diagnóstico y formación, Etapa de determinación, Etapa de Implantación y Etapa de mejora continua, que permitió a la empresa MBC Drilling SAC, optimizar los tiempos con el apoyo de Técnicas Lean Focus para incrementar la baja disponibilidad de las perforadoras y mejorar el proceso con la aplicación de la metodología Lean Manufacturing de cada etapa, siguiendo el siguiente procedimiento:

Tabla 6

Resultado de cada Etapa de la metodología Lean Manufacturing

Etapas	Clase	Técnica utilizada	Trabajo Realizado
Etapa I	Diagnóstico y formación	Enfocar	Se verificó el estado actual de las perforadoras Diamantina LY-43, LY-44-01 y LY-44-02 y Perforadoras RC SCH-01 y SCH-02. Se analizó información del Área de operaciones desde el mes de mayo a octubre del año 2018 de la empresa MBC Drilling SAC. Se determinó a qué se debe la baja de disponibilidad de las perforadoras con el apoyo del Diagrama Ishikawa.
Etapa II	Determinación del estado futuro	Operar	Se elaboró y analizó el Mapa de Flujo de Valor Actual y el Mapa de Procesos Actual de la empresa MBC Drilling SAC, así como el plan de implantación de las 5S.
Etapa III	De Implantación	Crear	Se trabajó con la Técnica Crear, se analizó la Causa Raíz, Árbol de Lógico, Matriz de eliminación de causa raíces, así como la implementación de las mejoras; se elaboró, analizó el Mapa de Flujo de Valor, el mapa de procesos para aplicar de la metodología Lean Manufacturing de la empresa MBC Drilling SAC.
Etapa IV	Mejora continua	Utilizar y sostener	En esta Etapa de mejora continua, se consideró las técnicas Utilizar y Sostener de acuerdo con el proceso analizado, en base al estado del mantenimiento programado de cada perforadora. Se redujo los tiempos de mantenimiento preventivo como se muestra en el Mapa del estado futuro de la Flujo de Valor, 2019.

Fuente: Elaboración propia

En la Etapa I del Diagnóstico y formación

Se consideró la situación actual del mantenimiento de las perforadoras:

- Los trabajos realizados según contrato se deben ejecutar dentro de 15 días calendarios desde la suscripción del contrato hasta la entrega del servicio a tiempo para la satisfacción del cliente. Por lo que, la empresa MBC Drilling SAC deberá conocer zonas aledañas, condiciones locales (altitud, ubicación, condiciones de terreno: geológicas, climáticas, geográficas, facilidades de transporte, estado de las carreteras, etc.)
- Además de cumplir reglamentos internos de la empresa que significa pérdida de tiempo, como por ejemplo para efectuar un simple cambio de repuestos se tiene que respetar procedimientos de la empresa minera El Brocal considerados por el Área de Ingeniería y Planeamiento, con autorización y/o supervisión del Área de Seguridad y Salud Ocupacional de minera.

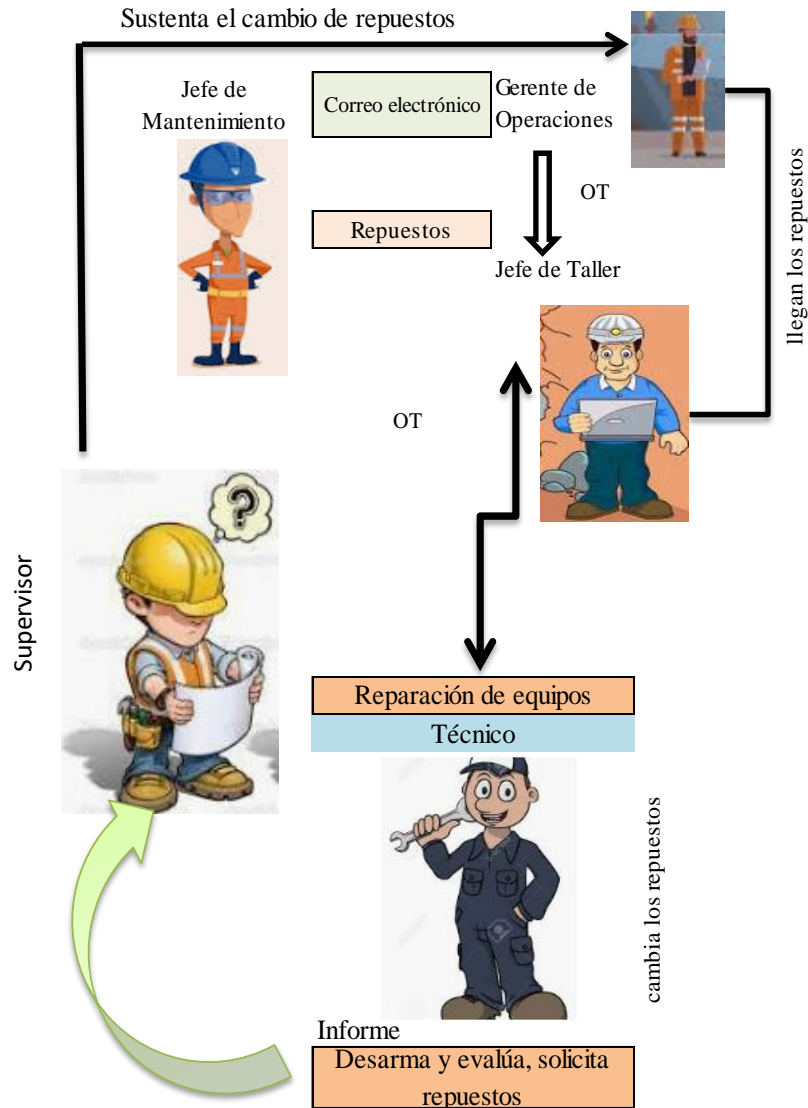


Figura 10: Pedido de repuestos en el Área de operaciones, 2019
 Fuente: Taller Drilling, 2019

Así como también se evaluó que existen desperdicios por:

- Escasa coordinación para realizar los mantenimientos correctivos programados.
- Los operadores no conocen las especificaciones técnicas de las perforadoras de acuerdo con su actualización.
- Escasa coordinación con Jefes de Operaciones y Mantenimiento.
- No se cumple las actividades programas de mantenimiento preventivo de perforadoras.

Se analizaron los informes de mantenimiento de cada perforadora determinando las posibles causas que genera la baja disponibilidad, por lo que se elaboró el Diagrama de Ishikawa. Así como también, se analizó el tiempo promedio de transportar una perforadora de una zona a otra para realizar un mantenimiento preventivo, hecho que genera un tiempo promedio de todo el proceso desde el traslado de la perforadora hasta la realización del informe al Jefe de Mantenimiento.

La responsabilidad de la atención de la perforadora recae en el Gerente de Operaciones que es el encargado de hacer seguimiento de todos los trabajos de cada equipo.

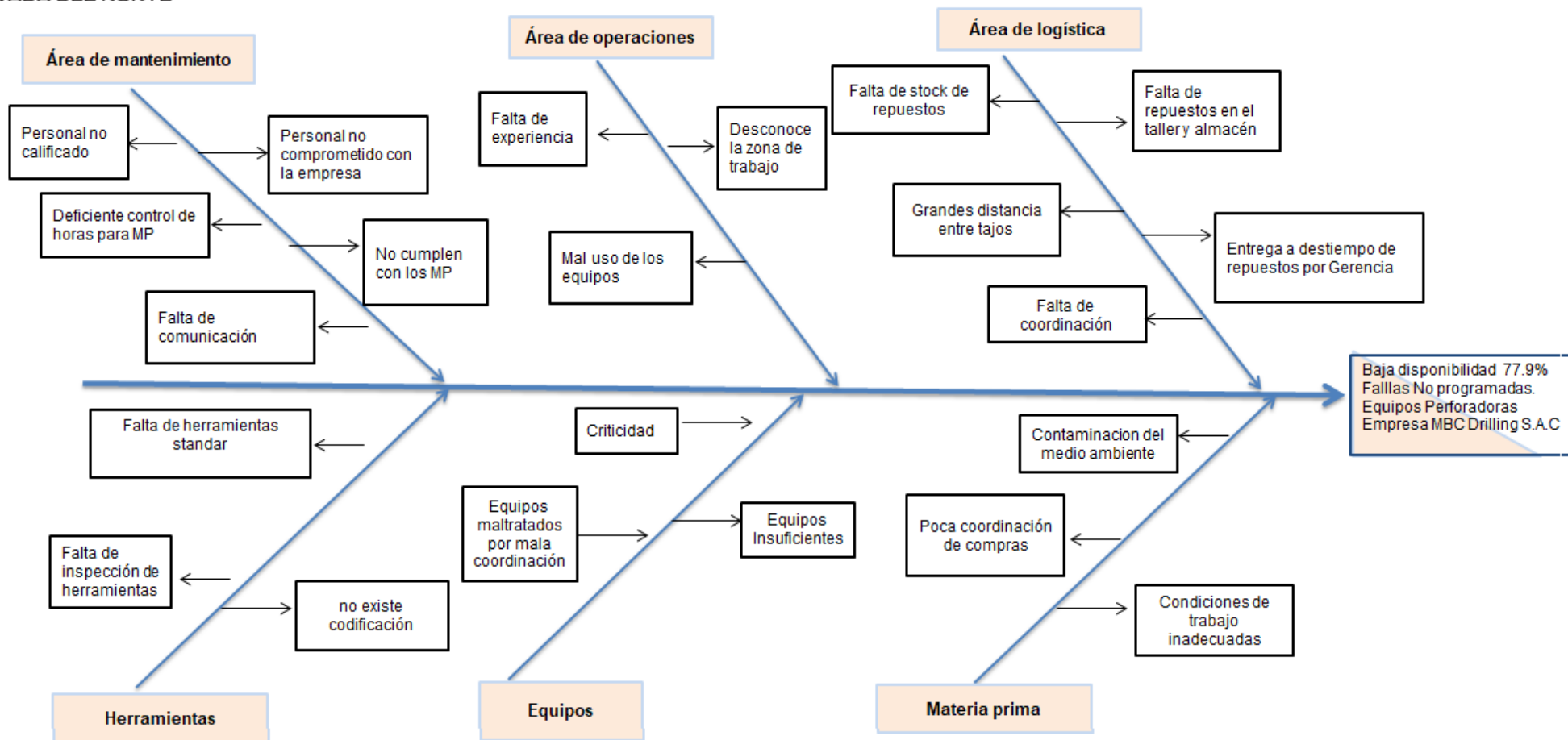


Figura 11: Diagrama de Ishikawa
 Fuente: Elaboración propia

En la Etapa II de Determinación del estado futuro

Se consideró en esta Etapa la Técnica Operar, analizando la Flujo de valor del año 2018, en lo que podemos apreciar que el tiempo obtenido de la actividad de valor es de 1260 minutos y 170 minutos de tiempo de la Actividad de No Valor creando un tiempo total de 1430 minutos. Se elaboró el mapa de procesos donde se aprecia que inicia con las necesidades del cliente (Cliente - Proyecto) el cual solicita un pozo de perforación de 180 a 230 m. en diamantina siguiendo consecutivamente los procesos descritos. Se detalla el mapa de procesos ANTES de la empresa MBC Drilling SAC.

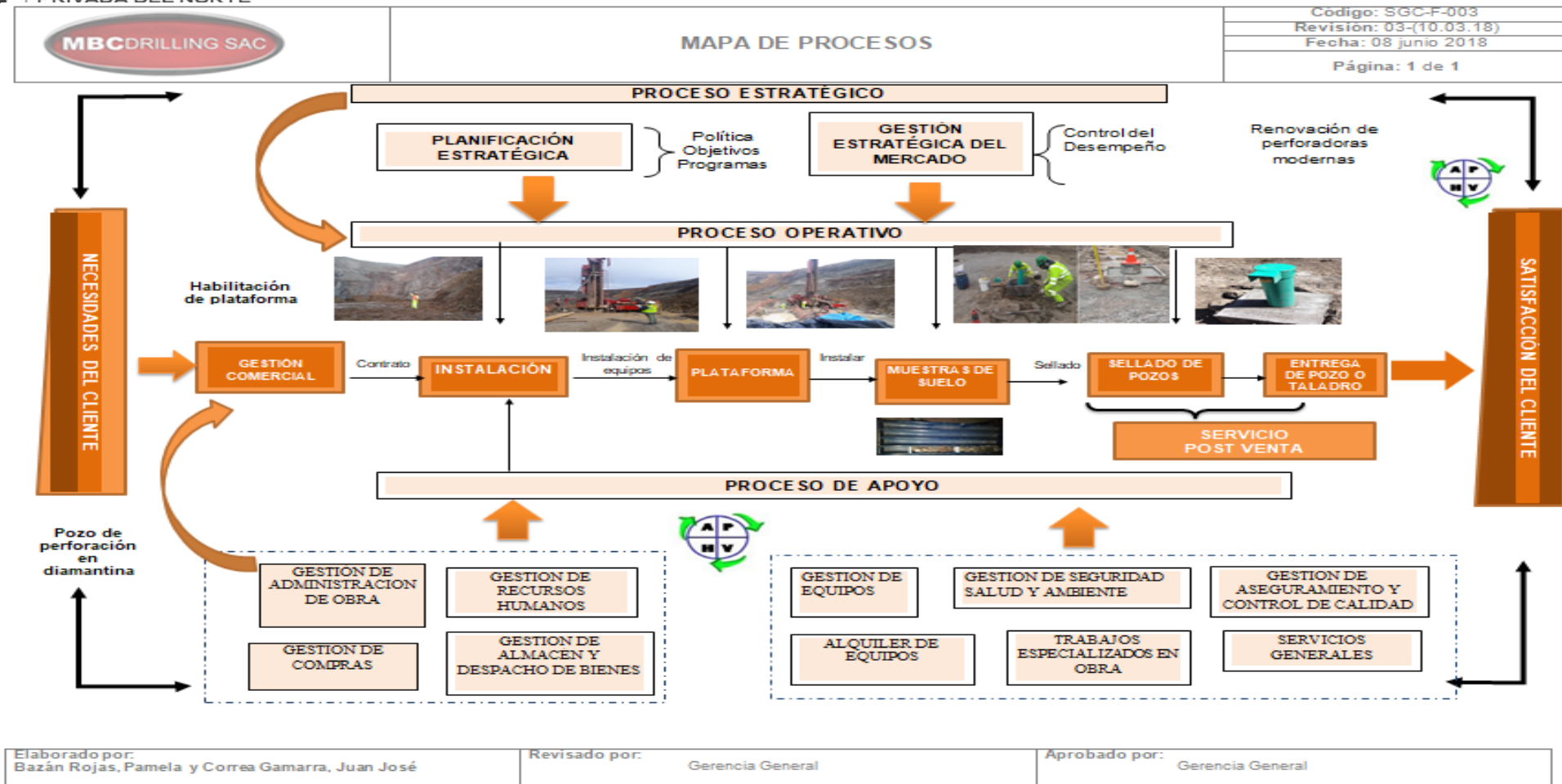


Figura 12: Mapa de Procesos ANTES, 2018

Fuente: Elaboración propia

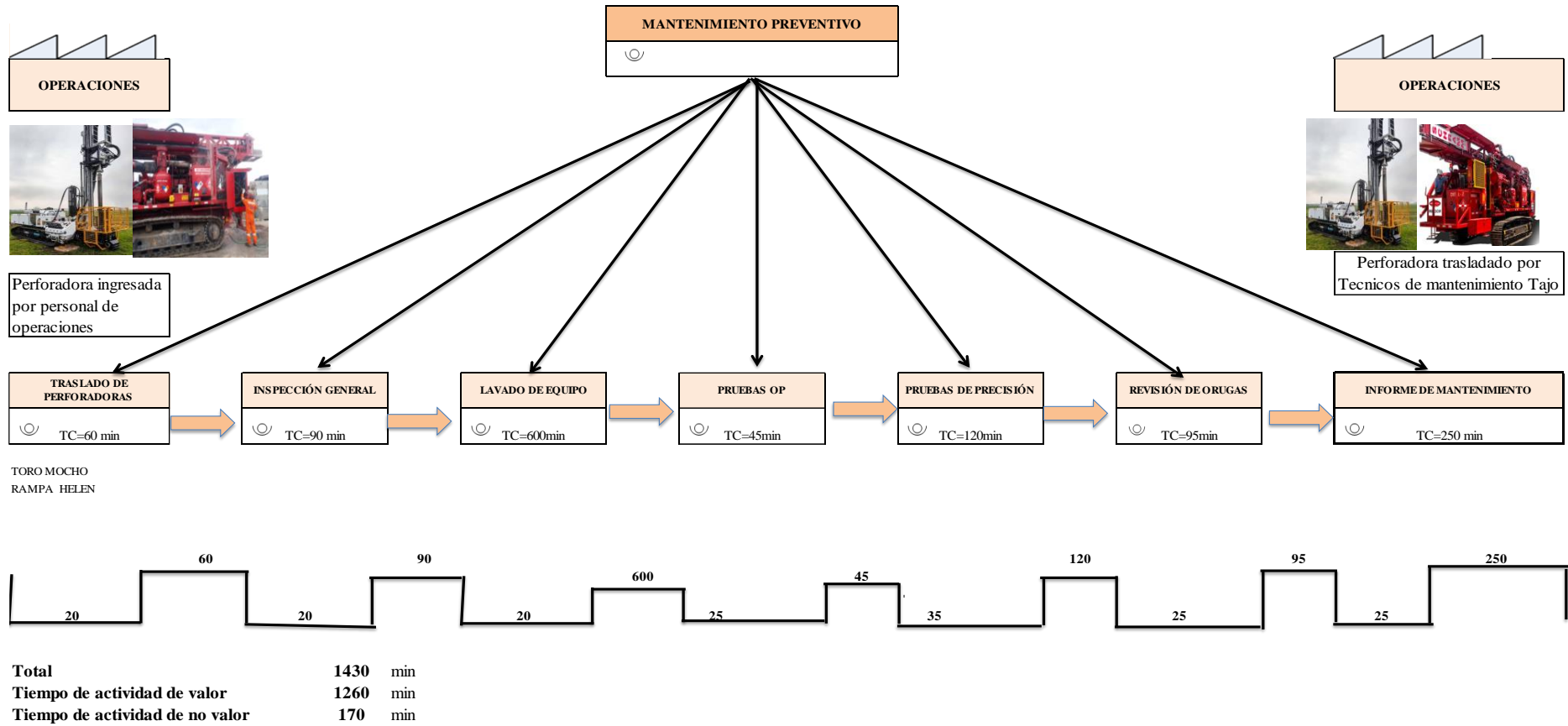


Figura 13: Mapa de Flujo de Valor, 2018
Fuente: Elaboración propia

Se implementó las 5S en el Taller de Mantenimiento PM- Tajo Norte y 1 taladro vertical. Se cumplió cinco etapas de la implementación de las 5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y mantener), se realizó un plan de implementación programado en 17 días en un tiempo proyectado para cada máquina perforadora de acuerdo al modo de falla más significativo encontrado, las fotos recolectadas son evidencia de cómo se encuentran el taller de mantenimiento determinando que el objetivo primordial es que con la ayuda de las 5S se obtenga mejoras en la reducción de tiempo y que las perforadoras estén disponible para brindar un mejor servicio al cliente.

Tabla 7

Plan de Implementación de las 5S

Nombre de la Tarea	Duración	Empresa Drilling SAC Mes: Setiembre - 2019																
Plan de implementación	17 días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Seiri Clasificar	1 día	x																
Seiton Ordenar	1 día		x															
Seiso Limpiar	1 día			x														
Seiketsu Estandarizar	4 días				x	x	x	x										
Shitsuke Disciplina	10 días								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia

- **Seiri (Clasificar):**

Para este propósito se contó con el compromiso del Jefe de Mantenimiento, se seleccionó el lugar de Toro Mocho y/o Rampa Helen para el Taller de mantenimiento. Luego se retiró todos los accesorios innecesarios para las operaciones de mantenimiento, se reubicaron las herramientas acordes a los trabajos diarios de los operadores. Finalmente se elaboró un inventario de los materiales para su clasificación final.



Figura 14: Clasificación de elementos necesarios
 Fuente: Elaboración propia

- Seiton (Ordenar):**

Para ordenar las herramientas se colocaron en lugares visibles para utilizarlos con más disposición de manera que se puedan encontrar más rápido y en su lugar se ordenó los estantes de la oficina, siguiendo los siguientes criterios:

Tabla 8

Orden y estandarización

Orden y estandarización
1. Ubicación de los elementos
2. Control visual
3. Ubicación por orden de prioridad

Fuente: Elaboración propia

Se ordenó el lugar de trabajo considerando los materiales necesarios de tal manera que después de utilizarlos se los pueda regresar al lugar donde se los encontró, esto nos permitirá la ubicación rápida de documentos que por ende mejorará la imagen de la oficina o área organizada como se detalla en la siguiente figura:



Figura 15: Ubicación de los elementos necesarios

Fuente: Elaboración propia

- **Seiso (limpieza):**

Se aplicó y verificó que los elementos de trabajo, las máquinas y espacios se encuentren limpios, se encontró elementos sin registro que se hallaban ocultos por el desorden y la suciedad. Se logró reducir los costes por daño de materiales y equipos, los riesgos de accidentes, mejoró el ambiente laboral y se ahorró tiempo, cumpliendo los siguientes criterios:

Tabla 9

Campaña de limpieza

Campaña de limpieza
1. Programación del horario de la limpieza
2. Preparar elementos para limpieza
3. Implantación de la limpieza
4. Revisar los ambientes después de la limpieza

Fuente: Elaboración propia

Se limpió las máquinas perforadoras, se verificó que no exista algún elemento extraño dentro de los filtros de aire, como se aprecia en la siguiente figura:



Figura 16: Orden y limpieza de la maquinaria
Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Orden y limpieza del taller de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

- **Seiketsu (Estandarizar):**

Se aplicó los tres pasos anteriores con el uso de los criterios utilizados en cada etapa, la que nos ayudó a identificar algunos modos de falla. Este proceso ayudó a que se mantengan y se practiquen siempre las primeras 3S, en base a los siguientes criterios:

Tabla 10
Estandarización

Estandarización
1. Asignar trabajos y responsabilidades
2. Integrar acciones de clasificar, ordenar y limpiar
3. Cumplir el nivel de mantenimiento de los tres pilares

Fuente: Elaboración propia

Se asignó responsabilidades a los técnicos del taller de mantenimiento se transmitió a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares y crear los hábitos de orden y la limpieza, como se aprecia en la siguiente figura:



Figura 18: Estandarización de los elementos

Fuente: Elaboración propia

- **Shitsuke (Disciplina):**

Se concientizó en la práctica de la disciplina a los operadores y técnicos en mantenimiento de la empresa MBC Drilling S.A.C creando el hábito de respetar y utilizar correctamente las etapas. Se estableció una cultura de sensibilidad y cuidado de los recursos de la empresa y respeto entre los colaboradores, se eliminó los desperdicios que no aportan valor a la empresa siguiendo los criterios:

Tabla 11
Disciplina

Disciplina
1. Formación
2. Control
3. Seguridad
4. Respeto

Fuente: Elaboración propia

Se creó una cultura de sensibilidad y cuidado de los recursos de la empresa en los operarios y técnicos, como se aprecia en la siguiente figura:



Figura 19: Etapa de disciplina - cultura de sensibilidad
Fuente: Elaboración propia

En la Etapa III de Implantación

En esta etapa se consideró la Técnica Crear

- **Técnica Crear:**

Se analizó la Causa Raíz en base a hipótesis de cada modo de falla significativo e implementación de mejoras, como se detalla:

- El Análisis de Causa Raíz (ACR) se utilizó para investigar la baja disponibilidad de 77.92% de las perforadoras. Este análisis nos permitió buscar soluciones para incrementar la baja disponibilidad de las perforadoras.
- Identificación de causas principales de la baja disponibilidad de las perforadoras:

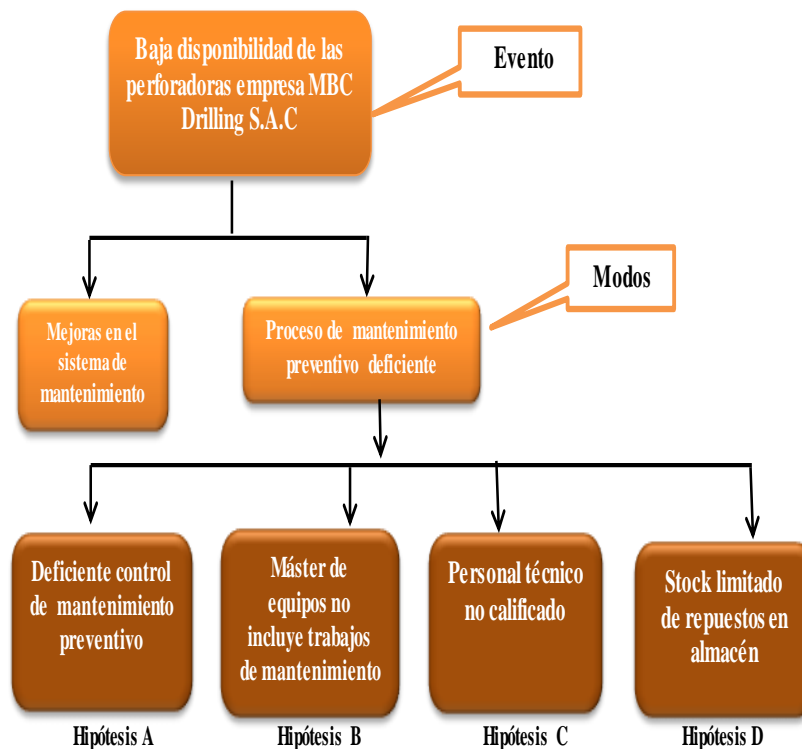


Figura 20: Causas de baja disponibilidad de perforadoras

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 20, se encuentran 04 principales causas validadas por 04 Hipótesis (A, B, C, y D).

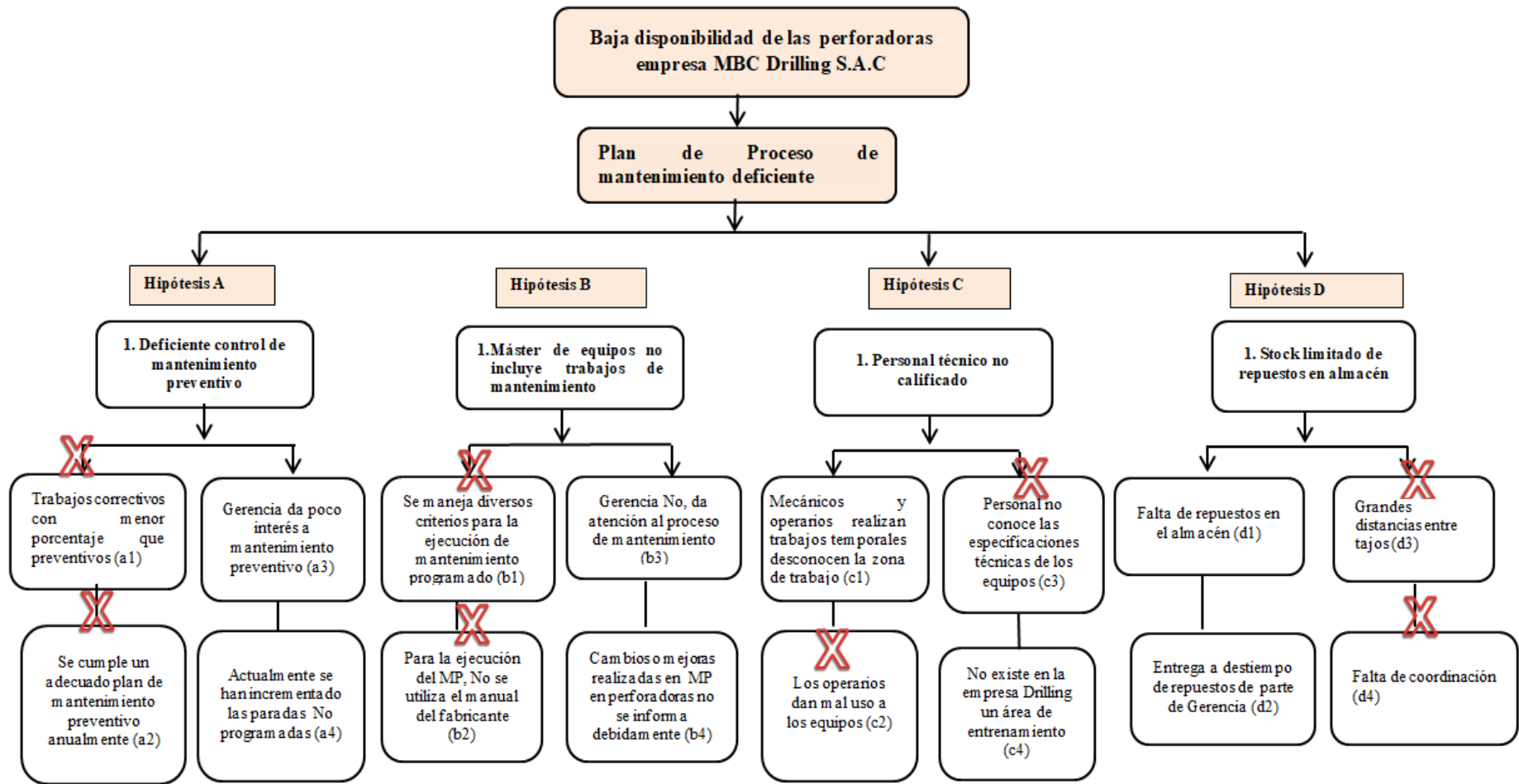


Figura 21: Árbol lógico de posibles causas de baja disponibilidad

Fuente: Elaboración propia

Matriz de acción para eliminar las Causas Raíces				
Resumen de las causas raíces que originan fallas en la maquinaria perforadoras.	Plan de acción para eliminar causas raíces	Verificación/Hipótesis	Responsable	Costo
(1) Si es causa raíz; Gerencia da poco interés a mantenimiento preventivo, solo se enfoca a mantenimientos correctivos en todos los talleres de la empresa.	Se comunicó a Gerencia que es necesario cumplir con el mantenimiento preventivo de todos los equipos para anticipar, prevenir, corregir o detectar la falla.	A1-a1	Yacolca Arnold	\$ 0
		A1-a2		
		A1-a3		
(2) Si es causa raíz; Actualmente se han incrementado las paradas No programadas.	La empresa MBC Drilling SAC, verificó que el año 2018, las horas de parada no programada fueron 894 horas en 242 eventos correctivos, considerando una menor disponibilidad de 76.3%.	A1-a4		
(3) Si es causa raíz; Al no figurar en el Máster de equipos. No se refleja los cambios o mejoras realizadas en MP, sobre todo en personal que cambia de turno y trabaja en el Máster de equipos que es la data general.	Se implementó en el Máster de equipos los mantenimientos programados de las 05 perforadoras, para determinar la carga de trabajo que es necesario programar semanal programado por el tiempo de operación.	B1-b1	Yacolca Arnold	\$ 0
		B1-b2		
		B1-b3		
		B1-b4		
(4) Si es causa raíz; Mecánicos y operarios realizan trabajos temporales desconocen la zona de trabajo, o muchas veces ya no los contratan, no existe estabilidad laboral.	Se comunicó a Gerencia que la mayor parte de operarios son contratados menos de 3 meses, no tienen estabilidad laboral, menos experiencia, por lo que debe de contratar a personal con experiencia y extender su contrato por más de 6 meses.	C1-c1	Yacolca Arnold	\$ 0
		C1-c2		
		C1-c3		
(5) Si es causa raíz; No existe un área de entrenamiento por lo que no podrá contar con personal calificado y capacitado.	Se propuso capacitación del personal de mantenimiento para mejorar el desempeño en las tareas relacionadas al sistema preventivo.	C1-c4		
(6) Si es causa raíz; Stock de repuestos limitados en almacén que ocasiona reprogramación de trabajos, provoca demoras innecesarias.	Se solicitó al proveedor contar con un stock fijo de repuestos según modelo de cada máquina perforadora.	D1-d1	Yacolca Arnold	\$ 0
		D1-d2		
(7) Si es causa raíz; Entrega a destiempo de repuestos de parte de Gerencia, lo que demora el mantenimiento ocasionando mayor número de horas de paradas.	Se recomendó a Gerencia dar prioridad a la entrega de repuestos y considerar la distancia del tajo. Para que no impida el mantenimiento de la máquina perforadora.	D1-d3		
		D1-d4		

Figura 22: Matriz de acción para eliminar las Causas Raíz

Fuente: Elaboración propia

Después de elaborar el plan de acción se realizó la implementación de mejoras.

- **Implementación de las mejoras**

Después de realizar el análisis de las causas raíz, se procedió a implementar las mejoras por cada una de ellas, como se especifica:

Tabla 12

Implementación de las mejoras

Causa Raíz	Implementación de mejoras	Mejora para implementar
Primera causa raíz	Al no dar importancia al mantenimiento preventivo, originó problemas en la calidad de vida de la perforadora.	<p>Cumplir con la programación anual para mantenimiento preventivo.</p> <p>Inspeccionar las perforadoras antes que llegue a la obra para operar.</p> <p>El personal de mantenimiento registró todos los fallos sin omitir ninguno para no invalidar el historial.</p> <p>Se debe contratar a un responsable de integración del proceso, a un Supervisor y a un Coordinador en el área de mantenimiento.</p>
Segunda causa raíz	Incremento de las paradas programadas.	<p>Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo para reducir la duración de mantenimientos correctivos.</p>
Tercera causa raíz	Al no figurar en el Máster de equipos, no se optimizó los tiempos, así como no se realizó un buen control de las perforadoras.	Se implementó en el Máster de equipos los mantenimientos programados de las 05 perforadoras, para determinar la inspección, mantenimiento y corrección.
Cuarta causa raíz	Mecánicos y operarios realizan trabajos temporales desconocen la zona de trabajo, o muchas veces ya no los contratan, no existe estabilidad laboral.	Se comunicó a Gerencia que la mayor parte de operarios son contratados menos de 3 meses, sin experiencia, por lo que se debe de contratar a personal con experiencia con un contrato por más de seis (06) meses.
Quinta causa raíz:	No existe un área de entrenamiento por lo que no podrá contar con personal calificado y capacitado.	<p>Se propuso capacitación del personal de mantenimiento para mejorar el desempeño en las tareas relacionadas al sistema preventivo.</p> <p>Contratar un instructor de entrenamiento.</p>

Sexta causa raíz:	Stock de repuestos limitados en almacén que ocasiona reprogramación de trabajos, provoca demoras innecesarias.	Se solicitó al proveedor contar con un Stock fijo de repuestos según modelo de cada perforadora
Sétima causa raíz:	Entrega a destiempo de repuestos de parte de Gerencia, lo que demora el mantenimiento ocasionando mayor duración de correctivos.	Se recomendó a Gerencia dar prioridad en la entrega de repuestos y considerar la distancia del tajo. Para que no impida el mantenimiento de las perforadoras.

Fuente: Elaboración propia

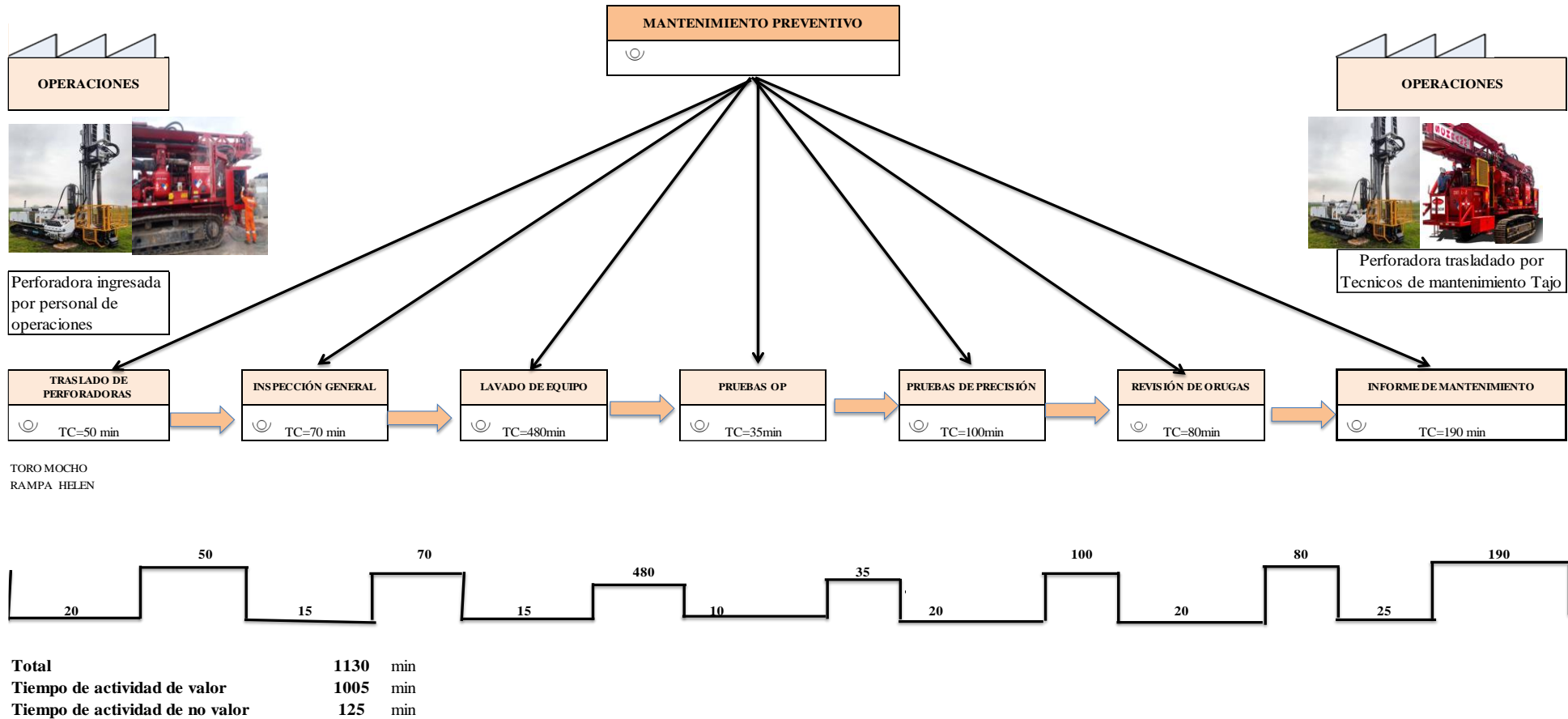


Figura 23: Mapa del estado futuro de Flujo de Valor (Después), 2019

Fuente: Elaboración propia

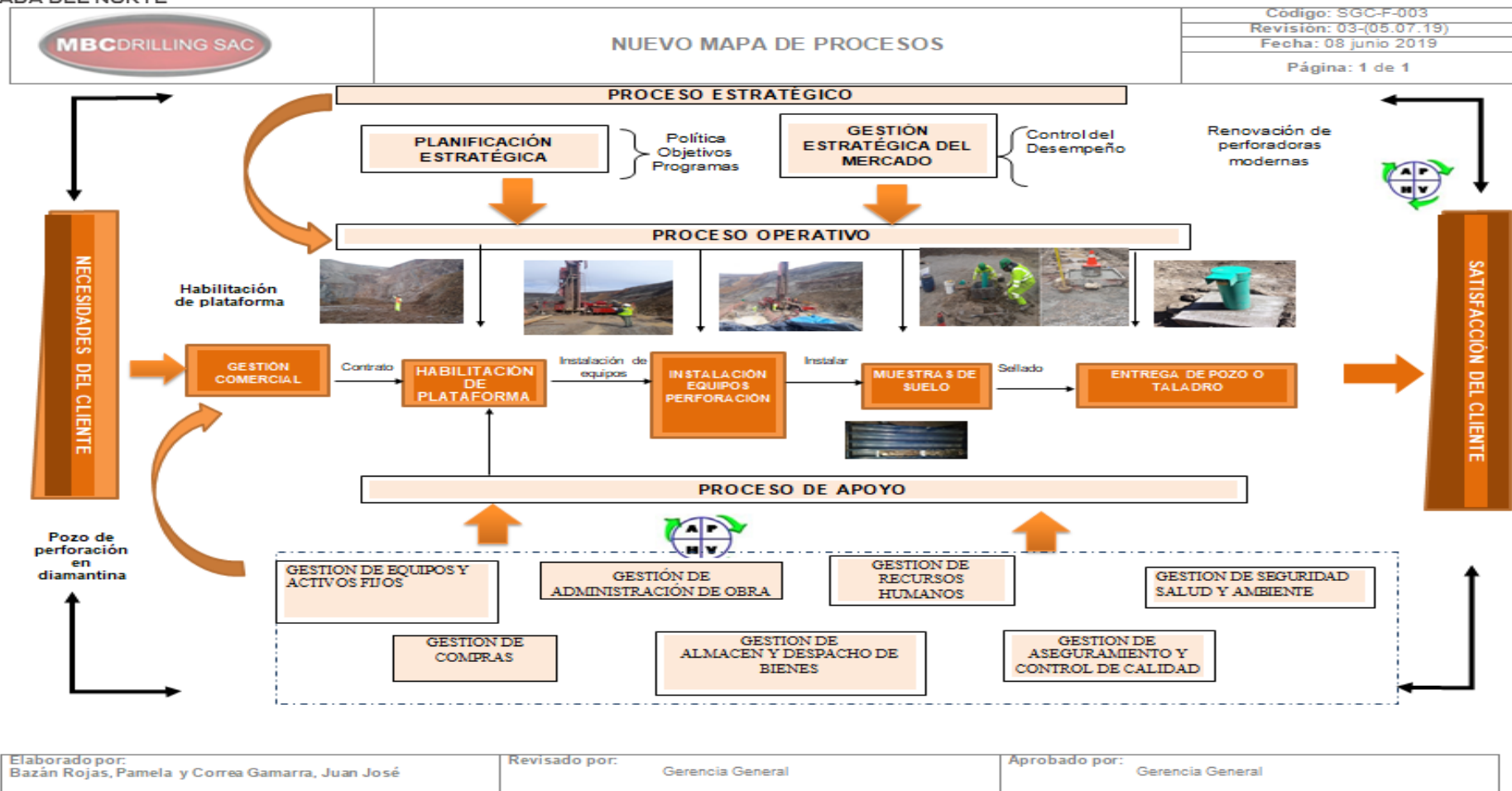


Figura 24: Nuevo Mapa de Procesos - 2019

Fuente: Elaboración propia

Según el nuevo Mapa de Procesos, se da inicio con el Cliente (Necesidades del cliente – Proyecto) el cual solicita trabajos de Perforaciones Hidrogeológicas de Pozos, después ingresa al Proceso Operativo donde se resume el proceso en 5 actividades principales: Gestión comercial, habilitación de plataforma, instalación de equipos de perforación, muestras de suelo y entrega de pozo o taladro, estos procesos deberían de realizarse en su tiempo previsto menor a 15 días para lograr la satisfacción del cliente. Continuo a este proceso se observa las áreas del Proceso de Apoyo que brinda soporte en gestión de calidad al Proceso Operacional reduciendo de 10 a 07 áreas de gestión (Equipos, Compras, Administración de obra, Recursos Humanos, Seguridad, Salud y medio ambiente, almacenamiento y control de la calidad). Finalmente, el Proceso Estratégico donde se sitúa la Planificación y Gestión Estratégica de Mercado.

Etapas IV de Mejora continua

En esta Etapa de mejora continua, se utilizó las técnicas Utilizar y Sostener para incrementar la disponibilidad de las perforadoras como se detalla:

- **Técnica Utilizar y sostener:**

Después de implementar las mejoras se redujo los tiempos de mantenimiento preventivo como se muestra en el mapa del estado futuro de flujo de Valor, 2019 por lo que, se detalla el resultado de flujo de valor antes y después:

Tabla 13

Resultado de Flujo de valor Antes y Después

Tiempo	Flujo de valor “Antes” (min)	Mejora Actual (%)	Flujo de valor “Después” (min)	Mejora Después (%)
Tiempo de actividad de Valor	1260	88%	1005	89%
Tiempo de actividad de No Valor	170	12%	125	11%
Tiempo Total	1430	100%	1130	100%

Fuente: Elaboración propia

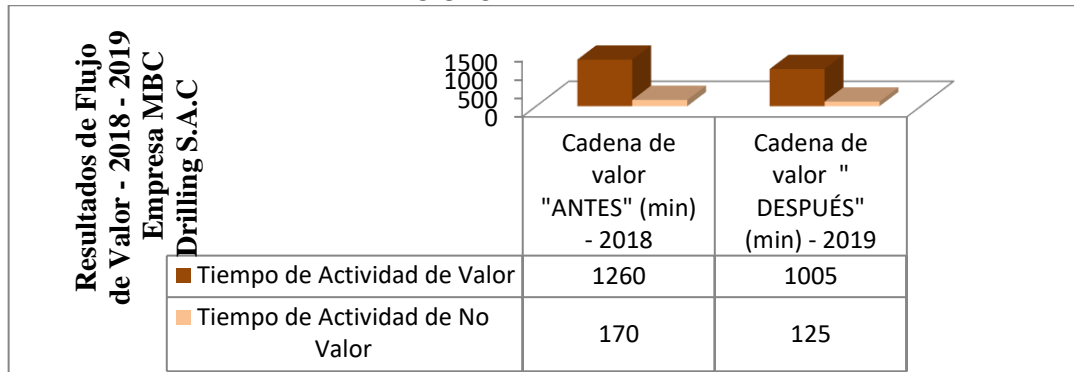


Figura 25: Resultados del Flujo de valor Antes y Después

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 de resultado del Flujo de Valor Antes y Después se observa que el tiempo de Actividad de No Valor – DESPUÉS a disminuido en 45 minutos con respecto a la Actividad de No Valor – ANTES, así como también se aprecia que algunas actividades de proceso de mantenimiento se mantienen fijas por ser actividades importantes de rutina y el tiempo de Actividad de Valor – DESPUÉS a disminuido en 55 minutos con respecto a la Actividad de Valor – ANTES. Por ende, se consideró la mejor manera de optimizar los tiempos en el proceso a ejecutar en el taller de mantenimiento de la empresa MBC Drilling SAC.

Incidir en la importancia del espíritu de mejora continua, factor humano, formación y en la utilización del control visual y estandarización como pilares básicos en la hoja de ruta de una implantación Lean. (Hernandez & Vizán, 2013)

3.3. Determinación de la disponibilidad después de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C.

Después de aplicar la metodología Lean Manufacturing y corregir las causas de la baja disponibilidad de las 05 perforadoras, disminuyó el número de correctivos de mayo a octubre de 2019, así como también la duración de horas de parada de cada perforadora, como se detalla en la siguiente tabla:

Número de correctivos - DESPUÉS

Tabla 14

Número de Correctivos no programados 2019

Eventos Perforadora - DESPUÉS -2019		
Meses	Número de correctivos (Eventos)	Duración de correctivos (Horas)
May	24	103.4
Jun	24	84.8
Jul	20	94.2
Ago	23	134.8
Sep	18	117.3
Oct	21	107.8
Total	130	642.2

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la tabla 14, se aprecia la disminución del número de correctivos de cada perforadora del año 2019 encontrando un total de 130 correctivos en 642.18 horas de parada desde mayo a octubre de 2019 donde mayo y junio presentan 24 correctivos, agosto 23 correctivos y 21 correctivos del mes de octubre.

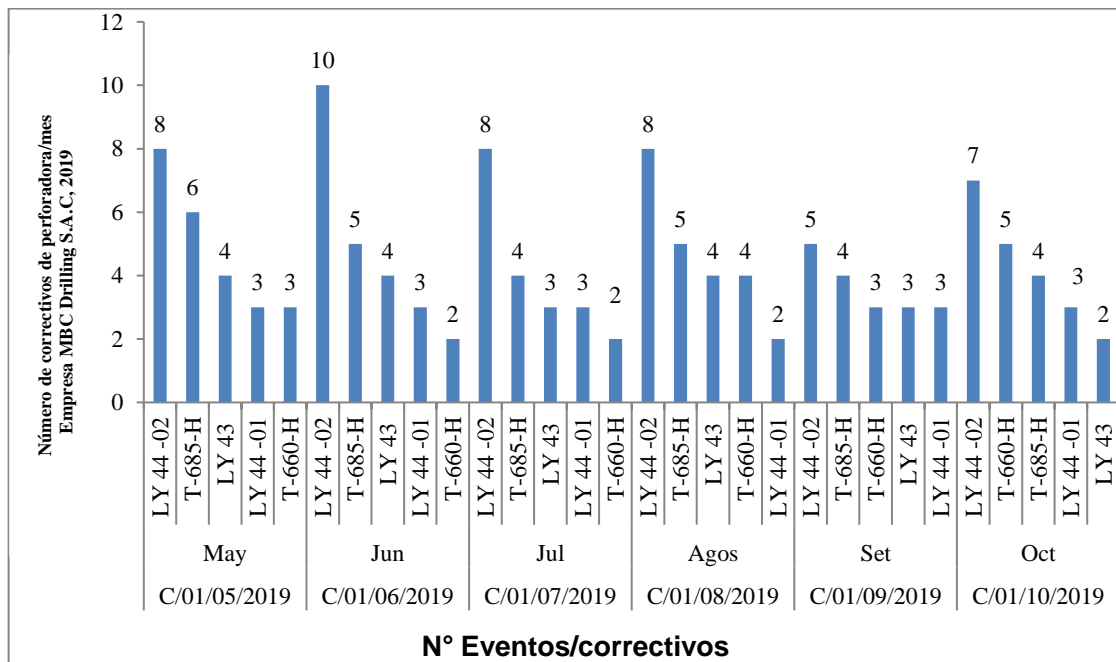


Figura 26: Número de correctivos de perforadora/mes, 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 26, se aprecia que el mayor número de correctivos del 2019 es junio con 10 correctivos y 08 correctivos en los meses de mayo, julio y agosto verificando que disminuyó con respecto al año 2018.

Disponibilidad después de las perforadoras

Después de aplicar la metodología Lean Manufacturing se aprecia el incremento de la disponibilidad de cada perforadora de la empresa MBC Drilling SAC asignadas al Área de Ingeniería y Planeamiento de Minera El Brocal de mayo a octubre del año 2019 como se detalla:

Tabla 15

Disponibilidad Después – 2019 empresa MBC Drilling SAC

Mes	Días	Horas	T. Total	T. perdido	Paradas	MTBF	MTTR	Disponibilidad
Mayo	22	24	528	103.37	24	17.69	4.31	80.42%
Junio	30	24	720	84.78	24	26.47	3.53	88.23%
Julio	31	24	744	94.22	20	32.49	4.71	87.34%
Agosto	31	24	744	134.78	23	26.49	5.86	81.88%
Septiembre	30	24	720	117.25	18	33.49	6.51	83.72%
Octubre	31	24	744	107.78	21	30.30	5.13	85.51%
Total	175	144	4200	642.18	130	32.31	4.94	84.52%

Fuente: Elaboración propia

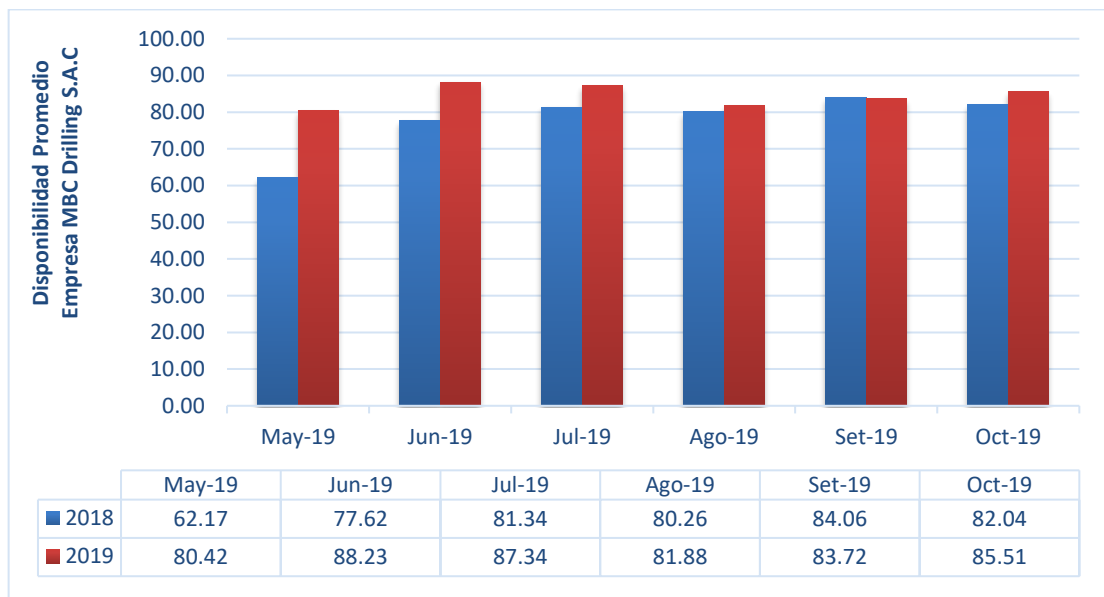


Figura 27: Disponibilidad Después Metodología Lean Manufacturing

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 27, se evaluó la disponibilidad de mayo a octubre del 2019 de las perforadoras del Área de operaciones de la empresa MBC Drilling SAC, se aprecia una mejora de 6.6% con respecto al año 2018 que se obtuvo un promedio de 84.52%.

Disminuyó la duración de correctivos de 894.96 horas de parada del año 2018 a 642.18 horas de parada del año 2019, reduciendo 252.78 horas de parada. Luego se verificó la reducción de Fallas más significativas del año 2019 como se detalla:

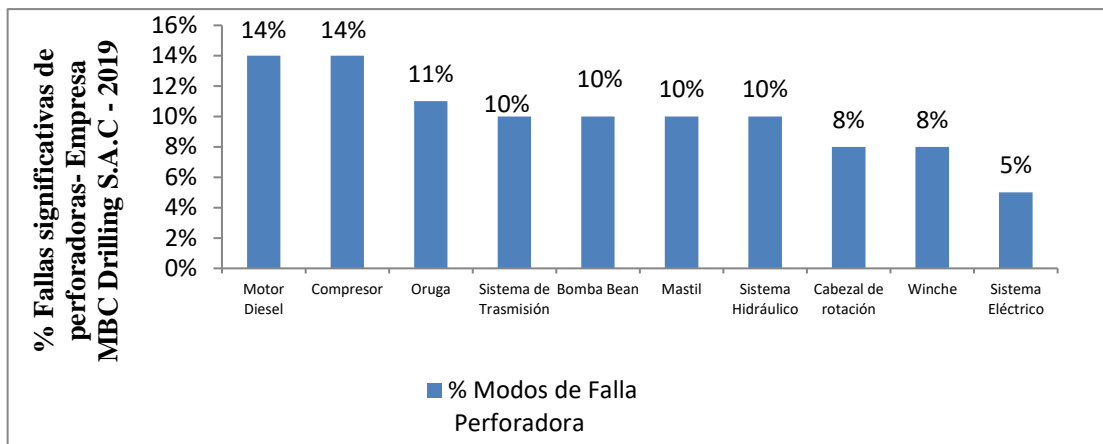


Figura 28: Fallas más significativas de las perforadoras – 2019

Fuente: (Logística Drilling, 2019)

En la figura 28 se aprecia una disminución de fallas significativas, 3% disminuyó en el Motor Diésel, 4 % disminuyo en el Sistema Hidráulico, Oruga disminuyo 1% y en el Sistema Eléctrico disminuyó 6%, como se detalla a continuación:

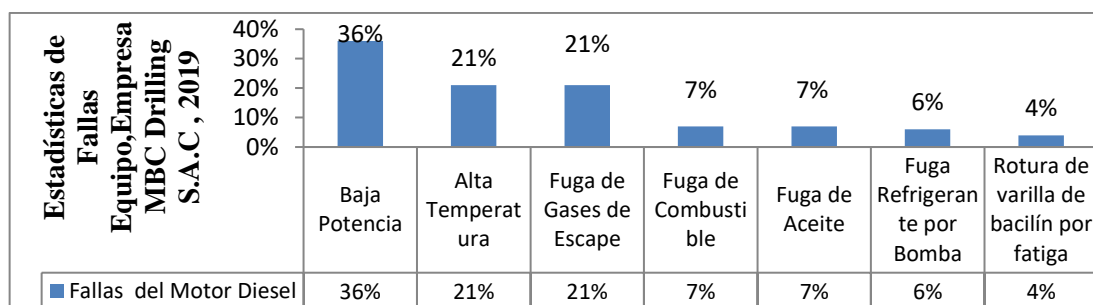


Figura 29: Fallas del Motor Diésel – 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 29, se observa que las Fallas de Motor Diésel disminuyeron en 1% por baja potencia no hubo variación alguna, sin embargo por alta temperatura y fuga de gases aumentó en 2%.

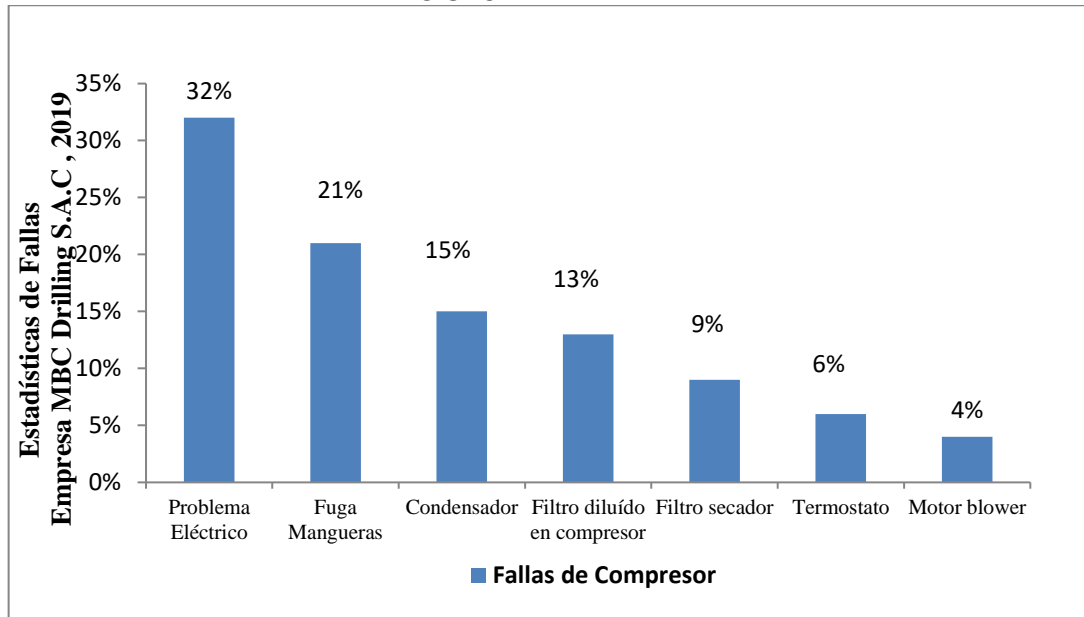


Figura 30: Fallas de Compresor – 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 30 de Fallas por Compresor del 2019, se aprecia un incremento de 2% en problemas eléctricos, en condensador disminuye en 1% y por filtro diluido en compresor disminuye en 1%.

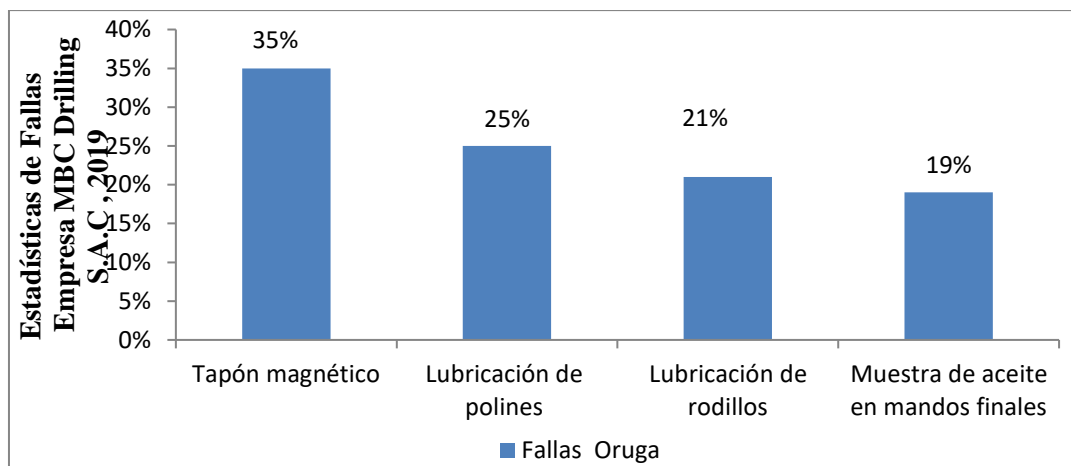


Figura 31: Fallas de Oruga 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 31 de Fallas de Oruga del 2019, se aprecia un incremento de 5% por uso de tapón magnético, por Lubricación de polines disminuyo en 1% y por lubricación de rodillos disminuyo en 2%.

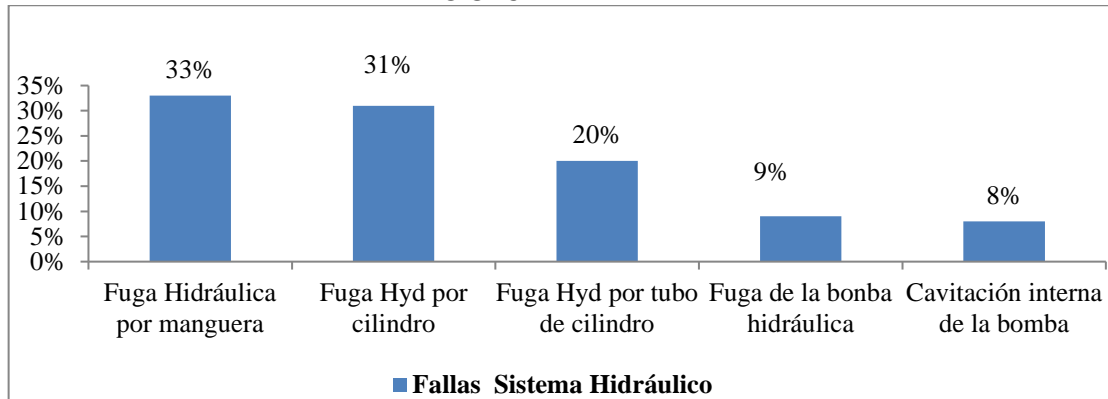


Figura 32: Fallas Sistema Hidráulico – 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 32, con respecto a Fallas por Sistema Hidráulico del 2019, se aprecia la que por fuga hidráulica por manguera no hubo variación con respecto al 2018, así como también aumento en 2% por fuga hidráulica por cilindro incremento en 4% y por fuga hidráulica por tubo de cilindro disminuyo en 1%

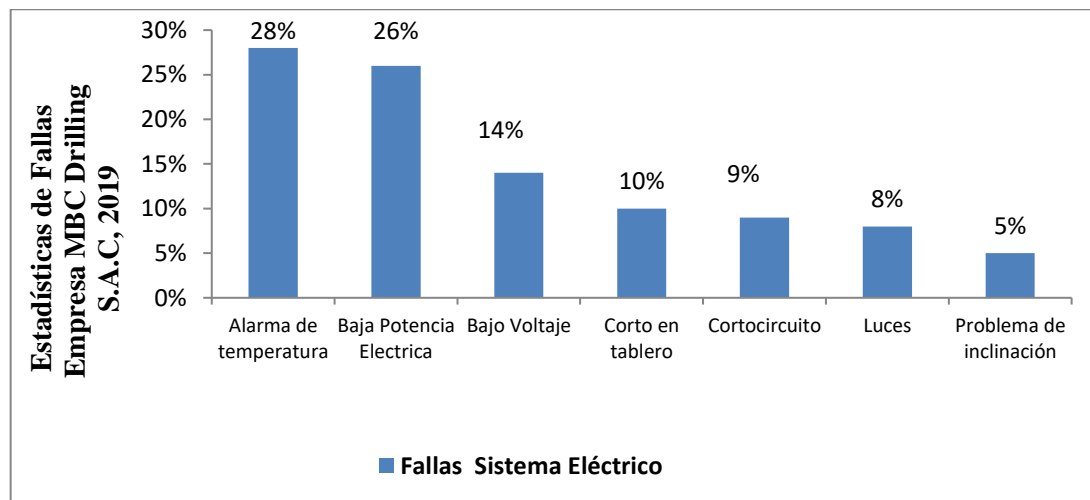


Figura 33: Fallas Sistema Eléctrico – 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 33, de Fallas por Sistema Eléctrico, en alarma por temperatura disminuyo en 1% de igual manera en bajo potencia eléctrica, sin embargo en bajo voltaje se tuvo un incremento de 4%

3.4. Beneficio económico después de la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing

- **Costo por duración de correctivos**

El costo por duración de correctivos después de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing, desde mayo a octubre de 2019, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16

Costo por duración de correctivos ANTES y DESPÚES-2019

Meses	Eventos	2018		Eventos	2019	
		Duración de Correctivos (Horas)	Costo de Parada/Perforadora		Duración de Correctivos (Horas)	Costo de Parada/Perforadora
MAYO	48	199.74	\$ 10,608.11	24	103.37	\$ 5,390.19
JUNIO	42	161.13	\$ 8,604.06	24	84.78	\$ 4,468.36
JULIO	36	138.85	\$ 7,329.06	20	94.22	\$ 5,070.70
AGOSTO	41	146.90	\$ 7,830.13	23	134.78	\$ 7,161.93
SEPTIEMBRE	35	114.74	\$ 6,218.89	18	117.25	\$ 6,221.95
OCTUBRE	40	133.60	\$ 7,093.78	21	107.78	\$ 5,734.23
TOTAL	242	894.96	\$ 47,684.02	130	642.18	\$ 34,047.35

Fuente: Elaboración propia

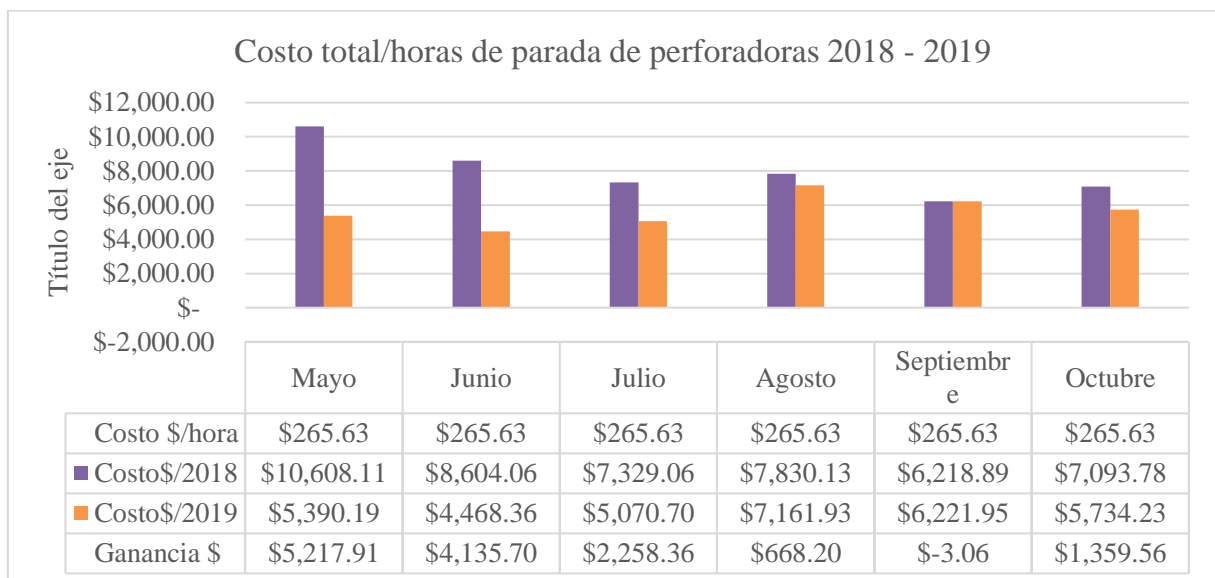


Figura 34: Costo Total por duración de correctivos – 2018 – 2019

Fuente: Logística Drilling, 2019

En la figura 34, se aprecia que el costo de producción de las 05 perforadoras por hora es de \$ 265.63 en el siguiente detalle: diamantina (3 unidades) \$ 48.75, schram \$ 60.00 y DR-24 \$ 59.38, en el año 2018 se presentaron 242 eventos en 894.96 horas

de duración de correctivos con un costo de \$ 47,684.02. Para el 2019 se llegó a 130 eventos en 642.18 horas de duración de correctivos con un costo de \$ 34,047.35 reduciendo a 252.78 horas de correctivos y 112 eventos con un ahorro de \$ 13,636.67

- **Viabilidad económica del proyecto**

Se realizó el análisis costo/beneficio para la aplicación de la metodología Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras para pozos de exploración. Este procedimiento fue basado en los beneficios asociados a los costos del proyecto que se encuentran interrelacionados para hacer viable este proyecto.

- **Costo de inversión**

En la siguiente tabla 17 se detalla el costo de inversión para la aplicación de la metodología Lean para mejorar la disponibilidad de las perforadoras para pozos de exploración.

Tabla 17

Costo de Inversión de Activos Tangibles

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Útiles de escritorio				
Hoja bond A4	Millar	2	S/ 10.00	S/ 20.00
Lapiceros	Caja	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Plumones	Caja	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Archivadores	Unidad	3	S/ 9.00	S/ 27.00
Perforador	Unidad	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Engrapador	Unidad	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Equipos de oficina				
Computadora	Unidad	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Impresora	Unidad	1	S/ 400.00	S/ 400.00
Escritorio	Unidad	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Silla para escritorio	Unidad	1	S/ 100.00	S/ 100.00
Equipos de comunicación				
Radio intercomunicador	Unidad	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Celular	Unidad	1	S/ 400.00	S/ 400.00
Equipos de inspección				
Cámara fotográfica	Unidad	1	S/ 750.00	S/ 750.00
Libreta de apuntes	Unidad	2	S/ 5.00	S/ 10.00
Total				S/ 3,772.00

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Costos durante la integración del proceso**

Tabla 18

Costos del instructor

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
			S/	S/
Alimentación	día	30	30.00	900.00
			S/	S/
Movilidad	día	30	10.00	300.00
			S/	S/
Hospedaje	día	30	40.00	1,200.00
			S/	S/
Total				2,400.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se muestra los gastos del instructor para realizar las capacitaciones a los operadores, por mes.

▪ **Costos de personal**

Tabla 19

Costos de personal

Personal	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Responsable de integración del proceso	Mes	1	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00
Supervisor	Mes	1	S/ 7,000.00	S/ 7,000.00
Coordinador del área de mantenimiento	Mes	1	S/ 6,200.00	S/ 6,200.00
TOTAL				S/ 17,200.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se muestra los gastos por mes para el área de operaciones de la empresa MBC Drilling SAC.

▪ **Costos de implementación en oficina**

Tabla 20

Costos de implementación en oficina

Descripción	AÑO 0	AÑO1	AÑO 2	AÑO3	AÑO 4
Implementación de Oficina	10,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Total	10,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se aprecia el costo de implementación de la oficina para el área de mantenimiento de la empresa MBC Drilling SAC.

▪ **Costos proyectados optimización del proceso de Plan de Mantenimiento**

Tabla 21

Costos Proyectados

	Cantidad	Costo unitario	Año				
			0	1	2	3	4
Útiles de escritorio							
Hoja bond a4	2	S/10.00	S/20.00	S/20.00	S/20.00	S/20.00	S/20.00
Lapiceros	1	S/15.00	S/15.00	S/15.00	S/15.00	S/15.00	S/15.00
Plumones	1	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00
Archivadores	3	S/9.00	S/27.00	S/27.00	S/27.00	S/27.00	S/27.00
Perforador	1	S/10.00	S/10.00	S/10.00	S/10.00	S/10.00	S/10.00
Engrapador	1	S/10.00	S/10.00	S/10.00	S/10.00	S/10.00	S/10.00
Equipos de oficina							
Computadora	1	S/1,500.00	S/1,500.00				
Impresora	1	S/400.00	S/400.00				
Escritorio	1	S/250.00	S/250.00				
Silla para escritorio	1	S/100.00	S/100.00				
Equipos de comunicación							
Radio intercomunicador	1	S/250.00	S/250.00				
Celular	1	S/400.00	S/400.00				
Equipos de inspección							
Cámara fotográfica	1	S/750.00	S/750.00				
Libreta de apuntes	2	S/5.00	S/10.00				
Implementación de oficina de pm			S/10,000.00	S/1,000.00	S/1,000.00	S/1,000.00	S/1,000.00
Costos fijos							
Alimentación	30	S/20.00	S/600.00	S/600.00	S/600.00	S/600.00	S/600.00
Movilidad	2	S/10.00	S/20.00	S/20.00	S/20.00	S/20.00	S/20.00
Hospedaje	30	S/30.00	S/900.00	S/900.00	S/900.00	S/900.00	S/900.00
Responsable de integración del proceso	1	S/4,500.00	S/4,500.00	S/4,500.00	S/4,500.00	S/4,500.00	S/4,500.00
Supervisor	1	S/7,500.00	S/7,500.00	S/7,500.00	S/7,500.00	S/7,500.00	S/7,500.00
Coordinador del área de mantenimiento	1	S/6,500.00	S/6,500.00	S/6,500.00	S/6,500.00	S/6,500.00	S/6,500.00
Total de gastos			S/33,792.00	S/21,132.00	S/21,132.00	S/21,132.00	S/21,132.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 21, se detallan los costos proyectados para la optimización del proceso de mantenimiento de la empresa MBC Drilling SAC.

- **Análisis de los indicadores**

Tabla 22

Análisis de Indicadores

INDICADORES	ANTES	DESPUES
Costo de equipos paralizados	\$ 47,684.02	\$ 34,047.35

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22, se observa que el costo total por duración de correctivos fuera de lo planeado en el plan de mantenimiento asciende a \$ 47,684.02 luego de haber aplicado la metodología Lean Manufacturing, los costos por máquina perforadora disminuyen a \$ 34,047.35 reduciendo en \$13,636.67

Tabla 23

Flujo de caja

	Cantidad	Periodo				
		0	1	2	3	4
Ingreso (ahorro)			S/48,546.54	S/48,546.54	S/48,546.54	S/48,546.54
Total de gastos		S/33,792.00	S/21,132.00	S/21,132.00	S/21,132.00	S/21,132.00
Total de flujo de caja		-s/33,792.00	S/27,414.54	S/27,414.54	S/27,414.54	S/27,414.54
Taza de oportunidad	10%					
Van	S/120,692.41					
Tir	72%					
B/c (costo beneficio)	4.571626582					

Por cada sol que inviertes se tiene 4.57 soles de ganancia

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 23, muestra el ahorro neto para los 4 años con el proceso de mantenimiento preventivo, después de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras en el Plan de Implementación de Mantenimiento Preventivo, podemos inferir que por cada S/ 1.00 invertido la

empresa MBC Drilling SAC tiene una ganancia de S/ 4.57 denotando que el proyecto es viable.

Tabla 24

Comparativa de indicadores ANTES (2018) DESPUÉS (2019)

Indicador	Unidad	Antes (2018)	Después (2019)
Correctivos	Nº Eventos	242	130
	Horas	894.96	642.18
Disponibilidad (mayo a octubre)	Promedio (%)	77.92	84.52
Flujo de valor	Minutos	1260	1005
	%	88	89
No valor	Minutos	170	125
	%	12	11
Costo paradas	\$	47,684	34,047

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Existe concierto entre la investigación en curso con Schröders & Cruz Machado en que, las empresas buscan reducir sus costos operativos para generar mayor rentabilidad, es por ello que recurren a implementar nuevas metodologías en sus compañías que permitan incrementar sus recursos económicos, por tal razón, cada vez más empresas muestran interés por aplicar Lean Manufacturing, dicha metodología mejora la disponibilidad de sus equipos en menor tiempo, coincidiendo a lo que sugieren Hernández & Vizán en su libro Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación.

Por su lado, Zelada García manifiesta que, la planificación y el control del mantenimiento influye en las operaciones de la empresa, así lo señala Cuatrecasas Arbós entendiéndolo que, los consorcios se ven obligados a aplicar metodología Lean en sus procesos porque mejora el desempeño operacional y lograr ventajas competitivas que estas a su vez generan un valor agregado al cliente, lo cual es atractivo para el consumidor, a lo que se denomina Flujo de valor, herramienta desarrollada por Porter, lo cual está alineado con esta investigación.

Mientras que Mohammed & otros, señalan la importancia de tener un programa de mantenimiento preventivo porque reducen los mantenimientos correctivos y también las paradas bruscas en la producción, generando un trabajo fluido y constante, en coincidencia con Arellano cuando dice que al implementar un sistema de mantenimiento efectivo permitiría tener equipos totalmente operativos aumentando la disponibilidad de estos reduciendo sobrecostos operativos, objetivo de la presente investigación.

En la empresa MBC DRILLING SAC hemos encontrado implicancias y limitaciones como: deficiencias en la disponibilidad de las máquinas perforadoras que se encontraban paralizadas debido a fallas mecánicas, de otro lado, el área de mantenimiento no cuenta con stock suficiente de repuestos indispensables, ocasionando retrasos en los mantenimientos correctivos, provocando tiempos muertos e incrementando los costos de stand by por falta de producción.

4.2. Conclusiones

Antes de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing, se constató que la disponibilidad de las perforadoras al 2018 era del 77.92%, debido que no contaban con un programa de mantenimiento preventivo, adecuado a las necesidades y/o requerimientos de la empresa.

Al aplicar la Metodología Lean Manufacturing incrementamos la disponibilidad de las máquinas de perforación que permitieron disminuir los tiempos muertos, de esta manera garantizando una mayor productibilidad. Reducimos un total de 252.78 horas en 112 eventos correctivos, durante el periodo de estudio.

La disponibilidad de las perforadoras para pozos de exploración antes de aplicar la metodología en el 2018 fue en promedio entre mayo a octubre de 77.92% y después de la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing en el año 2019 entre mayo a octubre fue en promedio de 84,52%, alcanzando una mayor disponibilidad en los meses de junio y julio; así también contrarrestamos los meses de menor disponibilidad en agosto y setiembre.

En el año 2018 el plan de mantenimiento de la empresa MBC Drilling S.A.C. tenía un costo de paradas de \$ 47,684.02 luego al aplicar la Metodología Lean Manufacturing, en el 2019 se redujeron los costos operativos en un 28.60%, lo que equivale a \$ 34,047.35 de gastos operativos, teniendo una reducción de \$ 13,636.67 contra el año anterior, lo cual significa un ahorro en el gasto constituyendo una mejora económica para la empresa.

REFERENCIAS

- Arellano, L. (2003). *Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para la mejora de la disponibilidad en equipos eléctricos*.
- Cerna, C. (2018). *Investigación científica, métodos y técnicas*. Cajamarca: Corpus Cerna Cabrera.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones*. Ciudad de México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
Obtenido de https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf
- Cordobés, R. (29 de 03 de 2017). *Lean VSM. La aplicación de las cadenas de valor a la seguridad y salud*. Obtenido de <https://prevenblog.com/lean-vsm-la-aplicacion-las-cadenas-valor-la-seguridad-salud/>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/Organizaci%C3%B3n_de_la_producci%C3%B3n_y_direcc.html?id=6jNY9FcLGcoC
- Dixon, J., Duffuaa, S., & Raouf, A. (2006). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. Ciudad de México: Limusa.
Obtenido de <https://es.slideshare.net/rusvel7/sistemas-demantenimientoduffuayotros>
- Francés, A. (2001). *Estrategia para la empresa en América Latina*. California: Ediciones IESA.
Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/Estrategia_para_la_empresa_en_Am%C3%A9rica_L.html?id=kjC1AAAAIAAJ&redir_esc=y
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación, Sexta edición*. México: Mc Graw Hill.

Michael, Z. G. (2017). *MEJORA DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA CON LA METODOLOGIA AMEF*. Lima.

Mohammed, A., Abdelhakim, A., Hamid, S., & Yue, X. (2012). *Preventive maintenance planning using group technology*. En: *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Obtenido de <http://search.proquest.com/docview/1115340740/BC5AE7E9EFAA4CB2PQ/12?accountid=4>

Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de https://www.academia.edu/15778406/Lean_Manufacturing_la_evidencia_de_una_necesidad

Schröders, T. &. (2015). *Sustainable lean implementation: An assessment tool*.

Schröders, T., & Cruz Machado, V. (2015). *Sustainable lean implementation: An assessment tool*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*.

Zelada García, M. (2017). *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con al metodología AMEF*.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tabla 25

Matriz de consistencia

Titulo	Formulación del problema	Objetivos	Variables	Indicadores	Diseño de la investigación
Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de perforadoras de la empresa MBC DRILLING SAC	¿En qué medida influye la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento para mejora la disponibilidad de perforadoras en la empresa MBC Drilling S.A.C.?	<p>Determinar la influencia de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de perforadoras de la empresa MBC Drilling S.A.C.</p> <ul style="list-style-type: none"> Diagnosticar la situación actual en el proceso de mantenimiento de las perforadoras, antes de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C. Aplicar la Metodología Lean Manufacturing, para mejorar la disponibilidad de perforadoras de la empresa MBC Drilling S.A.C. Determinar la disponibilidad de perforadoras después de la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C. Determinar el beneficio económico que genera la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing en la empresa MBC Drilling S.A.C. 	<p>Variable independiente (x)</p> <p>Metodología Lean Manufacturing</p> <p>Variable dependiente (y)</p> <p>Mejora de la disponibilidad de perforadoras</p>	<p>Tiempo de profundidad de procesos (VSM)</p> <p>Tiempos de espera de repuestos (ACR)</p> <p>Tiempo de espera de mantenimiento (TPM)</p> <p>Implantación de las 5s</p> $MTBF = \frac{\text{tiempo total disponible} - \text{tiempo perdido}}{\text{número de paradas}}$ $MTTR = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento correctivo}}{\text{Número de acciones de reparación}}$ $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ <p>% Del total de fallas más significativas</p>	<p>Según el grado de manipulación de variables es una investigación No experimental. Según su propósito es una investigación Aplicada. Según los tipos de datos es Cuantitativa.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Diagrama de procesos para actividades

		DIAGRAMA DE PROCESOS POR ACTIVIDADES Y TAREAS		UM COLQUIJRCA I UM COLQUIJRCA II UM SANTA BARBARA SEDE LIMA
				Código:
				Versión 00
				Página 1 de 1
Miembros del Equipo:		JUAN MANUEL BRIONES INCISO MARIA GUERRA ALCANTARA AISLAN DO NASCIMENTO LIMA BILL MONTES		Facilitador: PAMELA ROXANA BAZÁN ROJAS
Fecha de elaboración:		22-Abr		Revisión: 0
PROCESO/SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	ROUTINARIA (SI / NO)	
PERFORACION DDH DE DRENES HORIZONTALES Y PIEZOMETROS	1. Actividades Preliminares	1.1. Inspección de la Plataforma de Perforación		
		1.2. Carga, transporte y descarga de equipo, materiales y accesorios de perforación desde Colquijirca hacia el Tajo y viceversa.		
		1.3. Transporte del personal de Colquijirca hacia el Tajo y viceversa.		
		1.4. Traslado de Máquina Perforadora LY 44 con Skip hacia el área de trabajo		
		1.5. Instalación de la Máquina Perforadora LY 44 con Skip y sus accesorios en la Plataforma de Perforación.		
	2. Operación de Máquina Perforadora LY 44	2.1. Inicio de la Perforación Diamantina		
		2.2. Carga y descarga de tubo interior con pescador hidráulico		
		2.3. Instalación de casing PQ		
		2.4. Carga y descarga de las barras de perforación		
		2.5. Extracción de la muestra del tubo interior		
		2.6. Preparación de Fluidos de perforación		
		2.7. Mantenimiento de la máquina de perforación LY 44		
		2.8. Logueo Geomecánico		
	3. Desinstalación de Máquina Perforadora LY 44	3.1. Desinstalación de la máquina perforadora LY 44		
	4.- Instalacion de Piezometros	4.1. Instalacion de Piezometros		

Figura 35: Diagrama de procesos por actividades y tareas

Fuente: Logística Drilling, 2018

Anexo 3. Ficha de observación de mantenimiento

	 EMPRESA MBC DRILLING S.A.C. CERRO DE PASCO	EDICIÓN: 1 PÁGINA: 1 de 1 FECHA: 08-05-2019
FICHA DE OBSERVACIÓN		
Paso del proceso	Entrada del proceso	Total
MANTENIMIENTO		
Solicitar compra de repuestos y otros		
	Conocimientos de las partes	
	Manuales de partes listas	
Programar actividades de mantenimiento		
	Coordinación con programación de producción	
Armar y reparar máquina o equipo		
	Procedimiento de armado estructurado	
Supervisar actividades		
	Supervisor en área de trabajo	
	Conocimiento en la materia	
Elaboró: Pamela Roxana Bazán Rojas	Revisó: Gerente Administrativo	Aprobó: Gerente General

Figura 36: Ficha de observación de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Ficha Técnica perforadora Schramm

MBCSC01 SCHRAMM T660H SOBRE ORUGAS					
EQUIPO		PERFORADORA			
MARCA		SCHRAMM			
MODELO		T660H			
SERIE		J122-3462			
AÑO DE FABRICACION		2009 - 2017			
REBUILD - OVERHAUL		Mar:17			
HOROMETRO AL 29/10/2017		2245			
ACCIONAMIENTO DEL COMPRESOR					
ALTO (MASTIT HACIA ABAJO)					
ALTO (MASTIT HACIA ARRIBA)					
ANCHO					
MOTOR DIESEL		DATOS	TURBO ALTA		
MARCA	CUMMINS	MARCA	HOLSET		
MODELO	K-19	MODELO	LEESG42		
SERIE	37202616	SERIE	3529689		
HP/RPM	700/2100	TURBO BAJA			
DR		DATOS			
CPL		MARCA	HCE		
ALTERNADOR		MODELO	3594066		
MARCA		ARRANCADOR			
MODELO		DATOS			
SERIE		MARCA			
AMPERIOS		MODELO			
VOLTIOS		SERIE			
FAJA (? UND)		AMPERIOS			
BOMBA DE INYECCION		NRO. DIENTES BENDIX			
MARCA	MP USA	BONBA DE AGUA			
MODELO		MARCA	FMC		
SERIE		MODELO	4H		
CAJA DE TRANSFERENCIA		SERIE	5257697		
MARCA		COMPRESOR			
P/N		MARCA	SULLAIR		
S/N		MODELO			
DATE		P/N	02250119-827		
MOTOR VENTILADOR		SERIE	006-04012535		
MARCA	DENISON	BOMBA TRIPLE			
MODELO	M6G3N1D02	MARCA	PARKER		
SERIE	2027575	MODELO			
BOMBA DE ROTACION		SERIE			
MARCA	RXROTH	BOMBA TRASLACION			
MODELO	A10VO60DFR/52R-PSD61N00	MARCA	REXROTH		
SERIE	49445174	MODELO	A10VO140DFR/31R		
CABEZAL DE ROTACION		SERIE			
MARCA		VALVULA DE TRASLACIO Y R			
MODELO		MARCA	VICKERS		
SERIE		MODELO	CMX160-FH-M-25-0		
WINCHE PRINCIPAL		SERIE	CO89		
MARCA	BRADEN GEAROMATIC	NP	02-397178		
MODELO	BG3B-05080-01	LUBRICADOR DE MARTILLO			
SERIE	859665	MARCA	GRACO		
		MODELO	FIREBALL 300		
		NUMERO PARTE	239877		
FILTROS					
TIPO	NRO. PARTE ORIGINAL	ALTERNATIVO 1 NRO. PARTE	MARCA	ALTERNATIVO 2 NRO. PARTE	IARC
FILTRO DE ACEITE MOTOR		LF-670	FLEETGUARD		
FILTRO DE TRANSMISION					
FILTRO DE COMBUSTIBLE		FS-1212	FLEETGUARD		
FILTRO RACOR		FF-5369	FLEETGUARD		
FILTRO AIRE PRIM. MOTOR		P182042	DONALSSON		
FILTRO AIRE SEC. MOTOR		P128408	DONALSSON		
FILTRO AIRE PRI. COMP.		P182042	DONALSSON		
FILTRO AIRE SEC. MOTOR		P128408	DONALSSON		
FILTRO HIDRAULICO RETOR.		P167410	DONALSSON		
FILTRO SEPARADOR COMPRESOR		02250044-197	SULLAIR		
FILTRO DECANTADOR DE AGUA		02250058-441	SULLAIR	009810-074S	
FILTRO DE FLUIDO		250031-850	SULLAIR		
TANQUES					
TIPO	GLN	NOMBRE			
ACEITE MOTOR	15	MOBIL 15W40			
ACEITE TRANSMISION	2	MOBIL 80W90			
ACEITE HIDRAULICO		MOBIL DT25			
ACEITE CORONA					
ACEITE CUBOS					
REFRIGERANTE		RTU5050 VERDE			
REPUESTOS IMPORTANTES					
NRO. PARTE	DESCRIPCION			CANTIDAD	

Figura 37: Ficha Técnica máquina Schramm

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Entrevista semiestructurada

Tabla 26

Entrevista para acopio de información

ENTREVISTA PARA ACOPIO DE INFORMACIÓN			
	Saludo respectivo ... Como parte de mi tesis en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte realizó una investigación acerca de la disponibilidad de las perforadoras. La información que brinde en esta entrevista es confidencial, solo será utilizada para los propósitos de la investigación. Gracias por su colaboración.		
N°	Pregunta	Respuesta	Comentario personal
1	¿Conoce el concepto de disponibilidad mecánica?		
2	¿Cuántos correctivos tuvo el equipo que Ud. Opera durante un mes?		
3	¿Cuánto tiempo duró el cada correctivo en el taller?		
4	¿Cuál de las perforadoras que Ud., opera visita más al taller de mantenimiento?		
5	¿Cuántas paradas registró del equipo que Ud. Opera durante la semana?		
6	¿Cuánto tiempo duró cada parada?		
7	¿Cuál fue el motivo de la parada (mantenimiento programado, mantenimiento no programado, modificación, etc.)?		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Check List de mantenimiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PERFORADORAS							
No	EQUIPO	CENTRO COSTO	PERIODO	GUIA	FECHA	OBSERVACIONES	
1	PERFORADORA LONGYEAR LY-44	647103	MENSUAL	PBL38		-	
2	BOMBA DE LODOS 435	212919	MENSUAL	B5351		-	

				DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO: EQUIPO: PERFORADORA LONGYEAR LY-44			No DE EQUIPO 2	
O.T No 038	FECHA 14/04/14	GUIA No.5 PLB38	TIEMPO ESTIMADO 8 HORAS	CENTRO DE COSTO 647103	S.T. No	PRIORIDAD NORMAL	HOJA 1	SEMANA 14
EQUIPO MOTOR VOLVO D71		TIPO DE TRABAJO PREVENTIVO		FRECUENCIA MENSUAL		ESPECIALIDAD: MEC. AUTOMOTRIZ		
ANTES DE INICIAR LAS ACTIVIDADES COORDINARSE CON EL ENCARGADO DE DEPARTAMENTO				LAS ACTIVIDADES SE REALIZARAN CON EL EQUIPO FUERA DE OPERACIÓN.				
<p>ACTIVIDADES REALIZADAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. COMPROBAR ESTADO Y NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR, CAMBIO EN CASO DE SER NECESARIO CON ACEITE PREMIUM TDX SAE 15 W. (01 BALDE APLICADO) 2. CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE DEL MOTOR UTILIZA FILTRO ORIGINAL VOLVO (02 FILTROS) 3. CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE, UTILIZA FILTRO ORIGINAL VOLVO (02 FILTROS) 4. CAMPROBAR NIVEL Y ESTADO DE ACEITE 15W 8090 EN LA CAJA DE VELOCIDADES (03 LITROS) 5. CAMPROBAR NIVEL Y ESTADO DE ACEITE A LA TRANSMISION DEL MOTOR 15W8090. (02 GALONES) 6. CHECAR BANDA DENTADA DE LA TRANSMISION DEL MOTOR (CONFORME) 7. REVISAR NIVEL Y REPONER EN CASO DE HACERLE FALTA ANTICONGELANTE (04 GALONES) 8. FIJAR MULTIPLES DE ESCAPE Y ADMISION EN CASO DE ESTAR FLOJOS (CONFORME) 								
OBSERVACIONES								
RECIBIDO POR		REALIZO		SUPERVISOR		JEFE DE AREA		
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		

Figura 38: Check List de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Tareas de personal de MBC



ORDEN DE TRABAJO - ÁREA: MANTENIMIENTO

PROYECTO Nro. OT-MC

EQUIPO CODIGO EQUIPO

SUPERVISOR

PROGRAMADO SI NO

GRUPO DE FALLA

FALLA

CAUSA

(PARA LAS MAQUINAS Y/O EQUIPOS)

HOROMETRO INICIAL FECHA INICIAL HORA INICIAL

HOROMETRO FINAL FECHA FINAL HORA FINAL

TRABAJOS REALIZADOS	

PERSONAL			
CODIGO	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	HORAS

REPUESTOS Y MATERIALES				
CODIGO	CANTIDAD	Nro. PARTE	DESCRIPCION	VALOR

OBSERVACIONES Y TRABAJOS PENDIENTES	

SUPERVISOR

PERSONAL DEL AREA

RESIDENTE DE OBRA

Figura 39: Orden de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Inventario de materiales - Taller mantenimiento

MBC DRILLING SAC		PROGRAMA IMPLEMENTACIÓN 5'S		CODIGO:
		INVENTARIO DE MATERIALES - CLASIFICACIÓN		VERSIÓN:
				FECHA:
LUGAR	TALLER MANTENIMIENTO	FECHA	11/06/2019	
AREA	EQUIPOS	RESPONSABLE DEL AREA	Bazán R, Pamela y Correa G, Juan José	
ITEM	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	
1	1	UND	PERIODICO MURAL	
2	2	UND	LAVAOJOS	
3	9	UND	GABETA DE HERRAMIENTAS (TECNICOS)	
4	8	UND	CILINDROS LIMPIOS	
5	2	UND	MESA DE TORNILLO DE BANCO	
6	1	UND	CONTENEDOR DE TRAPO INDUSTRIAL	
7	1	UND	DIALIZADOR	
8	4	UND	BANDEJA DE GEOMENBRANA	
9	3	UND	BANDEJA MOVIL	
10	1	UND	BOMBA ENGRASADOR	
11	2	UND	ESTACIÓN DE AGUA POTABLE	
12	1	PAR	TACOS DE CAMION MINERO	
13	2	UND	CARGADOR PORTATIL DE BATERIA	
14	1	UND	EQUIPO DE CARGA DE SUSPENSIÓN	
15	5	UND	EQUIPO MOVIL DE TRABAJO	
16	1	UND	COMPRESOR ELÉCTRICO	
17	1	UND	COMPRESORA DE 90 PSI	
18	7	UND	ESCALERA TIPO AVIÓN	
19	2	UND	ESCALERA TIPO TIJERA	
20	2	UND	ESCALERA TELESCOPICA	
21	1	UND	STAND DE PRODUCTOS QUIMICOS	
22	1	UND	ARMARIO DE ARNES	
23	6	UND	BIOMBOS	
24	1	UND	KIT PARA DERRAMES DE HIDROCARBURO	
25	16	UND	POSTES DELIMITADORES	
26	6	UND	EXTINTOR	
27	2	UND	BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS	
28	4	UND	PALETA SIGA	
29	4	UND	PALETA PARE	
30	1	UND	TABLERO YO ASEGURO	
31	1	UND	ESTANTE DE FILTROS Y CAJAS DE HERRAMIENTAS	
32	1	UND	CARRO PORTATIL DE BOLSA DE RESIDUOS	
33	2	BLOQ	LOCKER'S (VESTUARIO)	
34	1	UND	ESTANTE DE COMPONENTES MENORES REPARADOS	
35	1	UND	AREA DE COMPONENTES MENORES POR REPARAR	
36	1	CJTO	HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA (ESCOBAS, RECOJEDORES, RASPADORES)	
37				

Figura 40: Inventario de materiales - Taller mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Lista de verificación de implantación 5S

LISTA DE VERIFICACION IMPLEMENTACIÓN 5'S - 1.CLASIFICAR



Año: 2019

Gerencia: Alquileros y Usados- Rentafer

Area de implementación 5'S: Taller Mantenimiento

Responsables de área: Bazán Rojas, Pamela y Correa Gamarra, Juan José

Frecuencia de Inspección: Quincenal

Aspectos de verificación		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
N°	Identificación	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin
1	AMBIENTES CON MATERIAL NECESARIOS												
2	AMBIENTES ORDENADOS Y CLASIFICADOS												
3	AMBIENTES LIMPIOS												
4	ESTRUCTURAS EN BUEN ESTADO												
5	AMBIENTES SEÑALIZADOS												
6	MATERIALES NECESARIOS EN BUEN ESTADO												
7													
8													
9													
10													
Fecha:													
Nombre:													
Firma:													
Condición:	BUENO= B, MALO=M												

Aspectos de verificación		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
N°	Identificación	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin	1ra. quin	2da. quin
1	AMBIENTES CON MATERIAL NECESARIOS												
2	AMBIENTES ORDENADOS Y CLASIFICADOS												
3	AMBIENTES LIMPIOS												
4	ESTRUCTURAS EN BUEN ESTADO												
5	AMBIENTES SEÑALIZADOS												
6	MATERIALES NECESARIOS EN BUEN ESTADO												
7													
8													
9													
10													
Fecha:													
Nombre:													
Firma:													
Condición:	BUENO= B, MALO=M												

Figura 41: Lista de verificación de implementación de las 5'S

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Orden de trabajo de Perforación en Diamantina




		MBC Drilling S.A.C- 2019			 J19.06-2136 JUN0130.R19				
							Área: Mantenimiento		
ORDEN DE TRABAJO									
PROCESO:		Perforación en Diamantina							
Nº- TAJO	FECHA	TURNO	CÓD. EQUIPO	IM	MP	FM	FE	PARADA	DESCRIPCIÓN Y CONDICION
Responsables: Bazán Rojas, Pamela y Correa Gamarra, Juan José									

Figura 42: Orden de trabajo de Perforación en Diamantina

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Reporte de mantenimiento 250 horas



REPORTE DE MANTENIMIENTO

SCHRAMM T660-H

Cada 250 Hr

INFORMACIÓN DEL EQUIPO:		
EQUIPO: SCHRAMM T660-H		VIN Nº:
HOROMETRO ACTUAL:	Fecha: 10/04/19	# Orden de Mantenimiento:
Supervisor de Operaciones y/o encargado:		
E-mail:		

REPORTE DE MANTENIMIENTO
RECALL
AFC
(✓ = Satisfactorio R = Requiere reparación)

MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE COMPONENTES	✓	R
MOTOR DIESEL		
Cambiar aceite	x	
Cambiar filtros de aceite	x	
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	x	
Cambiar filtro de combustible	x	
Cambiar filtro racordde combustible	x	
Verificar nivel del refrigerante (rellenar si es necesario)	x	
Cambiar filtro de aire principal	x	
Cambiar filtro de aire secundario	x	
Limpiar radiador (Pulverizar)	x	
Inspeccionar jebes de apoyo de motor	x	
Inspeccionar purificador de aire	x	
Tomar muestra de aceite (análisis de laboratorio)	x	
Enfriador y radiador inspeccion que aire fluya libremente	x	
COMPRESOR		
Inspeccionar mangueras de aceite	x	
Inspeccionar abrazaderas	x	
Inspeccionar los w hip check	x	
ORUGA		
Inspeccionar los pernos de polines, rodillos y zapatas y reajustar los que	x	
Verificar la tensión de la oruga y tensionar si es necesario	x	
sgaste de los polines superiores e inferiores, rodillos, sproket, zapatas y	x	
SISTEMA DE TRANMISION		
Revisar nivel de aceite de caja de transferencia	x	
Inspeccionar respiradero de Caja de Transferencia	x	
BOMBA BEAM		
Inspeccionar bomba de agua	x	
Inspeccionar valvulas de linea de agua	x	
SISTEMA HIDRAULICO		
Inspeccionar mangueras hidraulicar y reemplazar si es necesario	x	
Verificar funcionamiento de bombas hidraulicas	x	
CABEZAL		
Cambiar aceite de cabezal	x	
Verificar presiones de accionamiento del sistema	x	
Inspeccionar guias de avance de acabezal	x	
WINCHE		
Verificar torque de montaje de winche	x	
Verificar fugas y eliminarlas	x	
Inspeccionar funcionamiento de winche	x	
SISTEMA ELECTRICO		
Verificar nivel y densidad de electrolito de bateria	x	
Verificar funcionamiento de instrumentos en el panel de control	x	
Verificar funcionamiento de luces indicadoras en el panel de control	x	
Verificar funcionamiento de luces (faros, bases y protectores)	x	
Verificar funcionamiento del horómetro	x	
Inspeccionar fajas de alternador (interferencias deterioro,alineación)	x	
Verificar funcionamiento del sistema de carga de la bateria	x	
Inspección de alarma de retroceso	x	
OTROS		
Inspeccion de Cadenas de avance que esten tensadas apropiadamente	x	
Lubricacion de cadenas de avance con brocha	x	

COMENTARIOS

Mantenimiento aprobado: Si No Inspeccionado por: _____

Firma: _____

Supervisor de operaciones: _____ Supervisor de Seguridad: _____

Firma: _____ Firma: _____

Figura 43: Reporte de mantenimiento 250 horas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Ficha de Datos


Tabla 27

Ficha de datos

Tipo de ficha:	Título:
Fecha:	
Datos Bibliográficos	Referencia a otras fichas
Número de Página	Contenidos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Ficha Técnica de la máquina


FICHA TECNICA MAQUINA LY – 44
 MONTADA EN SKIT DE ACERO CON SISTEMA DE ARRASTRE

▶ UNIDAD DE POTENCIA (MOTOR)

MARCA	MOTOR DEUTZ
POTENCIA	165 HP
CILINDROS	06
COMBUSTIBLE	D2
MODELO	BF6L-913C
REFRIGERACION	AGUA
AÑO	2014

▶ CAPACIDADES DE PERFORACION

DIAMETRO	CAPACIDAD
LINEA HQ	400 MTS
LINEA NQ	600 MTS
LINEA BO	800 MTS

▶ SISTEMA HIDRAULICO

CABEZAL HIDRAULICO	4 1/2"
PISTON DE AVANCE	600 MM
MANDOS HIDRAULICOS	02
BOMBAS HIDRAULICA	BICK PBC-19 – PBC 20
TANQUE HIDROLINA	25 GLNS
WINCHE WIRELINE	5/8
WIRELINE	1000 MTS
CASTILLO	02 CUERPO 7 1/2 MTS

▶ SISTEMA DE TRANSMISION

CAJA DE CAMBIOS	MECANICA
MODELO	CLARK
NRO. CAMBIOS	05

MBC DRILLING SAC


 ▶ DIMENSIONES DE MAQUINA LY-44

PESO	4.300 kg
LONGITUD	2.80 MTS
ANCHO	1.20 MTS
ALTURA	1.50 MTS



MBC DRILLING SAC

Figura 44: Ficha técnica de la máquina diamantina
 Fuente: Logística, Drilling, 2019

Anexo 14. Fallas significativas MBC Drilling, 2018

Tabla 28

Fallas significativas MBC Drilling, 2018

2018	Fecha	Perforadoras	Horómetro	Hrs	Descripción de Trabajo
				Acumuladas	
MAYO	C/02/05/2018	LY 43	4095	32.25	Inoperativo por problema de motor. Se evaluó problemas de recalentamiento de motor y se llega a la conclusión de que la bomba de agua tiene fugas. Pérdida de refrigerante recalienta. El componente malogrado es enviado a Lima.
	C/06/05/2018	LY 44 -01	26085	36.29	Se envió equipo a Overhaul en Lima luego de sufrir un accidente. Derrame de hidrocarburos, rotura de castillo, el vástago de los pistones rotos, derrame de combustible.
	C/16/05/2018	LY 44 -02	16373	51.05	Revisión de la caja de transmisión, rotura de engranaje, transmisión hacia las bombas, el equipo se encuentra a la espera de los componentes enviados a Lima para su reparación
	C/25/05/2018	T-660-H	21093	30.7	Rotura del vástago del pistón del Pulldown
	C/28/54/2018	T-685-H	21097	49.45	Corrosión del panel del radiador Verificar funcionamiento de bombas hidráulicas. Inspeccionar fugas de cilindros hidráulicos de levante de mástil Inspeccionar fugas en cilindros de avance de cabezal. Cambiar filtros hidráulicos. Tomar muestra del aceite hidráulico



JUNIO	C/02/06/2018	LY 43	4095	28.38	Desgaste de los sellos internos de la gata del estabilizador.
	C/06/06/2018	LY 44 -01	4256	32.95	Colapso de la bomba hidráulica.
	C/16/06/2018	LY 44 -02	5487	30.6	Cambio de filtros de compresora, filtro separador del tanque. 1000 horas
	C/25/06/2018	T-660-H	4869	21.95	cambio del filtro de fluidos de compresor y filtros de retorno del sistema hidráulico
	C/28/06/2018	T-685-H	3012	47.25	cambio de filtros de aceite, combustible, aire
JULIO	C/02/07/2018	LY 43	5695	17.35	Verificar hermeticidad en sistema de admisión de aire y verificación de la presión de aceite motor.
	C/06/07/2018	LY 44 -01	2756	31.4	Reemplazo de empaquetadura de tapa de Balancines, Reemplazo de Inyectores y Turbo y se limpió el respiradero de motor
	C/16/07/2018	LY 44 -02	5487	38.4	Se reemplazó de Motor, verificación de presión en cárter.
	C/25/07/2018	T-660-H	3546	17.3	Cambie el aceite de compresor, Reemplace el filtro separador, Inspeccionar abrazaderas, Inspeccionar los whine check
	C/28/07/2018	T-685-H	3546	34.4	Reemplace los filtros de aire, reemplace el filtro principal de fluido, reemplace el filtro full-flow de fluido.
AGOSTO	C/02/08/2018	LY 43	5695	23.35	Cambiar filtro de aire principal, Cambiar filtro de aire secundario.



	C/12/08/2018	LY 44 -01	2756	22.95	Cambiar filtro de combustible, Cambiar filtro record de combustible, Verificar nivel del refrigerante (rellenar si es necesario)
	C/23/08/2018	LY 44 -02	5487	38.95	Cambiar filtro de aire principal, cambiar filtro de aire secundario. Limpiar radiador (Pulverizar. Inspeccionar jebes de apoyo de motor.
	C/25/08/2018	T-660-H	3546	21.95	Inspeccionar purificador de aire, Inspeccionar turbo, Inspeccionar enfriador de aceite, limpiar e inspeccionar tuberías del sistema de escape
	C/28/08/2018	T-685-H	21097	39.7	Por limpiar el sedimento interno del tanque de combustible, verificar presión en cárter y en el enfriador y radiador inspección que aire fluya libremente.).
SEPTIEMBRE	C/02/09/2018	LY 43	4758	17.7	Lubricar los polines y los rodillos, Inspeccionar los pernos de polines, rodillos y zapatas y reajustar los que se requieran
	C/06/09/2018	LY 44 -01	3657	16.75	Se envió equipo a Overhaul a Lima luego de sufrir un accidente.
	C/24/09/2018	LY 44 -02	4561	22.89	Verificar la tensión de la oruga y tensionar si es necesario, medir el desgaste de los polines superiores e inferiores, rodillos, sproket, zapatas y registrarlos, Reemplace el aceite de los mandos finales, Tomar muestra de aceite de los mandos finales.

	C/27/09/2018	T-660-H	4561	24.7	Probar los motores hidráulicos por el método bypass, Inspeccionar el tapón magnético para registrar el desgaste, Revisar nivel de aceite de caja de transferencia.
	C/29/09/2018	T-685-H	4561	32.7	Cambiar aceite de la Caja de Transferencia, Tomar muestra de aceite de caja de transferencia (análisis de laboratorio)
OCTUBRE	C/02/10/2018	LY 43	5695	21.4	Inspeccionar respiradero de Caja de Transferencia, Revisar nivel de aceite de caja de transferencia, Cambiar aceite de la Caja de Transferencia.
	C/06/10/2018	LY 44 -01	2756	26.45	Inspeccionar nivel de aceite, Inspeccionar desgaste de cilindro y pistón (fuga de agua), Inspeccionar bomba de agua, Inspeccionar válvulas de línea de agua, Cambiar billas, asientos, juntas de taza
	C/16/10/2018	LY 44 -02	5487	32.5	Engrase de poleas y sproker, Inspeccionar tensión correcta de Flujos, engrasar pines de las articulaciones, engrasar poleas.
	C/25/10/2018	T-660-H	21093	24	Inspeccionar mangueras hidráulicas y reemplazar si es necesario, Inspeccionar tapones respiradas de tanque y limpiar, Inspeccionar gatos hidráulicos de nivelación, Verificar funcionamiento de bombas hidráulicas,

	C/28/10/2018	T-685-H	21097	29.25	Inspeccionar fugas de cilindros hidráulicos de levante de mástil, Inspeccionar fugas en cilindros de avance de cabezal, Cambiar los filtros hidráulicos y tomar muestra del aceite hidráulico
--	--------------	---------	-------	-------	---

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Fallas significativas MBC Drilling, 2019

Tabla 29

Fallas significativas MBC Drilling, 2019

2019	FECHA	Perforadoras	Horómetro	HRS/ PARADA	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO
MAYO	C/02/05/2019	LY 43	4095	18.69	Cambiar aceite de cabezal, Verificar nivel de aceite de cabezal, Verificar presiones de accionamiento del sistema y verificar el buen funcionamiento de parada de emergencia.
	C/06/05/2019	LY 44 -01	26085	16.4	Inspeccionar guías de avance de cabezal, Reemplazo de moto de cabezal, Verificar el funcionamiento de chapa de corte de batería.
	C/16/05/2019	LY 44 -02	16373	36.05	Inspeccionar el estado de winche (abrazaderas y guarda cable), Inspeccionar funcionamiento de winche, Verificar torque de montaje de winche y fugas y eliminarlas, cambio de aceite.
	C/25/04/2019	T-660-H	21093	13.54	Verificar torque de montaje de winche, verificar fugas y eliminarlas y cambio de aceite.
	C/28/04/2019	T-685-H	21097	18.69	Inspección de chack de retención
JUNIO	C/02/06/2019	LY 43	4095	9.48	Verificar torque de montaje de winche, verificar fugas y eliminarlas y cambio de aceite.
	C/06/06/2019	LY 44 -01	4256	22.95	Inspeccionar desgaste de los cables
					Inspeccionar rajaduras, desgaste y abolladuras. Corregir si es necesario y cambiar el aceite hidráulico
	C/16/06/2019	LY 44 -02	5487	21.45	Inspección de fugas de cilindros hidráulicos de levante de mástil

	C/25/06/2019	T-660-H	4869	11.23	Inspeccionar y reemplazar el cableado del equipo que se necesario
					Inspeccionar y reemplazar la línea a tierra que sea necesario
					Inspeccionar, limpiar o reemplazar las conexiones si es necesario
	C/28/06/2019	T-685-H	3012	19.67	Inspeccionar fajas de alternador (interferencias, deterioro, alineación) Verificar funcionamiento del sistema de carga de la batería y verificar nivel de aceite.
JULIO	C/02/07/2019	E03_02- F03_ LY 44	5695	12.35	Cambiar los filtros hidráulicos, Engrasar pines de las articulaciones, Engrase de poleas y sproker.
	C/06/07/2019	E04_02- F03_ LY 45	2756	21.32	Instalación de conectores rápidos en motor hidráulico para bomba de lodos
	C/16/07/2019	LY 44 -02	5487	16.78	Cambiar aceite, filtros de aceite. Tomar muestra de aceite (análisis de laboratorio), drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.
	C/25/07/2019	T-660-H	3546	19.87	Verificar nivel del refrigerante, Inspeccionar turbo,
	C/28/07/2019	T-685-H	3546	23.9	Verificar diariamente de nivel de aceite Inspeccionar el pistón actuador, filtro de fluido de compresor
AGOSTO	C/02/08/2019	LY 43	5695	29.95	Inspeccionar el estado del cable winche (abrazaderas y guarda cable), verificar torque de montaje de winche y fugas y eliminarlas.
	C/12/08/2019	LY 44 -01	2756	24.95	Verificar funcionamiento de instrumentos en el panel de control, funcionamiento de luces indicadoras en el panel de control y verificar nivel de aceite de cabezal
	C/23/08/2019	LY 44 -02	5487	25.78	Cambiar filtro respiradero de tanque hidráulico, cambiar el aceite hidráulico. aceite de cabezal y verificar presiones de accionamiento del sistema

	C/27/08/2019	T-660-H	3546	26.54	Verificar el buen funcionamiento de parada de emergencia, de chapa de corte de batería y el buen funcionamiento de parada de emergencia, y de chapa de corte de batería
	C/28/06/2019	T-685-H	3012	19.67	Inspeccionar fajas de alternador (interferencias, deterioro, alineación) verificar funcionamiento del sistema de carga de la batería y verificar nivel de aceite.
SETIEMBRE	C/02/09/2019	LY 43	4758	19.78	Inspeccionar y reemplazar el cableado del equipo que se necesario Inspeccionar y reemplazar la línea a tierra que sea necesario.
	C/06/09/2019	LY 44 -01	3657	21.45	Verificar funcionamiento del sistema de carga de la batería
					Inspección de alarma de retroceso Inspección de chack de llave de romper tubería
	C/24/09/2019	LY 44 -02	4561	29.78	Cambio de bomba de engranajes del sistema de avance fino y bloque auxiliar, cambio de bloque de válvulas regulación del avance fino y llave de corte
	C/27/09/2019	T-660-H	4561	23.54	inspección de chack de retención
					inspección de llave de romper tubería
C/29/09/2019	T-685-H	4561	22.7	cambio de bomba de engranajes del sistema de avance fino y bloque auxiliar, cambio de bloque de válvulas regulación del avance fino y llave de corte	
OCTUBRE	C/02/10/2019	LY 43	5695	19.87	Inspección de Flujos de avance que esté tensado. Lubricación de Flujos de avance con brocha
	C/06/10/2019	LY 44 -01	2756	20.78	Inspeccionar, limpiar o reemplazar las conexiones si es necesario Probar el funcionamiento de parada de emergencia.

	C/16/10/2019	LY 44 -02	5487	23.45	Inspeccionar tensión correcta de Flujos pines de las articulaciones, de las poleas, Inspeccionar bomba de agua, válvulas de línea de agua y
					Cambiar aceite de bomba
	C/25/10/2019	T-660-H	21093	25.36	Inspeccionar mangueras hidráulicas y reemplazar si es necesario
					Inspeccionar tapones respirares de tanque y limpiar, gatos hidráulicos de nivelación
	C/28/10/2019	T-685-H	21097	18.32	Verificar funcionamiento de bombas hidráulicos
					Inspeccionar fugas de cilindros hidráulicos de levante de mástil, fugas en cilindros de avance de cabezal, cambiar los filtros hidráulicos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Cursos Realizados en Capacitación

				Cursos Realizados en Capacitación														
				Fotocheck	Preparación de bodos y fluidos de perforación	Gestión de Seguridad	Fundamentos de motores diesel	Motores 1 y 2	Motores 3	Hidráulica 1 y 2	Fundamentos de hidráulica	Fundamentos de electricidad	Fundamentos de Sistemas de Transmisión	Transmisiones 1 y 2	Transmisiones 3	Electrónica Técnica	Sistemas Hidráulicos	Ensamblaje de mangueras hidráulicas
Item	Nombre	Apellidos	Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Pamela Roxana	Bazán Rojas	1300570	XX					XX					XX				
2	Yuri	Acaro Peña	1317173		XX					XX						XX		
3	Harold	Cassana	1317176	XX						XX				XX				
4	Javier	Burgos Seminario	1317179		XX		XX									XX		
5	Percy	Laura	1317183	XX		XX		XX										
6	Richard	Gómez	1317186					XX		XX							XX	
7	Luis	Quito	1317189		XX					XX							XX	
8	José	Valencia Cabanillas	1317192			XX		XX					XX					
9	Kiara	Villacorta Urbina	1317195	XX			XX										XX	
10	Ángel	Cayetano Cristóbal	1317198		XX			XX			XX							
11	Richard	Cabanillas valencia	1317202		XX					XX						XX		
12	Kenedy	Espinoza Ayala	1317205				XX					XX					XX	
13	Percy	Moran Jaramillo	1317208			XX				XX				XX				
14	Luis	Cahuana Mamani	1317211		XX					XX		XX						
15	Isaías	Vargas Cente	1317214															
16	Dante	Azañero	1317217					XX							XX		XX	
17	Kevin	Osorio	1317221		XX					XX		XX						
18	Rolling	Mamani	1317224			XX				XX							XX	
19	Luis	Díaz	1317227	XX				XX							XX			
20	Rolando	Arias Hidalgo	1317230		XX					XX							XX	
21	Manuel	Rodríguez Mendoza	1317233	XX							XX				XX			
22	Miller	Rojas Zavaleta	1317236		XX		XX									XX		
23	David	Lavado	1317240	XX		XX		XX										
24	Pedro	Espinoza Molina	1317243				XX			XX							XX	
25	Arnold	Yacolca Palacios	1317246		XX					XX							XX	
26	Frank	Castillo Apolinario	1317249			XX		XX					XX					
27	Elmer	De La Cruz Cribillero	1317252	XX			XX										XX	
28	Jhonn	León Auris	1317255		XX			XX			XX							
29	Daniel	Reyes	1317259		XX					XX						XX		
30	Josue	Nolasco	1317262	XX		XX				XX							XX	
31	Noe	Arone Tomayla	1317265															
32	Niltón	Vedtura Llaca	1317268		XX			XX				XX						
33	Raúl	Vilcatoma Camasca	1317271	XX		XX											XX	

Figura 45: Cursos Realizados en Capacitación, 2019

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17. Plan de implementación de mantenimiento preventivo

DATOS		Plan de Implementación - 2019 (29 días)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Frecuencia de Km:	250	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	
Horas:	250	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	
Grupo Mecánica	Operación de Mantenimiento	250	500	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	
Horómetro último mantenimiento	100.00	350	850	1,600	2,600	3,850	5,350	7,100	9,100	11,350	13,850	16,600	19,600	
LY 43	MOTOR DIESEL	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	
	COMPRESOR	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	ORUGA	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	BOMBA BEAN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	MASTIL	*	*	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA HIDRÁULICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	CABEZAL DE ROTACION	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C
	SISTEMA ELECTRICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
Frecuencia de Km:	250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Horas:	250	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	
Grupo Mecánica	Operación de Mantenimiento	250	500	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	
Horómetro último mantenimiento	100.00	350	850	1,600	2,600	3,850	5,350	7,100	9,100	11,350	13,850	16,600	19,600	
LY 44 -01	MOTOR DIESEL	0	I,R,O	0	I,R,O	0	I,R,O	0	I,R,O	0	I,R,O	0	I,R,O	
	COMPRESOR	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	ORUGA	I,R,O	I,R,O	I,R,O	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	BOMBA BEAN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	MASTIL	*	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA HIDRÁULICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	CABEZAL DE ROTACION	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C
	SISTEMA ELECTRICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
Frecuencia de Km:	250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Horas:	380	380	630	880	1130	1380	1630	1880	2130	2380	2630	2880	3130	
Grupo Mecánica	Operación de Mantenimiento	250	500	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	
Horómetro último mantenimiento	100.00	350	850	1,600	2,600	3,850	5,350	7,100	9,100	11,350	13,850	16,600	19,600	
LY 44 -02	MOTOR DIESEL	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	
	COMPRESOR	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	ORUGA	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	BOMBA BEAN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	MASTIL	I,R,O	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA HIDRÁULICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	CABEZAL DE ROTACION	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C
	SISTEMA ELECTRICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
Frecuencia de Km:	240	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Horas:	270	270	520	770	1020	1270	1520	1770	2020	2270	2520	2770	3020	
Grupo Mecánica	Operación de Mantenimiento	240	480	720	960	1,200	1,440	1,680	1,920	2,160	2,400	2,640	2,880	
Horómetro último mantenimiento	100.00	340	820	1,540	2,500	3,700	5,140	6,820	8,740	10,900	13,300	15,940	18,820	
T-660-H	MOTOR DIESEL	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	
	COMPRESOR	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	ORUGA	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	BOMBA BEAN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	MASTIL	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA HIDRÁULICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	CABEZAL DE ROTACION	R,C	I,R,O	R,C	I,R,O	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C
	SISTEMA ELECTRICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
Frecuencia de Km:	250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Horas:	250	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	
Grupo Mecánica	Operación de Mantenimiento	250	500	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	
Horómetro último mantenimiento	100.00	350	850	1,600	2,600	3,850	5,350	7,100	9,100	11,350	13,850	16,600	19,600	
T-685-H	MOTOR DIESEL	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	
	COMPRESOR	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	ORUGA	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	I,R,O	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	BOMBA BEAN	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	MASTIL	*	*	*	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	SISTEMA HIDRÁULICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	
	CABEZAL DE ROTACION	R,C	I,R,O	R,C	I,R,O	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C	R,C
	SISTEMA ELECTRICO	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	I,R,O	

LEYENDA	
I,R,O	Inspeccionar, revisar, observar
R,C	Reemplazar, Cambiar
*	Lubricar Engrasar
L,S,L	Limpiar, Soplar, Lavar

Figura 46: Plan de mantenimiento preventivo, 2019

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Diagnóstico de las perforadoras

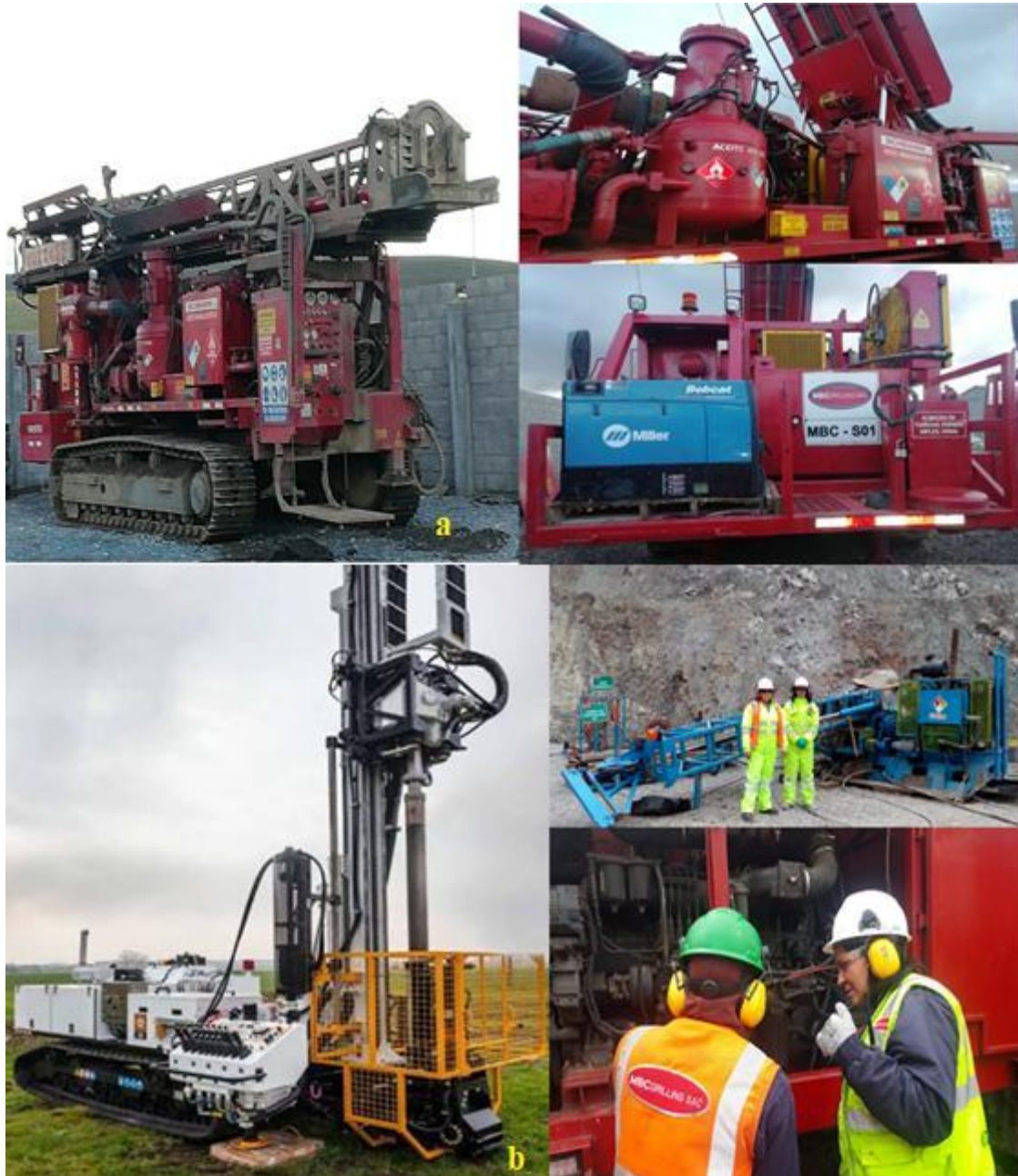


Figura 47: Máquina Schramm MBC-S01(a) y Máquina Long year – 44(02)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19. Rol de Guardias el MCB Drilling, 2019

PROYECTO: BROCAL				OCTUBRE																																	
PERSONAL DE MBC DRILLING SAC-2019				MA	ME	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	ME	JU	VI	SA	DO	LU	MA	ME	JU	VI	SA	DO	LU	MA	ME	JU			
Nº	Nombre	Apellidos	CARGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
SUPERVISOR	1	Bazán Rojas	Asistente de Reducción	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12			
	2	Acosta Pareda	Sup. Operaciones	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12			
	3	Cabrera	Sup. Operaciones	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12			
	4	Carmona	Sup. Operaciones	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12			
	5	Castro	Sup. Operaciones	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12			
	6	Luna	Sup. Operaciones	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12		
	7	García	Ingeniero HSE	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12		
	8	Quila	Ingeniero HSE	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12		
	9	Valencia	Ingeniero HSE	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	
	10	Milavecchia	Asistente de Reducción	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12		
HIDROLOG	11	Angel	Cayetano Ceballos	Hidrogeólogo	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12		
	12	Richard	caballeros valencia	Hidrogeólogo	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL		
	13	Ramiro	Espinoza Ayala	Hidrogeólogo	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12		
	14	Ricardo	Morales	Perforista	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	
	15	Sulda	Cabrera Martínez	Perforista	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	
GUARDIA 01	16	Salda	Vargas Coerver	Ayudante 01	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12		
	17	Monte	Acuña	Ayudante 01	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	
	18	Monte	Oroño	Ayudante 02	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	
	19	Rodrigo	Morales	Perforista	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	
	20	Sulda	Díaz	Ayudante 01	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12
GUARDIA 02	21	Rodrigo	Ariza Hidalgo	Ayudante 02	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	
	22	Marta	Rodríguez Merino	Perforista	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	
	23	Milva	Rojas Zavalta	Ayudante 01	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
	24	David	Lavado	Ayudante 02	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
	25	Pedro	Expósito Molina	Mecánico 01	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12
GUARDIA 03	26	Aron	Yacilca Páez	Mecánico 02	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	
	27	Sime	Correa Guerrero	Soldador 01	DL	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12	N12
	28	Steven	Delgado	Soldador 03	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
	29	John	Llanos	Conductor 1	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
	30	Rafael	Rojas	Conductor 1	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
OPERADOR	31	Josue	Nolasco	Conductor 2	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	
	32	Walter	Avendaño	Conductor 3	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	D12	
	33	Walter	Walters	Operador de Grúa	D12	D12	D12	D12	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
	34	Rafael	Walters	Rigger	D13	D13	D13	D13	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL

Figura 48: Rol de Guardias el MCB Drilling, 2019
Fuente: Elaboración propia

Anexo 20. Plano de ubicación de la Poza – 09

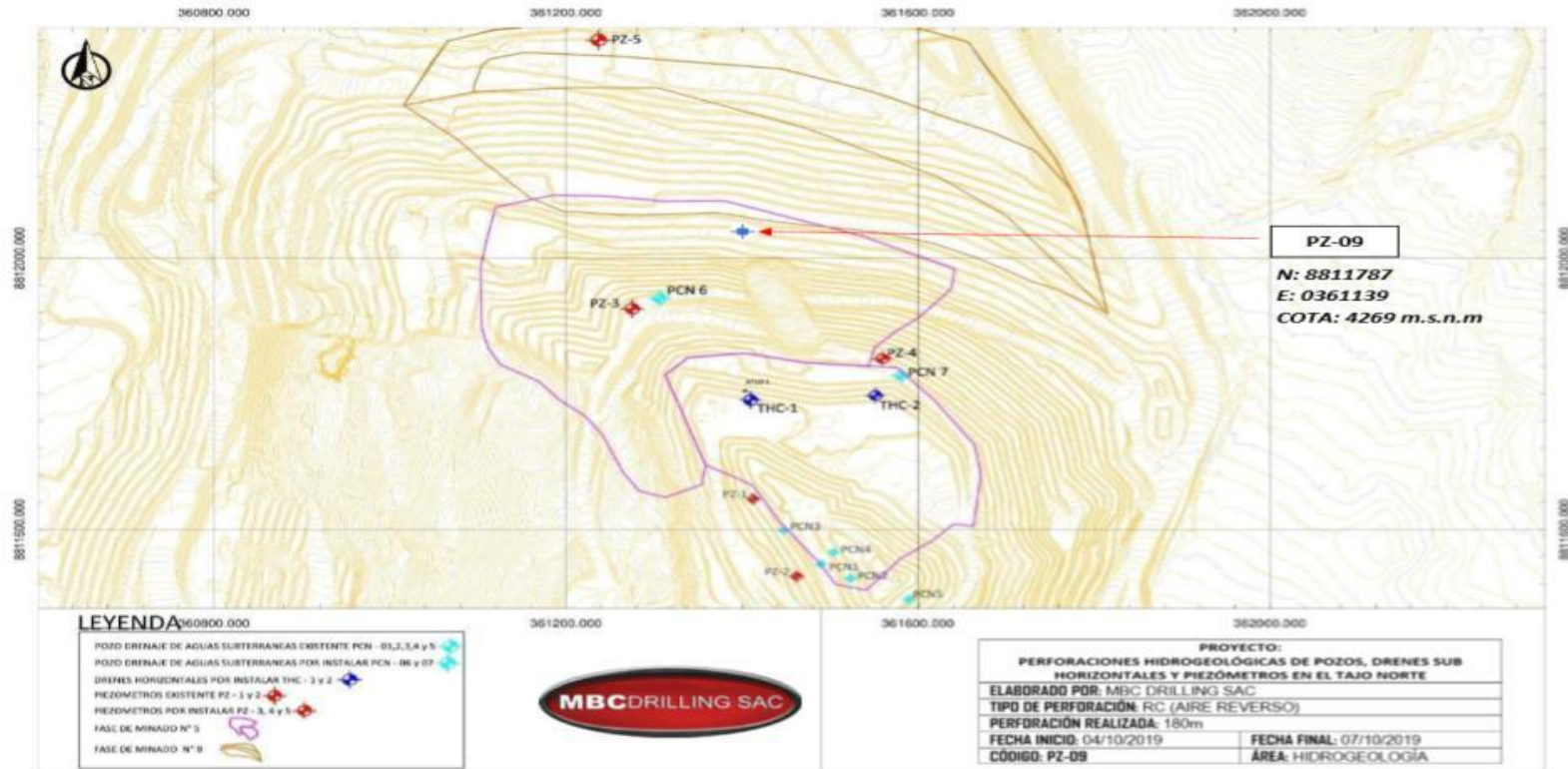


Figura 49: Plano de ubicación de la Poza – 09

Fuente: Elaboración propia