

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TPM PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE GRANALLADO,
EMPRESA JCB ESTRUCTURAS S.A.C., 2019**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR

Bach. CÁCERES ROA, OBER ALEXANDER

Bach. GAMEZ PUCHURI, JEANPIERRE JAVIER

ASESOR: Dra. Ing. FIERRO BRAVO, MARITTÉ

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

“A mi madre Angela Roa, a mi padre Ober Cáceres y a mis hermanos Mathias y Fernanda por su apoyo incondicional en todo momento y por su inmenso amor que me han dado día a día.”

Ober Cáceres Roa

“A mi madre Tania Puchuri y a mi padre Javier Gamez por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años de mi vida. A mis hermanos José y Juan por ser mi motivo a seguir siendo un ejemplo para ellos. A todos, gracias por convertirme en una persona de bien.”

Jeanpierre Gamez Puchuri

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primero a Dios por darnos la fortaleza de seguir cumpliendo nuestros objetivos, brindarnos de salud y paz en nuestras familias. Así mismo agradecemos a la empresa JCB Estructuras por brindarnos y permitirnos el uso de su información e infraestructura para llevar a cabo nuestra investigación.

Ober Cáceres Roa

Jeanpierre Gamez Puchuri

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Formulación y delimitación del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	7
1.3. Objetivo general y específico.....	7
1.4. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y conceptual.....	7
1.5. Importancia y justificación del estudio.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	9
2.2 Base teórica.....	13
2.2.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	13
2.2.1.1 Principios del TPM.....	14
2.2.1.2 Confiabilidad.....	15
2.2.1.3 Disponibilidad.....	15
2.2.1.4 Programa de desarrollo del TPM.....	15
2.2.1.5 Pilares del TPM.....	16
2.2.2 Productividad.....	19
2.2.3 Eficacia.....	19
2.2.4 Eficiencia.....	20
2.2.5. Definición de Eficiencia Global de Equipos (OEE).....	20
2.2.5.1. Factores de la Eficiencia Global de Equipos (OEE).....	21
2.2.5.2. Coeficiente de disponibilidad.....	21
2.2.5.3. Coeficiente de efectividad o eficiencia.....	22
2.2.5.4. Coeficiente de calidad.....	22
2.2.6. Proceso de Granallado.....	23
2.2.7. Granalladora.....	24
2.2.8. Partícula de granalla o granalla.....	24
2.3. Definición de términos básicos.....	24
2.4. Hipótesis.....	26
2.4.1. Hipótesis general.....	26
2.4.2. Hipótesis específicas.....	26
2.5. Variables.....	26

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	28
3.1. Tipo y método de investigación	28
3.2. Población de estudio	28
3.3. Diseño muestral.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos.....	29
3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	30
3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos.....	30
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	31
4.1. Diagnóstico y situación actual	31
4.1.1. Datos generales de la empresa JCB Estructuras.....	31
4.1.2 Organigrama.....	38
4.1.3. Descripción del proceso productivo.....	40
4.1.4. Análisis de costos de máquinas y equipos	43
4.1.5. Encuestas con respecto a productividad y TPM.....	44
4.1.6. Análisis de criticidad de equipos.....	48
4.1.7. Análisis de la orden de trabajo del proceso de granallado	52
4.2. Implementación de la mejora	54
4.2.1. Fases del desarrollo de la propuesta.....	54
4.2.1.1. Preparación.....	55
4.2.1.1.1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa.....	55
4.2.1.1.2. Información sobre TPM	56
4.2.1.1.3. Estructura promocional del TPM	57
4.2.1.1.4. Objetivos y políticas básicas de TPM	58
4.2.1.1.5. Plan maestro del desarrollo del TPM	58
4.2.1.2. Introducción	59
4.2.1.2.1. Arranque formal del TPM.....	59
4.2.1.3. Implantación.....	59
4.2.1.3.1. Mejorar la efectividad del equipo.....	59
4.2.1.3.2. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.....	60
4.3. Presentación de resultados	78
4.3.1. Productividad	78
4.3.2. Eficiencia y eficacia	78
4.3.3. Disponibilidad y confiabilidad.....	81

4.3.4. Resumen de resultados.....	82
4.4. Análisis de resultados.....	83
4.4.1. Análisis descriptivo.....	83
4.4.2. Análisis inferencial.....	86
DISCUSIÓN	95
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Evolución de empresas metalmecánicas en el Perú.....	3
Figura N° 2: Diagrama de Ishikawa	6
Figura N° 3: Las seis grandes pérdidas y sus agrupaciones	14
Figura N° 4: Clasificación de las seis grandes pérdidas y sus características	15
Figura N° 5: Las 12 etapas a seguir para implementar el TPM.....	16
Figura N° 6: Fórmula de eficacia.....	20
Figura N° 7: Fórmula de eficiencia.....	20
Figura N° 8: Imagen satelital de planta de JCB Estructuras.....	31
Figura N° 9: Imagen del área de soldeo de la empresa JCB Estructuras.....	32
Figura N° 10: Mapa de Procesos Macro JCB	35
Figura N° 11: Organigrama Macro JCB Estructuras	38
Figura N° 12: Organigrama Departamento Operaciones JCB Estructuras.....	38
Figura N° 13: Diagrama de bloques	40
Figura N° 14: Proceso Productivo JCB Estructura.....	40
Figura N° 15: Equipos utilizados en el proceso operativo	43
Figura N° 16: Diagrama de Pareto.....	46
Figura N° 17: Eficiencia de proceso de granallado	50
Figura N° 18: Eficacia del proceso de granallado	51
Figura N° 19: Orden de trabajo granallado.....	52
Figura N° 20: Formato de avance diario de granallado	53
Figura N° 21: Fases y etapas de implementación del TPM.....	55
Figura N° 22: Curso de Filosofía TPM a personal administrativo	56
Figura N° 23: Curso de Filosofía TPM a personal operativo	56
Figura N° 24: Reunión sobre arranque formal del TPM	59
Figura N° 25: Organización en el sector de la granalladora GR01	61
Figura N° 26: Bolsa de granalla.....	61
Figura N° 27: Napa emitida por máquina granalladora.....	62
Figura N° 28: Formato de Trabajo de Terceros.....	63
Figura N° 29: Formato de análisis de modos de fallo y sus efectos (A.M.F.E.)	64
Figura N° 30: Check list mantenimiento granalladora GR-01	66
Figura N° 31: Inventario de Equipos	67
Figura N° 32: Granalladora GR-01 luego de aplicar 5S.....	68
Figura N° 33: Despiece de turbina (GR-01)	74
Figura N° 34: Despiece conceptual de turbina (GR-01).....	75
Figura N° 35: Despiece conceptual de Noria (GR-01).....	75
Figura N° 36: Sistema de limpieza	76
Figura N° 37: Sistema de transporte	76
Figura N° 38: Eficiencia proceso granallado luego de implementación del TPM	79
Figura N° 39: Eficacia del proceso de granallado luego de la implementación del TPM.....	80
Figura N° 40: Comportamiento de productividad antes y después de implementación del TPM.....	83
Figura N° 41: Evolución de los índices de productividad	83
Figura N° 42: Comportamiento de los índices de eficiencia antes y después de la implementación del TPM.....	84

Figura N° 43: Comportamiento de índices de eficacia antes y después de implementación del TPM	84
Figura N° 44: Comportamiento de los índices de confiabilidad antes y después de la implementación del TPM	85
Figura N° 45: Comportamiento de los índices de disponibilidad antes y después de la implementación del TPM	85
Figura N° 46: Análisis de datos de la hipótesis general	86
Figura N° 47: Análisis de Normalidad de Productividad antes y después con Shapiro Wilk	86
Figura N° 48: Significancia de prueba de Wilcoxon	88
Figura N° 49: Análisis de datos de la primera hipótesis específica	89
Figura N° 50: Análisis de Normalidad de eficiencia antes y después con Shapiro Wilk	89
Figura N° 51: Significancia de prueba de Wilcoxon	91
Figura N° 52: Análisis de datos de la segunda hipótesis específica	92
Figura N° 53: Análisis de Normalidad de Productividad antes y después con Shapiro Wilk	92
Figura N° 54: Significancia de prueba de Wilcoxon	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evolución de empresas metalmecánicas en el Perú.....	2
Tabla 2: Resumen de proyectos 2018	4
Tabla 3: Costos por eficiencia y eficacia	5
Tabla 4: Confiabilidad y disponibilidad GR01	5
Tabla 5: Matriz de Operacionalización.....	27
Tabla 6: Total de población	29
Tabla 7: Coordenadas de ubicación de planta JCB Estructuras.....	32
Tabla 8: Inventario de máquinas.....	34
Tabla 9: Promedio de utilización de materia prima	36
Tabla 10: Productos utilizados.....	37
Tabla 11: Insumos utilizados	37
Tabla 12: Costos de activos fijos	43
Tabla 13: Costos de mantenimiento año 2018.....	44
Tabla 14: Causas principales que ocasionan baja productividad.....	45
Tabla 15: Frecuencia de causas de baja productividad.....	45
Tabla 16: Cuadro resumen de encuesta sobre TPM	47
Tabla 17: Tiempo de inoperatividad Julio 2019	48
Tabla 18: Diagnóstico correctivo granalladora GR01	49
Tabla 19: Eficiencia del proceso de granallado	50
Tabla 20: Eficacia del proceso de granallado	51
Tabla 21: OEE de la máquina granalladora antes de la implementación del TPM	60
Tabla 22: Cuadro comparativo del antes y después de implementación	68
Tabla 23: Actividades de lubricación	69
Tabla 24: Actividades eléctricas	69
Tabla 25: Actividades mecánicas	70
Tabla 26: Actividades de instrumentación.....	71
Tabla 27: Cronograma diario purificador de abrasivos	72
Tabla 28: Cronograma semanal elevador de cangilones	72
Tabla 29: Cronograma diario turbina modelo TR300 20HP	72
Tabla 30: Cronograma semanal turbina modelo TR300 20HP.....	72
Tabla 31: Cronograma diario sistema de limpieza	73
Tabla 32: Cronograma semanal sistema de limpieza.....	73
Tabla 33: Cronograma diario aspirador de polvo	73
Tabla 34: Cronograma semanal aspirador de polvo	73
Tabla 35: Despiece de Granalladora	74
Tabla 36: Cuadro de MTBF y MTTR antes de implementación	77
Tabla 37: Cuadro de MTBF y MTTR después de implementación del TPM	78
Tabla 38: Eficiencia, eficacia y productividad luego de implementación de TPM.....	78
Tabla 39: Eficiencia del proceso de granallado luego de la implementación del TPM..	79
Tabla 40: Eficacia del proceso de granallado luego de la implementación del TPM.....	80
Tabla 41: Confiabilidad y disponibilidad de granalladora 1 después de la implementación del TPM	81
Tabla 42: OEE de la granalladora después de la implementación del TPM.....	81
Tabla 43: Cuadro resumen de indicadores antes y después de implementación TPM...	82

Tabla 44: Contrastación de la hipótesis general	87
Tabla 45: Contrastación de la primera hipótesis específica.....	90
Tabla 46: Contrastación de la segunda hipótesis específica	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de gastos generales.....	100
Anexo 2: Distribución de gastos generales del proyecto.....	102
Anexo 3: Análisis de costo de planta.....	103
Anexo 4: Encuesta 1	104
Anexo 5: Matriz de consistencia.....	105
Anexo 6: Check List de validación de instrumentos	106
Anexo 7: Flujo de proceso	107
Anexo 8: Encuesta 2	109
Anexo 9: Documentación de autorización de aplicación de la herramienta TPM en planta	110
Anexo 10: Difusión TPM (correo corporativo)	111
Anexo 11: Conformación Comité TPM.....	112
Anexo 12: Documento de autorización de añadir la política TPM.....	113
Anexo 13: Cronograma TPM	114
Anexo 14: Arranque formal TPM.....	115
Anexo 15: Evaluación de capacitación TPM.....	116
Anexo 16: Procedimiento Mantenimiento Preventivo.....	117
Anexo 17: Procedimiento de Mantenimiento Correctivo	118
Anexo 18: Procedimiento mantenimiento rutinario.....	119
Anexo 19: Plan de mantenimiento granalladora GR01	120
Anexo 20: Validación del plan de mantenimiento.....	121
Anexo 21: Validación de mejoramiento de proceso de granallado	122
Anexo 22: Certificación Black Belt.....	123
Anexo 23: Plano de planta JCB Estructuras S.A.C	124
Anexo 24: Partes de trabajo del personal de mantenimiento.....	125
Anexo 25: Ficha técnica de Granalladora 1	129

RESUMEN

Mediante la observación y análisis de los datos recogidos del proceso de producción de JCB Estructuras se identificó la razón que logró crear una baja productividad en el proceso. El área de mantenimiento fue la principal causa, es por ello que se desarrolló el análisis de criticidad de las máquinas, el cual el proceso de granallado, con su máquina granalladora lograba causar aquel impacto debido a una deficiente gestión de mantenimiento que carecía la empresa.

Por tal motivo nació el desarrollo de la implementación del TPM que consistió en aplicar los pilares de mantenimiento autónomo y planificado a la máquina granalladora. Finalmente, se procedió a comparar los resultados del proceso de granallado antes y después de la implementación del TPM obteniendo un incremento de 22.86% en productividad del proceso gracias a la mejora de la gestión del mantenimiento.

Palabras clave: Productividad, TPM, granallado, eficiencia, eficacia y granalladora.

ABSTRACT

By observing and analyzing the data collected from the production process of JCB Structures, the reason that created low productivity in the process was identified. The maintenance area was the main cause, which is why the criticality analysis of the machines was developed, which the shot blasting process, with its shot blasting machine managed to cause that impact due to poor maintenance management that the company lacked.

For this reason, the development of the TPM implementation was born, which consisted of applying the autonomous and planned maintenance pillars to the shot blasting machine. Finally, the results of the blasting process were compared before and after the implementation of the TPM, obtaining a 22.86% increase in process productivity thanks to the improvement of maintenance management.

Keywords: Productivity, TPM, shot blasting, efficiency, effectiveness and shot blasting machine.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad incrementar la productividad del proceso de granallado mediante la mejora de la gestión del mantenimiento, el mantenimiento autónomo y preventivo aplicando la herramienta TPM o Mantenimiento Productivo Total.

La presente comprende de 4 capítulos donde en el primer capítulo se muestra la formulación y delimitación del problema. Además, se presentan los principales objetivos y la importancia de la investigación.

Seguidamente en el segundo capítulo se muestran los antecedentes de estudio en relación a la aplicación de la herramienta TPM en empresas metalmecánicas relacionados a mejorar productividad, eficiencia y eficacia. Se describen los conceptos generales relativos a la herramienta TPM y al proceso de granallado incluyendo definiciones previas, el programa de implementación y los pilares del TPM. Así como también se describe la productividad, eficiencia y eficacia.

Asimismo, en el tercer capítulo, se describen las hipótesis a demostrar y se identifican las variables en estudio. Se describe la metodología de la investigación donde se detalla el tipo, nivel, diseño, población, muestra de la investigación, además de las técnicas e instrumentos utilizados para encaminar la presente.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presenta el análisis obtenido de la investigación el cual logró obtener un resultado positivo desarrollando la implementación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Formulación y delimitación del problema

En el Perú, el sector metalmeccánico y su producción industrial de bienes de capital como maquinarias, equipos e instalaciones, así como artículos y suministros para la industria, minería, construcción, transporte y otros sectores, creció 10,2 % entre enero y octubre de 2018 respecto a su similar periodo del 2017.

Esto fue generado por el crecimiento de los sectores como la minería e hidrocarburos, manufactura, construcción y comercio que desde junio 2018 a mayo 2019 alcanzó un 2,60% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019).

Lo que propicio una tendencia creciente en los últimos 10 años (véase figura 1 y tabla 1) de creación de empresas metalmeccánicas formalizadas dedicadas al diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas de acero (véase tabla 1).

Tabla 1: Evolución de empresas metalmeccánicas en el Perú

Empresa	Año fundación	Años en el Mercado	Cantidad de empresas
CB Metal	2011	8	13
FABERTEK	2011	8	12
JCB ESTRUCTURAS	2008	11	11
SC Ingeniería y Construcción	2000	19	10
MEGA ESTRUCTURAS	1998	21	9
AiD Ingenieros	1996	23	8
ESMETAL	1996	23	7
FGA	1996	23	6
FERMAR	1987	32	5
Técnicas Metálicas	1980	39	4
CEMPROTEC	1978	41	3
FIMA	1969	50	2
HAUG	1949	70	1

Fuente: Elaboración propia

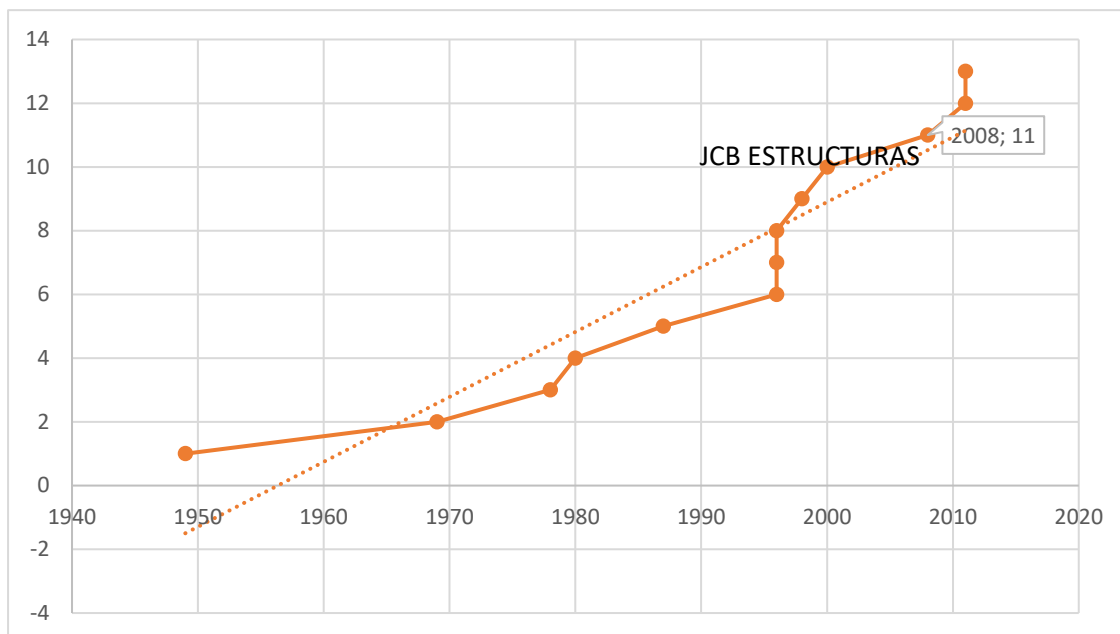


Figura N° 1: Evolución de empresas metalmeccánicas en el Perú

Fuente: Elaboración propia

En particular, la empresa JCB Estructuras S.A.C. ubicada en Perú, Departamento de Lima, Provincia de Huarochirí, Zona Lima Este, en el distrito de San Antonio, avenida Junín Mz. DÑ Lote 13-14, especializada en el diseño, fabricación y montaje de edificaciones de acero para sectores económicos como Energía y Minería, Construcción e Industria, Vial y Retail.

La empresa cuenta con 3 líneas de acción dentro del proceso operativo los cuales son: diseño, fabricación y montaje. Donde fabricación es la línea en la que se fabrica estructuras metálicas por kilogramos y metros cuadrados, la cual cuenta con 4 subprocesos (habilitado, armado, soldeo y recubrimiento), es apoyado por un staff de 21 colaboradores.

En este último año 2018, la empresa ha logrado concretar 10 proyectos con un monto acumulado de S/.17,103,550.22, obteniendo como utilidad del mismo un acumulado de S/. 888,284.29. (Véase Tabla 2)

Tabla 2: Resumen de proyectos 2018

DENOMINACIÓN OBRA	PESO PROYECTO (KG)	PRECIO DE VENTA	% UTILIDAD CD	MOTNO UTILIDAD
299/PLAZA	105,315.80	S/. 3,999,105.68	4%	S/. 159,964.23
320/ARICA	27,602.69	S/. 1,940,000.00	8%	S/. 155,200.00
322/NEWTON	153,521.35	S/. 6,360,884.35	4%	S/. 254,435.37
324	5,753.18	S/. 689,708.60	7%	S/. 48,279.60
325/ANCLAJES	11,431.60	S/. 260,967.87	4%	S/. 10,438.71
326	559.87	S/. 300,303.00	19%	S/. 57,057.57
330/YURA	31,864.48	S/. 967,084.62	6%	S/. 58,025.08
332/TRUJILLO	22,599.54	S/. 157,274.24	6%	S/. 9,436.45
333/SELVA	511,877.82	S/. 638,640.00	10%	S/. 63,864.00
337/1B-1C	259,714.68	S/. 1,789,581.86	4%	S/. 71,583.27
PROMEDIO		S/. 17,103,550.22	5%	S/. 888,284.28

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el costo directo, gastos generales y la utilidad de los proyectos (véase Anexo N°1) se obtuvo que el costo directo representa el 87% del proyecto, e incluye el costo de acero, consumibles, costo de planta y gastos de contratistas. En segundo lugar, los gastos generales (8.5%) que incluye gastos de administración de oficina, financieros, póliza seguros, campamentos, seguridad y calidad. Finalmente, la utilidad que está asignada a un 4.5%.

Al detallar las partidas que conforman el costo directo (véase Anexo N°2) se evidencia que en el costo de planta del ítem de mantenimiento equivale a un 25% de este último costo (véase Anexo N° 3). Sumado a ello, el costo mensual de mantenimiento equivale a S/. 47,406.95, que es relativamente alto. También se identificó un elevado número de mantenimientos correctivos lo que genera sobrecostos y paradas innecesarias.

Asimismo, se verifica que el costo por eficiencia y eficacia (véase Tabla N°3), evaluados en la etapa de diagnóstico, equivale al 60.76% (S/. 28,805.66) del promedio mensual del año anterior.

Al analizar el proceso productivo se determinó que la máquina granalladora (GR-01), presenta promedios por debajo de su capacidad (eficiencia de 73.90%, una eficacia de 75.50%) generando una productividad de 62.04%.

Tabla 3: Costos por eficiencia y eficacia

DÍA	H. MÁQ. PROGRAMADA	H. MÁQ. UTILIZADA	EFICIENCIA	CANT. PROYECTADA (m ²)	CANT. PRODUCIDA (m ²)	EFICACIA	COSTO TOTAL EFICIENCIA	SOBRE COSTO
15-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
16-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
17-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
18-jul	8	6.5	81%	350.00	284.375	81%	S/. 617.63	S/. 590.63
19-jul	8	7	88%	350.00	352.00	101%	S/. 411.75	S/. 0.00
20-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
21-jul	0	0	0%	0.00	0	0%	S/. 0.00	S/. 0.00
22-jul	8	4	50%	350.00	175.00	50%	S/. 1,698.95	S/. 1,575.00
23-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
24-jul	8	6.5	81%	350.00	284.38	81%	S/. 639.59	S/. 590.63
25-jul	8	1	13%	350.00	43.75	13%	S/. 3,277.96	S/. 2,756.25
26-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
27-jul	0	0	0%	0.00	0	0%	S/. 0.00	S/. 0.00
28-jul	0	0	0%	0.00	0	0%	S/. 0.00	S/. 0.00
29-jul	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
30-jul	8	7	88%	350.00	356.00	102%	S/. 411.75	S/. 0.00
31-jul	8	1	13%	350.00	43.75	13%	S/. 2,997.96	S/. 2,756.25
01-ago	8	5	63%	350.00	218.75	63%	S/. 1,647.83	S/. 1,181.25
02-ago	8	7	88%	350.00	306.25	88%	S/. 411.75	S/. 393.75
03-ago	8	6.5	81%	350.00	284.375	81%	S/. 617.63	S/. 590.63
							S/. 15,615.03	S/ 13,190.63
							S/. 28,805.66	

Fuente: Elaboración propia

Además, se realizó el análisis de la confiabilidad y disponibilidad con respecto a la máquina granalladora, lo que arrojó que el promedio de porcentaje de confiabilidad y disponibilidad son de 75% y 67% respectivamente. (Véase tabla 4)

Tabla 4: Confiabilidad y disponibilidad GR01

DÍA	To	Tr	N° FALLAS	H.MÁQ PROG.	MTBF	MTR	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD
15-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
16-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
17-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
18-jul	6.5	1.5	1	8	6.50	1.50	81%	77%
19-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
20-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
21-jul	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
22-jul	4	4	2	8	2.00	2.00	50%	0%
23-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
24-jul	6.5	1.5	2	8	3.25	0.75	81%	77%
25-jul	1	7	2	8	0.50	3.50	13%	0%
26-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
27-jul	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
28-jul	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
29-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
30-jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
31-jul	1	7	3	8	0.33	2.33	13%	0%
01-ago	5	3	3	8	1.67	1.00	63%	40%
02-ago	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
03-ago	6.5	1.5	1	8	6.50	1.50	81%	77%

Fuente: Elaboración propia

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿En qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019?

Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado?
- b) ¿En qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado?

1.3. Objetivo general y específico

Objetivo General

Determinar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Objetivos Específicos

- a) Evaluar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado.
- b) Evaluar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado.

1.4. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y conceptual

Delimitación espacial

La aplicación se llevará en la empresa JCB Estructuras S.A.C. con número de RUC N° 20516259516 ubicada en el país de Perú, Departamento de Lima, Provincia de Huarochirí, Distrito de San Antonio, Sector Villa el Sol, Avenida Junín MZ DÑ Lote 13, Sector 01, granalladora GR-01.

Delimitación temporal

La investigación aborda desde la identificación del problema y el levantamiento de información hasta la aplicación de la herramienta TPM en el proceso de Granallado entre los meses de enero 2018 a setiembre 2019.

Delimitación conceptual

La aplicación de la herramienta TPM se realizará en el proceso de Granallado de estructuras metálicas de acero, en la granalladora número 01 con código GR-01 ubicada en el sector 01 de la planta de la empresa JCB Estructuras S.A.C.

1.5.Importancia y justificación del estudio

Justificación teórica

La aplicación de la herramienta TPM ampliará los conocimientos y enfocará los objetivos de la organización hacia la mejora continua de la eficiencia de los equipos y las operaciones de fabricación mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, orden, limpieza y seguridad.

Justificación práctica

Mejora de la productividad del proceso de granallado en la empresa JCB Estructuras aplicando la herramienta TPM.

Justificación metodológica

La aplicación de la herramienta TPM se realizará en planta JCB Estructuras mediante un levantamiento de información inicial basado en datos cualitativos y cuantitativos proporcionados por los responsables del proceso.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

INTERNACIONAL

Martínez R. (2015) en su tesis demostró que:

La presente tesis doctoral profundiza en la dificultad que supone la implantación del TPM (Total Productive Maintenance) y a través del análisis de las publicaciones existentes:

- Elabora una propuesta que concreta cual es el modelo de implantación del TPM más adecuado y los objetivos de desarrollo fundamentales que se deberán de conseguir en cada paso.
 - Define una relación exhaustiva de facilitadores y barreras que influyen sobre el TPM, definiéndose las relaciones jerárquicas que los regulan y sus semejanzas con los facilitadores propios de la innovación continua.
 - Define las relaciones entre los conjuntos de facilitadores y los pasos de modelo propuesto, a través de la valoración del impacto que pueden tener sobre sus objetivos de desarrollo y la relación de jerarquías existente entre los facilitadores.
- (p. 4)

Quishpe F. (2016) en su trabajo de investigación demostró que:

El sistema que gestionaba el mantenimiento de los equipos de producción de TOPESA S.A., no se encontraba debidamente organizado ni sistematizado [...] Para solucionar esta problemática, se diseñó un sistema de mantenimiento productivo total, con el fin de asegurar una adecuada disponibilidad de maquinaria y evitar paros por fallos inadvertidos. (p. 20)

NACIONAL

Ushiñahua L. (2017) en su tesis demostró que:

El desarrollo del proceso de la implantación de mejora consistió en la aplicación de actividades del TPM: mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado al área de spools. Por ello, se mostrará un plan de mejora la cual permitirá conocer las actividades a realizar en cada etapa (p. 17).

El objetivo de dicha investigación es mejorar la productividad de la línea productiva de spools en la empresa FIMA S.A., debido a que se observó que la baja productividad es causada en mayor porcentaje por constantes paradas de las máquinas, reproceso y productos defectuosos, que genera una gran pérdida monetaria para la empresa. La aplicación del TPM estará centralizada en la máquina Vernon utilizado para la producción de spools.

Seminario L. (2017) en su tesis demostró que:

Con la implementación del TPM se logró el incremento de la Eficiencia Global de Equipos (OEE) de un 46.32% a un 66.24%. Por consiguiente, el nivel de Disponibilidad incrementó de 72,40% a 81,79%, la Efectividad incrementó de 73,26% a un 86% y la Calidad tuvo un incremento del 87.58% al 93.83% (p. 7).

El objetivo de dicha investigación es incrementar la eficiencia de 2 máquinas CNC mediante la implementación del TPM, empleando para el levantamiento de información la observación de campo y el formato de Evaluación de rendimiento.

Valencia S. (2017) en su tesis demostró que:

La presente investigación tiene como objetivo principal, mejorar la productividad en la empresa Hilados Cheviot, dedicada a la fabricación y comercialización de hilos acrílicos; frente a esto se proponen diversas soluciones que permitirán lograr la mejora en la línea de producción de hilos acrílicos del área de hilandería. El desarrollo de la implementación consistió en aplicar los pilares del TPM, mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado al área de hilandería. Para ello, se estableció un plan de mejora que permitió conocer las actividades a realizar en cada etapa. (p. 17)

Colonia E. (2017) en su tesis demostró que:

Debido a un exceso de horas con fallas en las máquinas que provocan atrasos en la producción. El TPM mejorar (SIC) las condiciones de las maquinas interrelacionado a producción con mantenimiento, de esta manera implementa mantenimientos autónomos para ser realizados por los operarios y las actividades preventivas para mejorar las situaciones de las máquinas. (p. 13)

El objetivo general de dicho trabajo de investigación es mejorar la productividad del área de tintorería, esta baja productividad se da principalmente por fallas continuas de las

máquinas. Esto origina un aumento de recursos utilizados para el proceso productivo y en ocasiones origina retrasos en la entrega de los pedidos. Mediante la aplicación del TPM se implementó un plan de mantenimiento preventivo con el fin de disminuir las fallas de dichas máquinas, además se aplicó el mantenimiento autónomo con el fin de operar dichas máquinas en buenas condiciones.

Aponte S. (2017) en su tesis demostró que:

Para conseguir la mejora de la productividad aplicamos una de las herramientas del Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta teniendo en este caso el Mantenimiento Productivo Total, el mismo que se desarrolló usando sus dos pilares de los cochos que tiene, los utilizados son el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado. La población estudiada fue en base a 90 días de operación del conjunto de máquinas involucradas en el proceso, las mediciones fueron antes y después de la mejora, esto nos accedió a medir la productividad y el TPM mediante indicadores como la cantidad producida, las horas máquinas efectivas, Mantenimiento autónomo y mantenimiento Planificado individualmente. (p. 13)

Portal E. y Salazar P. (2016) en su tesis demostró que:

Se inició con el diagnóstico de la situación actual de la empresa y de su gestión de mantenimiento para conocer las deficiencias de sus procesos en la gestión de mantenimiento. Se determinaron los procesos en la gestión de mantenimiento, identificando los cuellos de botella de información que ocasionan la disminución de la disponibilidad de los equipos en los proyectos contratados. (p. 12)

El objetivo general de la investigación incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimientos de tierra mediante la implementación de TPM en la gestión de mantenimiento. Mediante el análisis de los datos se diagnosticó el incumplimiento del plan de mantenimiento programado que afectaba directamente con la disponibilidad de los equipos, es por ello que la implementación del TPM se enfocó en mejorar el procedimiento y la gestión de información del área de mantenimiento.

Gamarra J. (2018) en su tesis demostró que:

El diagnóstico concreta la necesidad de desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento basado en una metodología que permita eliminar las causas fundamentales de paralizaciones imprevistas. Es así que, se propone una

metodología de trabajo aplicada a los procesos operativos, el cual se enfoque en la mejora continua; la propuesta es la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) con el fin de trabajar conjuntamente entre producción y mantenimiento, optimizando las labores relacionadas y buscando técnicas para evitar que la producción se vea afectada. (p. 4)

2.2 Base teórica

2.2.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Según Sistemas OEE (2016) en su blog define el Mantenimiento Productivo Total (TPM) como “El método de trabajo originado en los años 70 que permite a las empresas de manufactura optimizar el uso de sus máquinas y recursos, minimizando o eliminando los elementos que no agregan valor al producto”. (párr. 2)

Según Rey (2003) “Es un conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización que conforman un proceso básico o línea de producción puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la mejora continua”. (p. 38)

Según Cuatrecasas (2010) “El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total, Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde el diseño hasta la corrección, y la prevención” (p. 33).

Según Acuña (2003) “El mantenimiento productivo total no es una técnica, sino una filosofía mediante la cual se trata de inculcar en todos los trabajadores de una empresa u organización que las labores de mantenimiento de productos y máquinas no son exclusivas del personal de mantenimiento o de servicio”. (p. 284)

Según Cabrera (2014) “Seiichi Nakajima considera que es el enfoque sistemático para entender las funciones de equipo, la relación del equipo con calidad del producto y probable causa y frecuencia de falla de los componentes del equipo crítico.” (p. 379)

Para la investigación concordamos con la definición de Rey, debido a que el enfoque del TPM en nuestro trabajo de investigación es lograr la continuidad en el proceso de granallado.

2.2.1.1 Principios del TPM

Seis grandes pérdidas de los equipos de producción

Según Cuatrecasas (2012) expone que el objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos es de conseguir que operen de forma más eficaz, es por ello que es necesario identificar, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos. Estos factores son clasificados en seis grupos que a su vez se agrupan en tres categorías (véase figura N° 3) tomando en consideración el tipo de merma que pueden representar en el rendimiento de un sistema productivo.

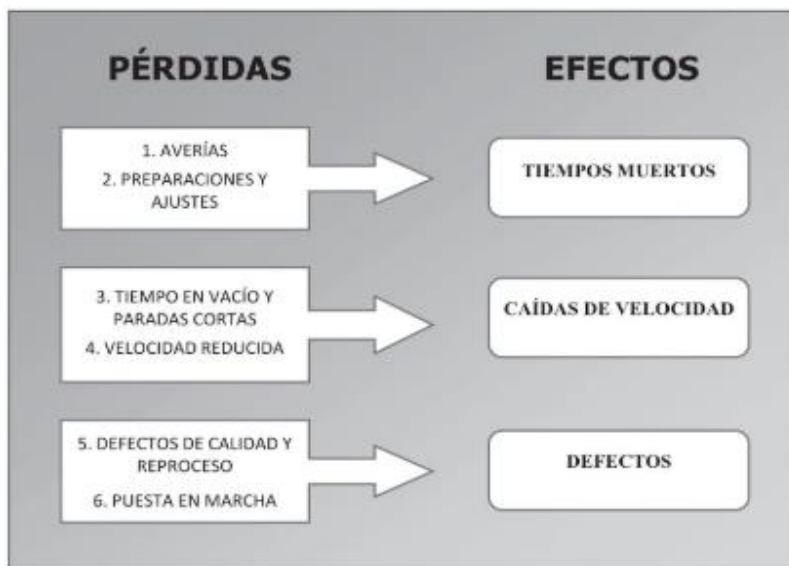


Figura N° 3: Las seis grandes pérdidas y sus agrupaciones

Fuente: Copyright 2012 Libro "Gestión del Mantenimiento de los Equipos Productivos"

En la figura N° 4 se muestra la clasificación de las seis grandes pérdidas y sus características.

Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías casuales ó crónicas de los equipos.	Eliminar
	2. Tiempos de reparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas ó útiles necesarios para su puesta en marcha.	Reducir al máximo
Pérdidas de velocidad del proceso	3. Funcionamiento de velocidad reducida	Diferencia entre velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejores en el equipo para superar su velocidad de diseño	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en el que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción de defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos	Eliminar productos y procesos fuera tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Minimizar según técnica

Figura N° 4: Clasificación de las seis grandes pérdidas y sus características

Fuente: Copyright 2012 Libro "Gestión del Mantenimiento de los Equipos Productivos"

2.2.1.2 Confiabilidad

La Revista Investigación en Ingeniería (2009) define la confiabilidad como:

La probabilidad de que un activo funcione bajo las circunstancias que se encuentre en un determinado tiempo mediante evaluación probabilísticos y computarizados, de modo que gracias a esta herramienta se puede determinar las causas graves que generan las fallas en las máquinas, de esa manera se tendrá conocimiento sobre las condiciones de estas, así poder optimizar el funcionamiento y confiabilidad de los equipos generando incremento en la producción (párr. 13).

2.2.1.3 Disponibilidad

Cuatrecasas (2010) define la disponibilidad como la "Capacidad del equipo para estar en funcionamiento en un instante cualquiera, en las condiciones de utilización y reparación especificada" (p. 271).

2.2.1.4 Programa de desarrollo del TPM

Rey (2002) detalla las 12 etapas a seguir para implementar el TPM (véase figura 5):

Fase	Etapas	Aspectos de Gestión
1.- Preparación	1.- Decisión de aplicar el TPM en la Empresa	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2.- Información sobre TPM	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM
	3.- Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM . Crear una oficina de promoción del TPM
	4.- Objetivos y políticas básicas TPM	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados
	5.- Plan maestro de desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello
2.- Introducción	6.- Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas
3.- Implantación	7.- Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada
	9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo o el predictivo
	10.- Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñarán a los miembros del grupo correspondiente
	11.- Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad
4.- Consolidación	12.- Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA

Figura N° 5: Las 12 etapas a seguir para implementar el TPM

Fuente: Cuatrecasas (2000)

2.2.1.5 Pilares del TPM

Son procesos fundamentales para elaborar un sistema de producción eficiente y ordenada, de tal manera que es de gran importancia mencionar los 8 pilares necesarios para el TPM.

Mejoras enfocadas

Sánchez y Lozada (2011) nos manifiestan que:

Esta mejora se enfoca en áreas de producción con la finalidad de mejorar la Efectividad Global de los Equipo, proceso y planta mediante una labor multidisciplinaria que permita trabajar de manera ordenada utilizando ideas concretas y priorizando la eliminación de mermas que se dan en las plantas de producción con el fin de conseguir una mejora continua parecida al Control de Calidad Total mediante procesos y técnicas de mantenimiento. (p. 2).

Mantenimiento autónomo

Sánchez y Lozada (2011) define el mantenimiento autónomo como:

La actividad que realizan los colaboradores responsables de los equipos que manejan teniendo en cuenta la inspección, lubricación, limpieza, intervenciones mínimas, cambio de herramientas y piezas mediante el análisis de posibles soluciones a los equipos para que se puedan mantener operativos, así mismo debe estar estandarizado, también se puede aplicar mediante la ayuda de los trabajadores para ello es importante que todos estos estén capacitados y tengan dominio de las maquinas que manejan (p. 2).

Mantenimiento planificado

Sánchez y Lozada (2011) define el mantenimiento planificado como:

Uno de los pilares más predominantes al momento de obtener los beneficios en una empresa, debido a que este se proyecta a tener cero averías en una planta industrial. Esto se da debido a que no es necesario manejar una base de datos para planificar tiempos en el mantenimiento preventivo sino determinar de acuerdo a la experiencia, aporte de ideas del fabricante. Este mantenimiento debe aplicarse aquellas máquinas que tienen un nivel alto de fallas acumuladas que afectan la estadística de las averías y nos permite identificar el comportamiento intermedio de estas, es por ello la importancia de realizar dicho mantenimiento, por otro lado es poco usual que el área de mantenimiento utilice estándares especializados porque lo común que realizan es cumplir la orden de trabajo sin tener en cuenta las mínimas actividades a realizar (p. 2).

Educación y entrenamiento

Sánchez y Lozada (2011) define a este pilar como:

Aquel que se encarga de tener en cuenta las habilidades, debido a que tiene como objetivo principal elevar los niveles de labor de los colaboradores en su trabajo, además tener en cuenta que también se pueden realizar las mismas técnicas en mantenimiento autónomo, herramientas de calidad y mejoras enfocadas (p. 3).

Mantenimiento Temprano

Sánchez y Lozada (2011) nos indica que:

Mediante este pilar tiene como objetivo mejorar la tecnología de los equipos de producción siendo importante para aquellas empresas que compiten en sectores que están innovando constantemente sus equipos, es por ello la actualización de maquinarias, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento sin fallas se convierten en puntos críticos. Así mismo este mantenimiento interviene en la planificación y elaboración de los equipos, es por ello que la capacitación al personal sobre el uso de las máquinas va a ser de mucha importancia (p. 3).

Mantenimiento de calidad

Sánchez y Lozada (2011) indican que:

Este mantenimiento tiene como finalidad definir el estado de los equipos y/o máquinas donde sea factible el cero defectos, así como también mide e inspecciona las condiciones que lo definen de manera intermedia, puesto que la idea es dar soporte a los procesos que realizan los equipos y no se produzcan errores de calidad (p. 3).

Mantenimiento en áreas administrativas

Sánchez y Lozada (2011) indican que:

Este pilar tiene como objetivo minimizar las pérdidas que se obtienen en las actividades que se realizan en las áreas administrativas, puesto que ayudan a que no se pierda información, coordinación, precisión en la información, entre otros. Pero es necesario emplear las 5S, el mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos que se pueden realizar de manera grupal o individual (p. 3).

Mantenimiento de seguridad y medio ambiente

Sánchez y Lozada (2011) indican que:

Este mantenimiento tiene como objetivo gestionar un sistema de seguridad empleando los pilares de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, con la

finalidad de ayudar a evitar los riesgos que podrían tener los trabajadores y circunstancias negativas al medio ambiente (p. 3).

2.2.2 Productividad

Prokopenko (1989) define la productividad como:

La relación entre la producción obtenida mediante un proceso de manufactura o servicio y los recursos utilizados para obtenerla. Así mismo define la productividad como el uso eficiente de recursos (trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información, etc.) en la producción de diversos bienes y servicios (p. 19).

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{PRODUCTO}{INSUMO}$$

Por otro lado, Barnes, Eroles y Estivill (1998) detalla que la productividad se puede obtener mediante las unidades fabricadas en un tiempo determinado, de la misma manera se divide en dos elementos, siendo una de ellas la eficiencia que determina el tiempo útil y el tiempo desperdiciado, el segundo es la eficacia que detalla las unidades producidas por hora trabajada, mediante lo expuesto el autor formula lo siguiente:

$$PRODUCTIVIDAD = EFICACIA \times EFICIENCIA$$

$$\frac{UNIDADES}{TIEMPO TOTAL} = \frac{TIEMPO ÚTIL}{TIEMPO TOTAL} \times \frac{UNIDADES}{TIEMPO ÚTIL}$$

2.2.3 Eficacia

Medina (2005) define la eficiencia como:

El medio para alcanzar las metas que puede ser de producción, entrega de bienes o servicio, como también se relacionan en dos dimensiones siendo una de ellas las metas que viene hacer las unidades de producto y el segundo es el tiempo que viene hacer los cronogramas que se elabora durante la programación, siendo considerados como indicadores (p. 83).

Por consecuente, Gutierrez (2013) define la eficacia como:

El grado con el cual las actividades planificadas son realizadas y las metas previstas son logradas en una organización, éstos últimos son medidos en un determinado periodo de tiempo. (p.12).

Según Hernandez y Rodriguez (2012) la eficacia se resume en alcanzar los objetivos sin priorizar el procedimiento y las normas (p. 20).

$$EFICACIA = \frac{CANTIDADES PROUCIDAS}{CANTIDADES PROYECTADAS}$$

Figura N° 6: Fórmula de eficacia

Fuente: Gestión del montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas, 2013.

2.2.4 Eficiencia

Medina (2005) nos indica que este resultado incluye a la eficacia como:

Un subelemento que guardan relación con las metas, tiempo y el costo unitario de los productos realizados o entregados. La cantidad de producto está definida entonces la eficiencia se va reflejar mediante la minimización del costo total o medio y la otra es cuando el gasto total está fijado entonces esta se refleja en la optimización de la mezcla de insumos para alcanzar el producto (p. 84).

Por consecuente, Prokopenko (1989) detalla que la eficiencia denota fabricar bienes y/o servicios de excelente calidad en menos tiempo (p.4)

$$EFICIENCIA = \frac{TIEMPO ÚTIL}{TIEMPO TOTAL}$$

De lo cual se desprende

$$EFICIENCIA = \frac{H. MÁQ. UTILIZADA}{H. MÁQ PROGRAMADA}$$

Figura N° 7: Fórmula de eficiencia

Fuente: calidad total y productividad 2010

2.2.5. Definición de Eficiencia Global de Equipos (OEE)

Gonzales (2012) define la Eficiencia Global de Equipos (OEE) como “La medida de la eficiencia de cada técnica y, a su vez, la eficiencia como la forma de evaluar el binomio de resultados técnicos: fiabilidad + disponibilidad asociada a un determinado coste” (p. 224).

Por otro lado, Cuatrecasas (2010) define a la Eficiencia Global de Equipos (OEE) como:

La búsqueda de la máxima eficiencia del equipo mediante la puesta en práctica de actividades de mejora sobre cada uno de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad (p. 117).

Park (2008) define la Eficiencia Global de Equipos (OEE) como la que “refleja cómo opera el equipo cuando está operando, considera la Disponibilidad (A), la eficiencia de operación (Performance Efficiency, PE) y la razón de Calidad (Rate of Quality, RQ)” (p. 268).

Para nuestra investigación definiremos la Efectividad Global de Equipos como un indicador que permite medir la eficiencia de un equipo cuando este se encuentra operando, además considerando los coeficientes de disponibilidad, eficiencia y calidad.

2.2.5.1. Factores de la Eficiencia Global de Equipos (OEE)

Los factores relacionados a la Eficiencia Global de Equipos son los siguientes

- c) El coeficiente de disponibilidad
- d) El coeficiente de efectividad o eficiencia
- e) El coeficiente de calidad

De dichos coeficientes se obtiene la siguiente fórmula:

$$EG = D \times E \times C$$

Donde:

EG: Rendimiento o eficiencia global

D: Coeficiente de disponibilidad

E: Coeficiente de efectividad o eficiencia

C: Coeficiente de calidad

2.2.5.2. Coeficiente de disponibilidad

El coeficiente de disponibilidad considera las pérdidas que se producen por fallas y averías, estas pueden ser esporádicas o crónicas, que determinan la disminución del tiempo de funcionamiento y por consiguiente disminuye la disponibilidad del equipo.

Asimismo, se toman en cuenta las pérdidas por preparación y calibración de equipos, que resultan en pérdidas de tiempo o volumen de producción.

Este coeficiente se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$D = \text{Tiempo operativo} / \text{Tiempo de carga TC}$$

$$D = \frac{\text{Tiempo operativo (TO)}}{\text{Tiempo de carga (TC)}}$$

2.2.5.3. Coeficiente de efectividad o eficiencia

El coeficiente de efectividad considera las paradas de los equipos debido a preparaciones de máquina, puestas a punto de las operaciones y verificaciones de los parámetros; además de paradas por fallos, atascos de piezas, material y las pérdidas por reducción de velocidad ocasionadas por la falta de un programa de mantenimiento apropiado.

El coeficiente de efectividad se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\text{Tiempo operativo real ideal}}{\text{Tiempo operativo}}$$

Lo que también se puede expresar como:

$$E = OC \times OP$$

Donde:

OC = Coeficiente de operatividad del ciclo.

OP = Coeficiente de operatividad por paros.

$$OC = \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal (CI)}}{\text{Tiempo de ciclo real (CR)}}$$

OP = Tiempo operativo real TOR / Tiempo operativo TO.

$$OP = \frac{\text{Tiempo operativo real (TOR)}}{\text{Tiempo operativo (TO)}}$$

2.2.5.4. Coeficiente de calidad

El coeficiente de calidad contempla las pérdidas que son ocasionadas por los diversos factores que afectan de manera directa a la calidad del producto, debido a las deficiencias

en los equipos por pérdida del estado de referencia iniciales de fabricación, procedimientos inadecuados de fabricación y una inapropiada manipulación del equipo debido a una falta de capacitación.

El coeficiente de calidad se determina mediante la siguiente fórmula:

$C = \text{Tiempo operativo efectivo TOE} / \text{Tiempo operativo real}$

$$C = \frac{\textit{Tiempo operativo efectivo (TOE)}}{\textit{Tiempo operativo real (TOR)}}$$

2.2.6. Proceso de Granallado

Crespo (2014) define el proceso de granallado como:

El tratamiento que consiste en proyectar sobre la superficie a tratar con unos granos (arena, granalla, etc.) que, al impactar sobre la misma, genera unos agujeros o cráteres. El punteado resultante será más o menos fino según el tamaño y la velocidad de las partículas proyectadas. (p. 39).

Según CyM materiales S.A. definen el proceso de granallado como la técnica de tratamiento superficial por impacto que le otorga al producto un excelente grado de limpieza y simultáneamente una correcta terminación superficial en metálicas y no metálicas.

Los procesos para los cuales es utilizado el granallado son los siguientes:

- Desarenado y eliminación de laminillas de piezas de fundición ferrosas y no ferrosas, piezas forjadas, etc.
- Decapado mecánico de alambres, barras, chapas, placas, etc.
- Shot Peening, proceso que aumenta la resistencia a la fatiga de resortes, elásticos, engranajes, etc.
- Limpieza y preparación de superficies de piezas varias donde serán aplicados revestimientos posteriores (pintura, cauchos, etc)
- Granallado de pisos de concreto para aplicación de revestimiento o eliminación de caucho en pistas de aeropuertos.

2.2.7. Granalladora

La granalladora es la máquina utilizada en el proceso de granallado, con el fin de darle un mejor acabado a las piezas de acero. En la empresa JCB Estructuras se cuenta con una granalladora que funciona mediante turbinas.

La granalladora cuenta con un sistema de transporte mediante la rotación de rodillos que permiten desplazar la pieza dentro de la cabina de granallado. Dentro de dicha cabina se encuentra 4 turbinas, las cuales están distribuidas un par de turbinas en la parte superior y otro par en la parte inferior con el fin de poder cubrir toda la superficie de la pieza a granallar.

Unidad de paso continuo con transportador de rodillos motorizados. El número y la configuración de las turbinas instaladas en la cámara de granallado se optimizan para garantizar el tratamiento de todas las superficies de perfilados, tubos, estructuras de acero que se cargan en el transportador o faja de rodillos.

La capacidad de cada turbina oscila entre los 60 y 1200 kilos por minuto.

Debido a la cantidad de abrasivo, la granalladora de turbina es utilizada para piezas con áreas relativamente extensas que necesitan que se les quite el óxido o que necesitan limpieza de algún modo.

2.2.8. Partícula de granalla o granalla.

Son partículas redondas o angulares que se dimensionan entre 0,1 y 8 milímetros.

La granalla es el principal insumo de la máquina granalladora utilizado para eliminar el óxido de las piezas de acero, esto debido a la composición química de la partícula de granalla.

Esta partícula se obtiene de la atomización de acero líquido, seguido de tratamientos térmicos y mecánicos que le otorgan las características que se requieren para desprender el óxido de las piezas de acero.

2.3. Definición de términos básicos

- **Mantenimiento:** Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

- Productividad: Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc.
- Eficacia: Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.
- Eficiencia: Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.
- Granallar: Acción de emitir granalla mediante la máquina granalladora a piezas o perfiles metálicos de acero.
- Máquina: Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado.
- Proceso: Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.
- Confiabilidad: Cualidad de confiable de la máquina granalladora
- Disponibilidad: Cualidad o condición de disponible de la máquina granalladora
- Reparación: Acción y efecto de reparar algo fortuito en la máquina parada, se convierte en reparación correctiva si es que la incidencia se vuelve constante.
- Avería: Daño que impide el funcionamiento de un aparato, instalación, vehículo

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de la herramienta TPM mejora significativamente la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado.
- b) La aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado.

2.5. Variables

Variable independiente: Herramienta TPM

Según Cuatrecasas (2010) “El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos” (p. 33).

Variable dependiente: Productividad

Prokopenko (1989) define la productividad como la relación entre la producción obtenida mediante un proceso de manufactura o servicio y los recursos utilizados para obtenerla. (p. 19)

En la Tabla 5 se muestra la operacionalización de las variables:

Tabla 5: Matriz de Operacionalización

TÍTULO: APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TPM PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN, EMPRESA ICB ESTRUCTURAS S.A.C., 2019.				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL
VARIABLE INDEPENDIENTE	HERRAMIENTA TPM Metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema.	Relación entre la confiabilidad y disponibilidad del equipo	CONFIABILIDAD	$\text{Confiabilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$ <ul style="list-style-type: none"> - MTBF = Tiempo promedio entre fallas (t: total de operación/n° fallos) - MTTR = Tiempo promedio de reparación (t: total de reparación/n° fallos)
			DISPONIBILIDAD	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas} - \text{horas paradas}}{\text{Total Horas}} \times 100\%$ <ul style="list-style-type: none"> - Horas paradas: Horas que la máquina deja de funcionar.
VARIABLE DEPENDIENTE	PRODUCTIVIDAD La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción	Relación entre las horas utilizadas para producir y las cantidades producidas por el equipo	EFICIENCIA	$\text{Eficiencia} = \frac{H. \text{máquina utilizadas}}{H. \text{máquina programadas}} \times 100\%$ <ul style="list-style-type: none"> - H. máq. Utilizadas: Horas durante el cual la máquina produce. - H. máq. Programadas: Horas que se espera que la máquina trabaje.
			EFICACIA	$\text{Eficiacia} = \frac{\text{Cantidades producidas}}{\text{Cantidades proyectadas}} \times 100\%$ <ul style="list-style-type: none"> - Cantidades producidas: Productos fabricados. - Cantidades proyectadas: Producción planificada.

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, en la matriz de coherencia (véase anexo 5) se presentan los problemas, objetivos, hipótesis, variables y metodología del trabajo de investigación.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

3.1. Tipo y método de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque mediante la aplicación del TPM se buscó mejorar la productividad en el proceso de granallado.

La investigación fue de nivel descriptiva – explicativa, debido a que se estudiaron las causas y efectos de las variables del proyecto.

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que se llevó a cabo sin manipular las variables independientes y, a su vez, se analizó los cambios a través del tiempo en determinadas variables o en relación entre variables.

La investigación fue de clase cuantitativo debido a que se realizó de manera estructurada y se analizó los datos obtenidos de distintas fuentes.

3.2. Población de estudio

La población de estudio es el conjunto 102 partes de trabajo (véase tabla 6) entregados por 3 colaboradores involucrados en el proceso de granallado, conformado por los registros durante 13 semanas considerando el antes y después de la implementación del TPM. Se tomó la máquina granalladora (GR-01) ubicada en el sector 1, como objeto de análisis, en la empresa JCB Estructuras.

Tabla 6: Total de población

Recopilación de datos - Antes de aplicación					Recopilación de datos - Después de aplicación				
Día	Partes de trabajo				Día	Partes de trabajo			
	Técnico 1	Técnico 2	Técnico 3	Total		Técnico 1	Técnico 2	Técnico 3	Total
15-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	09-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
16-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	10-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
17-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	11-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
18-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	12-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
19-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	13-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
20-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	14-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
21-jul	Domingo	Domingo	Domingo	0	15-sep	Domingo	Domingo	Domingo	0
22-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	16-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
23-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	17-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
24-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	18-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
25-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	19-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
26-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	20-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
27-jul	Feriado	Feriado	Feriado	0	21-sep	-	-	-	0
28-jul	Domingo	Domingo	Domingo	0	22-sep	Domingo	Domingo	Domingo	0
29-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	23-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
30-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	24-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
31-jul	Entregó	Entregó	Entregó	3	25-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
01-ago	Entregó	Entregó	Entregó	3	26-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
02-ago	Entregó	Entregó	Entregó	3	27-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
03-ago	Entregó	Entregó	Entregó	3	28-sep	Entregó	Entregó	Entregó	3
Σ Total población				51	Σ Total población				51
% Total muestra				100%	% Total muestra				100%
≡ Equivalente muestra				51	≡ Equivalente muestra				51

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Diseño muestral

Para nuestra investigación la muestra será igual a la población, debido a que se estudiará al total de la población que será la máquina granalladora (GR-01), ubicada en el sector 1, en la empresa JCB Estructuras. Para este caso no se empleará la técnica del muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

a) Las técnicas usadas en la investigación fueron:

- Observación directa de las actividades de la planta y de mantenimiento
- Entrevista dirigida a los responsables de procesos.

b) Los instrumentos usados para recolectar datos fueron:

- Encuestas
- Check list de observación directa
- Formato de evaluación de cumplimiento

- Formato de inventarios de equipos
- Check list de validación de instrumentos

3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Mediante el instrumento Check List de Validación de instrumentos se procedió a darle validez y confiabilidad a este instrumento y los mencionados anteriormente (Véase anexo 6)

3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

Primero se realizó un recorrido por planta para poder conocer los sub procesos de producción, además de poder realizar el reconocimiento de los diferentes equipos y herramientas utilizadas en cada sub proceso. Luego se realizó el levantamiento de datos históricos de las áreas de producción y mantenimiento, también se realizó una entrevista personal al jefe de planta. Por último, se realizó una encuesta a los responsables del proceso con el fin de levantar información más precisa y real.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó el software IBM SPSS Statistics Base 22.0 para poder realizar las gráficas estadísticas con el fin de realizar las pruebas de las hipótesis de estudio.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diagnóstico y situación actual

Para realizar el diagnóstico inicial se analizó a la empresa mediante el uso del mapa de procesos, flujo de procesos, diagrama de bloques, órdenes de trabajo, inventario de equipos, organigrama de la organización.

Con la información recolectada se elaboraron 2 cuestionarios, el primer cuestionario enfocado en obtener información real con respecto a la baja productividad en el proceso productivo y el segundo enfocado en obtener información acerca de las máquinas y/o herramientas utilizadas en el proceso productivo. Esta herramienta tuvo como finalidad levantar información real desde la perspectiva del colaborador, siendo dicha información sintetizada en diagramas de Ishikawa y Pareto.

4.1.1. Datos generales de la empresa JCB Estructuras

La empresa JCB Estructuras, es una empresa metalmecánica con 11 años de experiencia especializada en el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas.

Las operaciones de planta se realizan en el local ubicado en la Av. Junín Mz. DÑ lote 13 Sector Villa el Sol anexo 22 de San Antonio de Jicamarca, provincia de Huarochirí. (Véase figura N° 8).



Figura N° 8: Imagen satelital de planta de JCB Estructuras

Fuente: Elaboración Propia

La empresa de JCB Estructuras cuenta con un área de 16,500 metros cuadrados para realizar sus operaciones. (Véase figura N° 9).



Figura N° 9: Imagen del área de soldeo de la empresa JCB Estructuras

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los vértices de la empresa. Asimismo, se presenta el plano de distribución de planta (véase tabla N° 7).

Tabla 7: Coordenadas de ubicación de planta JCB Estructuras

Vertice	Coordenadas UTM -WGS 84 (Z, 18 S)	
	Este	Norte
1	288024	8682344
2	287969	8682262
3	287907	8682301
4	287879	8682262
5	287846	8682285
6	287860	8682304
7	287829	8682324
8	287880	8682406
9	287948	8682364
10	287962	8682386

Fuente: DAA JCB Estructuras (2018)

Misión

Somos una empresa cuya misión comprende gerenciar y supervisar proyectos de construcción de Edificaciones Metálicas de acero estructural y sus obras civiles complementarias, para los sectores: minero, industrial, vial y comercial; manejando en su ejecución estándares de alta calidad, seguridad ocupacional y medio ambiente, que satisfagan las exigencias de riesgo, rentabilidad y disponibilidad, asegurando relaciones de largo plazo con nuestros clientes.

Visión

Crear y producir el mejor sistema de tecnología de fabricación y montaje de edificaciones estructurales de acero; teniendo como base, la eficiencia de los procesos de producción y construcción, esto nos dará un diferencial único que nos identifique y a la vez nos haga más competitivos, siendo referentes en la ejecución proyectos constructivos metalmecánicos en el país.

Valores

Seriedad y compromiso: Nos comunicamos abierta y honestamente con nuestros clientes internos y externos, asumiendo nuestras propuestas y el desarrollo de los proyectos encargados con formalidad y responsabilidad.

Integridad: Honestidad, respeto y ética en todo lo que hacemos.

Conocimiento y experiencia: Motivamos el perfeccionamiento del conocimiento y experiencia como clave, para que la organización pueda ser más inteligente, transformando la información en estrategia orientada a los resultados.

Especialización: Nos especializamos en el rubro metalmecánico, siendo a la vez versátiles en la búsqueda de procesos y tecnología que aporten a mejorar nuestro performance.

Mejora continua: Nos enfocamos en la calidad, seguridad ocupacional y respeto al medio ambiente, para hacer las cosas bien y minimizando los riesgos, es por eso que nos auditamos, analizamos y crecemos de manera sostenible.

La empresa tiene 36 máquinas aproximadamente, como cortadoras plasma CNC, máquinas de soldar, inversoras, granalladora, torre grúa, grúas pórticos, alimentadores de alambre, punzonadoras, entre otras que se detallan en la siguiente tabla (Véase tabla 8):

Tabla 8: Inventario de máquinas

Nº	EQUIPO	CANTIDAD
1	PUNZADORA PEDIWOKER	1
2	PUNZADORA PEDDIMAX	1
3	CIZALLA PUNZADORA	1
4	MESA DE CORTE AMG	1
5	MESA DE CORTE PLASMA OXICORTE ZHAOZHAN	1
6	TORRE GRÚA	1
7	COMPRESORA KAYSER	1
8	GRÚAS PÓRTICO	3
9	MÁQUINAS DE SOLDAR	10
10	TALADRO CNC CACH KD 615	1
11	SIERRA CINTA	1
12	LÍNEA GRANALLADO AUTOMÁTICA	1
13	ARCO SUMERGIDO ESAB	2
14	MONTACARGA COMBILIFT	1
15	BOBCAT MONTACARGA	1
16	GRUPO ELECTRÓGENO MODASA	1
17	EQUIPO GRANALLADO	3
18	CAMIONES	6
19	REMOLCADORES	3

Fuente: Elaboración propia

En términos generales el proceso de JCB estructuras se ve reflejado en la siguiente figura (véase figura 10):

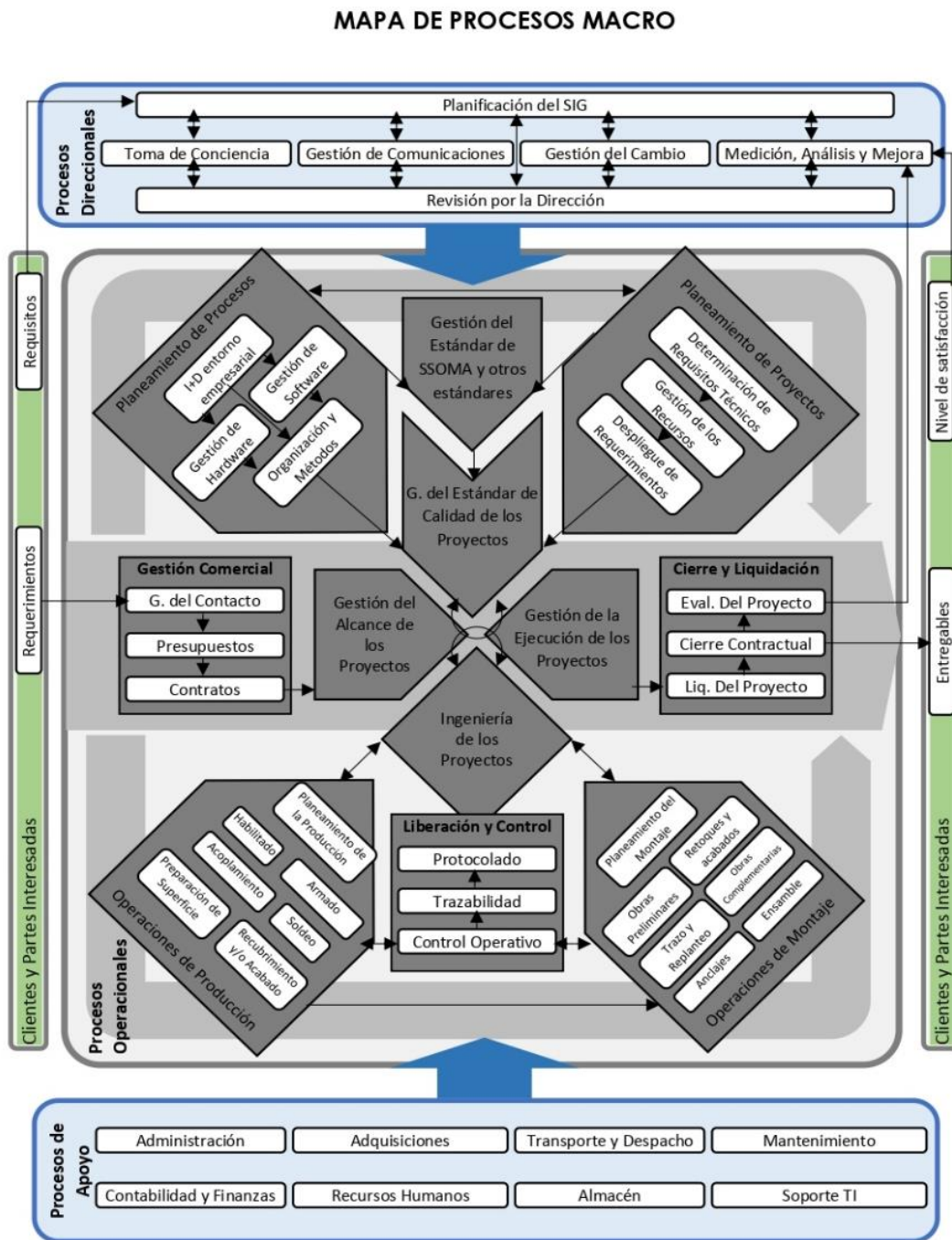


Figura N° 10: Mapa de Procesos Macro JCB

Fuente: Elaboración propia

El proceso en JCB Estructuras consiste en transformar los metales en piezas mediante procesos mecánicos, cambiando su forma geométrica, para luego realizar un acabado de superficial de las piezas. La capacidad de producción de la planta es de 700 T/Mes.

Proceso Productivo

Ingeniería conceptual y de detalle de proyectos

Planteamiento de procesos con software para el modelamiento y la planificación estructurada para la ejecución de cada proyecto.

Producción de estructuras metálicas:

- Recepción y almacenamiento de materia prima e insumos
- Emitir packing list de elementos a producir
- Habilitado
- Armado
- Soldadura
- Acartelado
- Perforaciones
- Preparación de superficies (granallado)
- Recubrimiento de pintura
- Embalaje
- Despacho
- Mantenimiento

La planta de JCB Estructuras S.A.C, ha desarrollado diferentes piezas metálicas en gran cantidad, atendiendo diferentes sectores como industria, energía y minas, retail, vial, entre otras.

En el siguiente cuadro se presenta la materia prima utilizada en la fabricación de estructuras metálicas (véase tabla 9).

Tabla 9: Promedio de utilización de materia prima

Promedio utilización mensual - Acero			
N°	Insumo	Unidad	Cantidad
1	ANGULOS DE 6M	Pieza	72
2	CANAL U DE 7-8"	Pieza	20
3	CANAL C DE 10-11"	Pieza	24
4	CANAL C DE 11-12"	Pieza	29
5	CANAL C DE 5-6"	Pieza	0
6	PL 1.5X6	Pieza	0
7	PLATINA DE 6	Pieza	0
8	REDONDO LISO DE 6	Pieza	0
9	VIGA H DE 40'	Pieza	31
10	VIGA H DE 30'	Pieza	40
11	VIGA H DE 20'	Pieza	0
12	TB. CUADRADO DE 6	Pieza	177
13	TB. REDONDO DE 6	Pieza	40

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera en las siguientes tablas (véase tabla 10 y tabla 11) se muestra los insumos y productos utilizados:

Tabla 10: Productos utilizados

Promedio utilización mensual - Producto usado			
N°	Producto	Unidad	Cantidad
1	AUROPOXI 850 GRIS RAL 7035	gal	53.33
2	AUROPOXI 850 NEGRO RAL 9004	gal	113.33
3	AUROTHANE 570 NEGRO RAL 9004	gal	38.67
4	AUROTHINNER EPOXI NF	gal	70
5	CATALIZADOR AUROPOXI 850	gal	140
6	GRANALLA DE ACERO S280	kg	208.33
7	GRANALLA DE ACERO S330	kg	208.33
8	THINNER ESTANDAR DL-90	gal	114.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Insumos utilizados

Promedio utilización mensual - Insumo usado			
N°	Insumo	Unidad	Cantidad
1	Acetileno	kg	2.67
2	Oxigeno	m ³	170
3	CO2	kg	661.33
4	Soldadura SOLDAMIG ER 70S6 1.00	kg	659.67
5	Soldadura Supercito 3.25 mm 1/8 E7018-OERLIKON	kg	111.67
6	Ángulos	Pieza	16
7	Canal 9.5x65x300x6000	Pieza	44
8	Canal U 100x50x3x10000	Pieza	22
9	Pl. 2.5 mmx1500x6000	Pieza	4.33
10	Pl. 3x1500x600	Pieza	7
11	Platina 2 1/2"x3/8"x6M	Pieza	27
12	Redondo liso 5/8"x6000	Pieza	176
13	TB Cuadrado 75x3x6M	Pieza	2.33
14	TB Rectangular 150x50x3 mm	Pieza	5
15	TB Redondo 1/2"x2x6M	Pieza	9.67
16	Viga H 12"x40 lbs x 30' A36/GR50	Pieza	3.67
17	Viga H 6"x9 lbs x 30' A36/GR50	Pieza	2.67
18	Viga H 6"x9 lbs x 20' A36/GR50	Pieza	4
19	Viga H 8"x31 x 30' A36/GR50	Pieza	3.67
20	Viga H 8"x8"x35 x 30' TRINORMA	Pieza	1.67
21	Pintura	Galón	250

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Organigrama

La continuidad de la empresa es realizada por personal competente, los cuales se describen en el siguiente organigrama macro de JCB Estructuras:

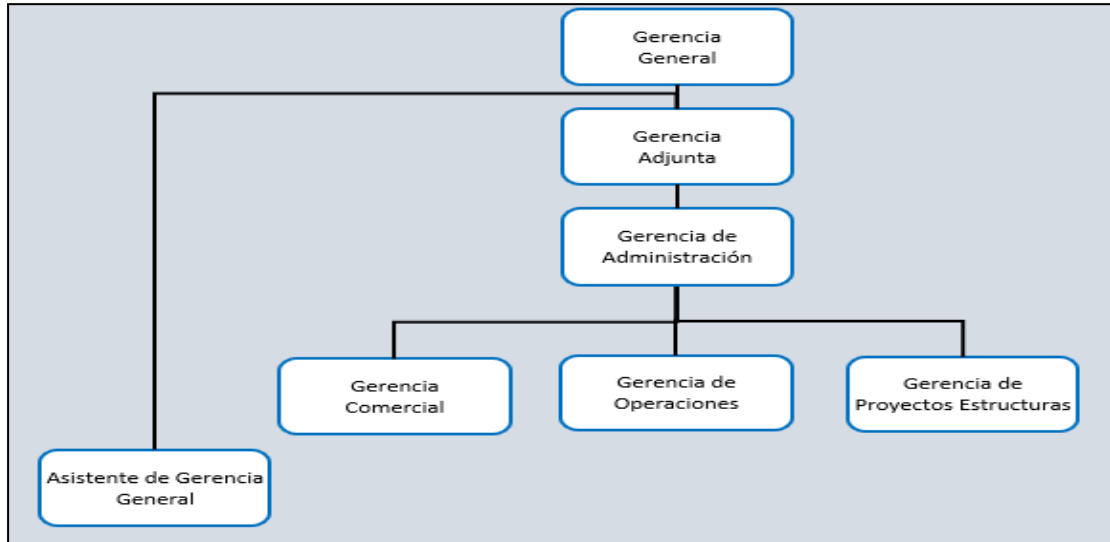


Figura N° 11: Organigrama Macro JCB Estructuras

Fuente: Elaboración propia

Desplegaremos la Gerencia de Operaciones puesto que el análisis de la problemática radica en esta dependencia, la cual se describe en el siguiente organigrama del Departamento Operaciones JCB Estructuras:

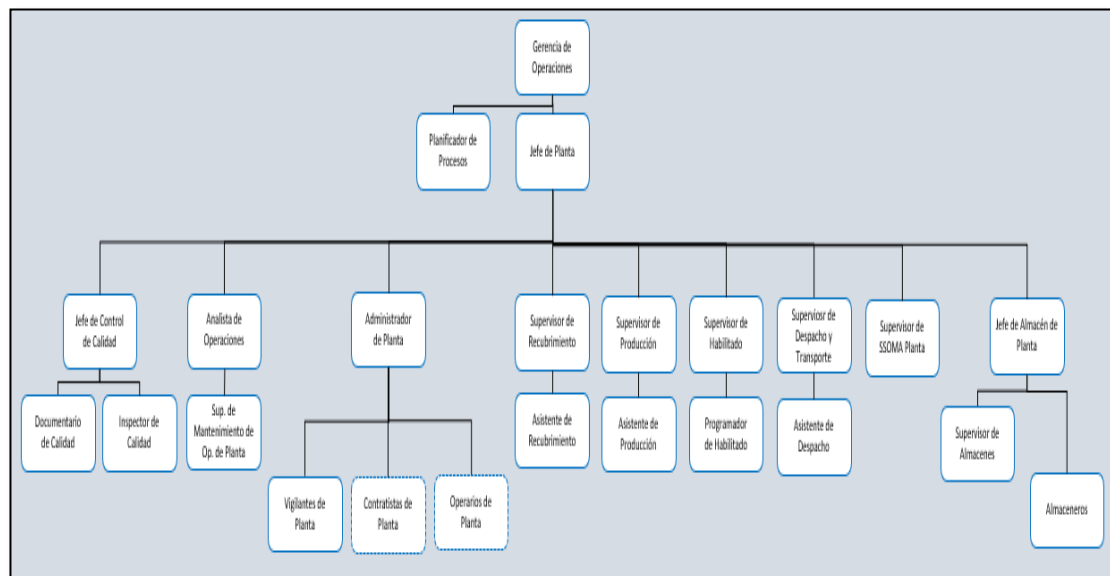


Figura N° 12: Organigrama Departamento Operaciones JCB Estructuras

Fuente: Elaboración Propia

En la actualidad el mercado perteneciente al sector metal mecánico es muy competitivo, puesto que provoca la diferenciación de las organizaciones y un sendero seguro es orientarse a la mejora de productividad de sus procesos operativos.

Por consecuente, en el transcurso de la historia, se implementaron herramientas y técnicas para lograr mejorar la productividad de la organización y, fue en Japón, con sus diferentes filosofías de mejora continua como las 5'S, Kaisen, Kanban, etc. donde se dieron los primeros pasos para el desarrollo de un sistema de mantenimiento más integrado que propusiera mejorar el rendimiento de los equipos sin generar mayores costos de mantenimiento; dando inicio de esta manera al TPM, el cual fue utilizado por primera vez en la empresa Toyota, como una filosofía para eliminar los desperdicios de tiempo por averías y fallas en equipos, lograr mantenimientos programados y reparaciones por parte de los propios operadores.

4.1.3. Descripción del proceso productivo

Mediante el diagrama de bloques (véase figura 13) se describe de manera gráfica el recorrido que realiza el acero para convertirse en una estructura metálica. Este proceso cuenta con 4 áreas, habilitado, armado y/o soldeo, granallado y pintado. En el área de habilitado ingresa la plancha de acero para poder ser cortado en piezas, las cuales pasan directamente al área de armado y/o soldeo en donde las piezas son unidas para crear estructuras soldadas. Luego la estructura pasa al área de granallado para mejorar el acabado de dicha pieza, para finalmente dar consecuencia al área de pintado quien ofrece un acabado final y embalado para ser entregado al cliente.



Figura N° 13: Diagrama de bloques

Fuente: Elaboración propia

Además, se realizó un diagrama con el fin de plasmar el flujo del proceso productivo (véase figura 14), utilizando imágenes de los equipos utilizados en cada estación del proceso, así como los indicadores utilizados para medir el rendimiento de dichos equipos.

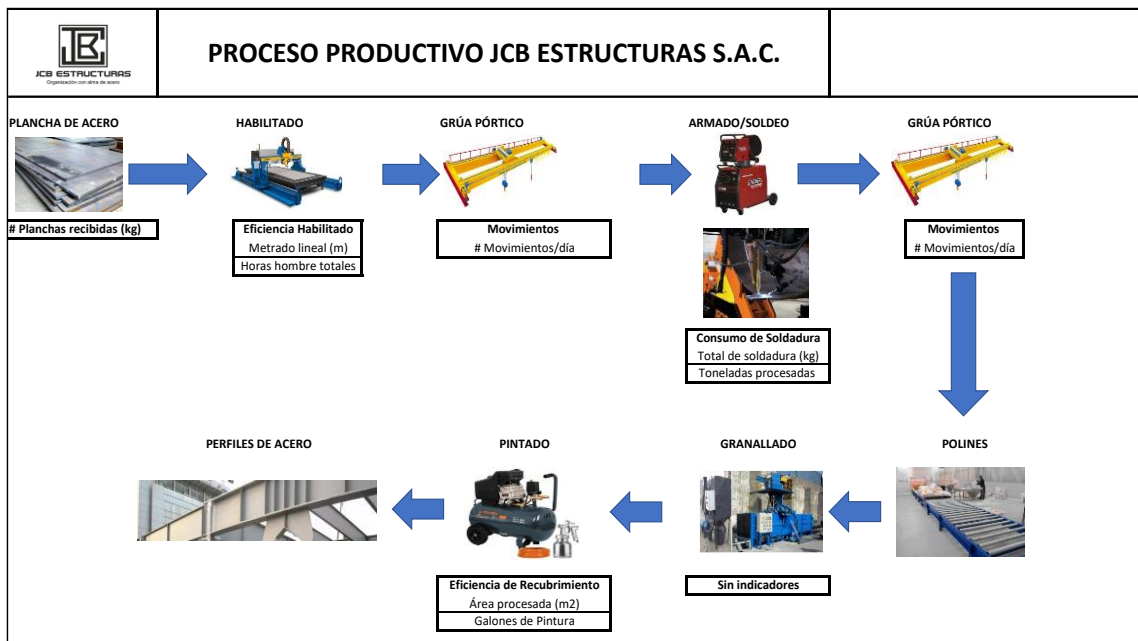


Figura N° 14: Proceso Productivo JCB Estructuras

Fuente: Elaboración propia

Al tener identificado las estaciones del proceso productivo, identificamos los equipos utilizados en cada una de ellas (véase figura 15):

PROCESO	EQUIPO	IMAGEN REFERENCIAL
HABILITADO	MESA DE CORTE PLASMA CNC	
	PUNZONADORA	
	CARRITO OXICORTE	
ARMADO	EQUIPO OXICORTE	
	AMOLADORAS DE 9 Y 4.5 PULGADAS	
	MAQUINA DE SOLDAR	
SOLDEO	MAQUINA DE SOLDAR	

	<p>AMOLADORA DE 4.5 y/o 9 PULGADAS</p>	
	<p>BURIL</p>	
<p>RECUBRIMIENTO</p>	<p>MAQUINA GRALLANADORA/ARENADORA</p>	
	<p>EQUIPO AIRLESS</p>	
	<p>EQUIPO COMPRESOR / VILVIS</p>	
<p>SOPORTE</p>	<p>GRÚA PÓRTICO</p>	

	TORRE GRÚA	
	MONTACARGA 10 TN	

Figura N° 15: Equipos utilizados en el proceso operativo

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Análisis de costos de máquinas y equipos

En la siguiente tabla, se observa la valorización de los equipos utilizados en el proceso productivo, donde se puede observar que las máquinas CNC son las que tienen mayor costo.

Tabla 12: Costos de activos fijos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO FIJO	MARCA	FECHA DE COMPRA	MONTO UNITARIO (S/.)	MONTO TOTAL (S/.)
1	Sierra taladro	KALTEMBACK	28/02/2015	S/ 811,701.80	S/ 811,701.80
1	Mesa de corte plasma CNC	AMG	14/08/2018	S/ 618,070.00	S/ 618,070.00
1	Granalladora automática	CYM	30/04/2015	S/ 594,730.21	S/ 594,730.21
40	Inversora	LINCOLN	31/01/2013	S/ 9,605.20	S/ 384,208.00
1	Granalladora manual	GIFTART	17/12/2015	S/ 338,165.05	S/ 338,165.05
1	Mesa de corte plasma CNC	AMG	22/06/2012	S/ 326,318.73	S/ 326,318.73
40	Alimentador	MILLER	23/04/2013	S/ 6,035.34	S/ 241,413.60
1	Torre Grúa	SAEZ	22/08/2012	S/ 203,242.00	S/ 203,242.00
1	Punzadora	PEDDINGHAUS	31/10/2010	S/ 121,278.00	S/ 121,278.00
5	Equipo de pintado	AIRLESS	3/05/2015	S/ 17,672.89	S/ 88,364.45
1	Mesa de corte plasma CNC	ZHAOZHAM	30/06/2013	S/ 83,367.32	S/ 83,367.32
1	Punzadora	PEDDINGHAUS	2/02/2009	S/ 77,738.50	S/ 77,738.50
1	Puente Grúa	GH	9/09/2013	S/ 71,338.99	S/ 71,338.99
1	Puente Grúa	GH	9/09/2013	S/ 71,338.99	S/ 71,338.99
1	Puente Grúa	GH	9/09/2013	S/ 71,338.99	S/ 71,338.99
20	Máquina de soldar	CEMONT	8/09/2015	S/ 2,500.00	S/ 50,000.00
1	Soldadora de vigas	KISTLER	3/05/2017	S/ 42,823.61	S/ 42,823.61
5	Compresora de aire 120 LB	GALEAZZI	7/12/2010	S/ 3,848.74	S/ 19,243.70
20	Esmeril angular 9"	DE WALT	8/09/2012	S/ 700.00	S/ 14,000.00
20	Buril	DE WALT	8/09/2010	S/ 700.00	S/ 14,000.00
1	Montacarga KOMATZU	KOMATZU	MN	S/ 13,840.00	S/ 13,840.00
6	Equipo oxicorte	-	8/09/2015	S/ 1,950.00	S/ 11,700.00
20	Esmeril anglar 4 1/2"	DE WALT	8/09/2012	S/ 400.00	S/ 8,000.00
20	Horno eléctrico	GUT WELD	8/09/2012	S/ 350.00	S/ 7,000.00
TOTAL					S/ 4,283,221.94

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la siguiente tabla se observa el comportamiento de los costos de mantenimiento a lo largo del año 2018:

Tabla 13: Costos de mantenimiento año 2018

MES	COSTO MANTENIMIENTO	%
ENERO	53,373.53	8.30%
FEBRERO	67,197.08	10.45%
MARZO	82,358.03	12.81%
ABRIL	60,683.92	9.44%
MAYO	71,704.44	11.15%
JUNIO	22,927.92	3.56%
JULIO	12,056.78	1.87%
AGOSTO	62,473.46	9.71%
SEPTIEMBRE	127,659.81	19.85%
OCTUBRE	25,516.36	3.97%
NOVIEMBRE	22,837.31	3.55%
DICIEMBRE	34,375.80	5.34%
Total general	643,164.44	100.00%

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Encuestas con respecto a productividad y TPM

Se realizó una encuesta estructurada (véase anexo 4) dirigido a los colaboradores con la finalidad de poder identificar desde su perspectiva el problema que genera la baja productividad. Para ponderar las causas desde mayor a menor impacto en nuestro estudio se ha utilizado la escala de Likert.

El procedimiento se realizó mediante una encuesta a los responsables del área de producción y mantenimiento en el mes de abril del 2019, en un rango de valores desde 0 a 4 con puntajes de: 0=Nunca, 1=Casi nunca, 2=A veces, 3=Frecuentemente, 4=Siempre.

El resumen de los resultados se detalla en la tabla 14 de la presente investigación.

Tabla 14: Causas principales que ocasionan baja productividad

Item	Causas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
C3	Falta de un plan de mantenimiento	4	4	4	3	1	3	3	4	3
C5	Ausencia de formatos de control e inspección	4	3	3	4	2	2	4	3	3
C2	Falta de capacitación	2	4	2	2	3	3	2	4	2
C6	Instalaciones inadecuadas	2	2	3	4	2	2	2	2	3
C8	Carencia de repuestos	3	2	2	2	3	3	3	2	2
C11	Errores de manipulación de equipos	2	3	3	2	3	2	2	3	3
C1	Parada de máquina	3	2	2	2	3	2	3	2	2
C10	Humedad	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C4	Obsolescencia de máquinas	2	2	2	2	2	3	2	2	2
C7	Materia prima con defectos	2	2	1	2	3	2	2	2	1
C9	Ventilación inadecuada	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Item	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	Total
C3	3	2	3	3	1	3	3	4	4	4	3	1	63
C5	4	2	2	4	2	2	2	4	3	3	4	2	62
C2	2	3	3	2	3	3	3	2	4	2	2	3	56
C6	4	2	2	4	2	2	2	2	2	3	4	2	53
C8	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3	53
C11	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	52
C1	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	49
C10	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	48
C4	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	46
C7	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1	2	3	43
C9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	42

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15, se pueden visualizar que las 8 primeras causas identificadas son aquellas que tienen un mayor impacto sobre la baja productividad representadas con una frecuencia relativa acumulada de 76.90%.

Por otro lado, mediante el diagrama de Pareto, también observó que existen otros causantes que carecen de un gran impacto con respecto al problema central. (Véase figura 16)

Tabla 15: Frecuencia de causas de baja productividad

Causas	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	% Frecuencia relativa	% Frecuencia Absoluta
Falta de un plan de mantenimiento	63	63	11.11	11.11
Ausencia de formatos de control e inspección	62	125	10.93	22.05
Falta de capacitación	56	181	9.88	31.92
Instalaciones inadecuadas	53	234	9.35	41.27
Carencia de repuestos	53	287	9.35	50.62
Errores de manipulación de equipos	52	339	9.17	59.79
Parada de máquina	49	388	8.64	68.43
Humedad	48	436	8.47	76.90
Obsolescencia de máquinas	46	482	8.11	85.01
Materia prima con defectos	43	525	7.58	92.59
Ventilación inadecuada	42	567	7.41	100.00

Fuente: Elaboración propia

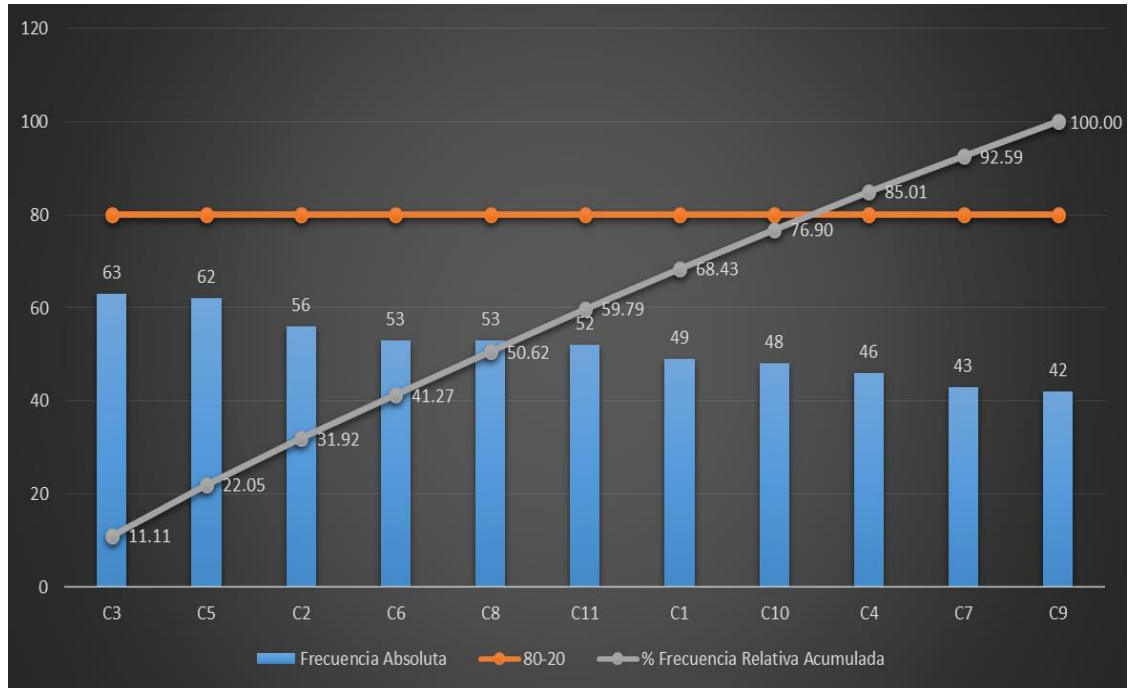


Figura N° 16: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 14 podemos identificar que el problema que tiene un gran impacto en la productividad del proceso productivo se encuentra en el área de mantenimiento, principalmente en la falta de un plan de mantenimiento preventivo.

Por otro lado, se realizó una encuesta a 7 personas (véase anexo 9), las cuales fueron seleccionados por su conocimiento con respecto al proceso productivo y los equipos involucrados en dicho proceso. Estas 7 personas encuestadas fueron las siguientes: jefe de calidad, jefe de despacho, jefe de mantenimiento, jefe de planta, jefe de producción, programador de habilitado y supervisor de habilitado.

A continuación, en la tabla 16, se presenta el cuadro resumen conteniendo los resultados de las encuestas aplicadas a las personas antes mencionadas, en este cuadro resumen se puede observar que el que tiene mayor puntuación es el ítem 6 relacionado a las paradas de las máquinas granalladoras:

Tabla 16: Cuadro resumen de encuesta sobre TPM

ITEM	CAUSAS	JEFE DE CALIDAD	JEFE DE DESPACHO	JEFE MANTTO.	JEFE PLANTA	JEFE DE PRODUCCIÓN	PROGRAMADOR DE HABILITADO	SUPERVISOR HABILITADO	TOTAL
P1	Las máquinas de corte plasma suele dejar de funcionar.	2	2	2	2	1	2	2	13
P2	Las grúas pórtico suele dejar de funcionar.	2	4	2	3	3	3	2	19
P3	La máquina de arco sumergido suele dejar de funcionar.	2	1	0	1	1	1	1	7
P4	Los polines de transporte suele dejar de realizar su función.	1	2	0	1	0	1	1	6
P5	Las máquinas de soldar suelen dejar de realizar su función.	2	2	3	2	0	2	1	12
P6	Las máquinas granalladoras suele dejar de realizar su función.	3	4	3	3	3	3	3	22
P7	Las máquinas de recorte de rebabas (esmeriles, buriles) suelen dejar de realizar su función.	2	3	3	3	1	2	1	15
P8	Las máquinas compresoras suelen dejar de realizar su función.	1	2	0	1	1	1	1	7
P9	Las máquinas de corte plasma suelen arrojar no conformidades u observaciones.	3	4	1	4	3	2	2	19
P10	Las grúas pórtico suelen arrojar no conformidades u observaciones.	1	2	2	2	1	3	1	12
P11	La máquina de arco sumergido suele arrojar no conformidades u observaciones.	2	4	1	1	2	2	1	13
P12	Los polines de transporte suele arrojar no conformidades u observaciones.	0	2	1	1	0	2	1	7
P13	Las máquinas de soldar suelen arrojar no conformidades u observaciones.	2	2	2	2	1	2	1	12
P14	Las máquinas granalladoras suele arrojar no conformidades u observaciones.	2	4	2	2	2	2	2	16
P15	Las máquinas de recorte de rebabas (esmeriles, buriles) suelen arrojar no conformidades u observaciones.	1	2	0	1	1	1	1	7
P16	Las máquinas compresoras suelen arrojar no conformidades u observaciones.	0	2	1	1	1	1	1	7
P17	Los reprocesos/no conformidades/observaciones suelen darse por errores humanos.	3	3	1	2	2	2	2	15
P18	Los reprocesos/no conformidades/observaciones suelen darse por errores de los equipos.	2	3	2	2	2	3	2	16
P19	El lugar donde se encuentra ubicada la máquina suele estar correctamente señalado.	2	4	1	1	1	0	3	12
P20	El personal encargado de operar el equipo recibe capacitaciones.	3	3	1	1	2	1	2	13
P21	Suelen darle mantenimiento preventivo a los equipos.	1	2	2	2	1	1	1	10
P22	El personal encargado de operar el equipo reconoce indicios de falla en su máquina.	2	4	2	3	2	4	2	19

Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta encuesta y el análisis de los tiempos de paradas en el mes de Julio del 2018, nos permiten identificar que la grallanadora origina cuello de botella en el proceso de fabricación debido a sus constantes paradas no programadas, además de no contar con un plan de mantenimiento preventivo.

4.1.6. Análisis de criticidad de equipos

Se procedió a realizar el análisis con respecto al tiempo de inoperatividad de los equipos durante el mes de Julio del 2019, obteniéndose como resultado que la Granalladora 1 (Gr-01) cuenta con la mayor cantidad de tiempo de inoperatividad (Tabla N° 17). Este análisis también nos arroja como información importante que a los equipos en su mayoría sólo se les aplica mantenimiento correctivo.

Tabla 17: Tiempo de inoperatividad Julio 2019

EQUIPO	TIEMPO	%	% ACUMULADO
GRANALLADORA 1	35.5	20.94%	20.94%
TORRE GRUA	31.65	18.67%	39.62%
GRANALLADORA 3	24	14.16%	53.78%
KALTEMBACH	19	11.21%	64.99%
GRUA PORTICO	13	7.67%	72.65%
INVERSORA	10.5	6.19%	78.85%
TABLERO MOVIL 17	7.5	4.42%	83.27%
DURMA	5	2.95%	86.22%
PUNZADORA	5	2.95%	89.17%
ESMERIL 9"	4.5	2.65%	91.83%
PLASMA	4	2.36%	94.19%
GRANALLADORA 2	3.5	2.06%	96.25%
ALIMENTADOR	2.5	1.47%	97.73%
ESMERIL 4 1/2"	2.4	1.42%	99.14%
BURIL	0.75	0.44%	99.59%
TABLERO FIJO	0.7	0.41%	100.00%
TOTAL	169.5	100%	

Fuente: Elaboración propia

Los registros de las actividades que se realizaron debido a las paradas y los tiempos que tomaron dichas actividades se muestran en la tabla N° 17. Además, se identifican que las paradas fueron generadas por fallas en el equipo, por tal motivo se realizaron mantenimientos correctivos para solucionar dichas fallas mencionadas.

Tabla 18: Diagnóstico correctivo granalladora GR01

DÍA	HORAS DE PARADAS	COSTO POR PARADAS	OBSERVACIÓN
15-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
16-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
17-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
18-jul	1.5	S/. 590.63	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
19-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
20-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
21-jul	0.0	S/. 0.00	NO HUBO
22-jul	4.0	S/. 1,626.95	MEDICIÓN DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN, CAMBIO DE CONTACTOR MC32
23-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
24-jul	1.5	S/. 612.59	EXTRACTORES DE HUMO EN MAL ESTADO/PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO
25-jul	7.0	S/. 3,151.96	CAMBIO DE FILTROS DE NAPA
26-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
27-jul	0.0	S/. 0.00	NO HUBO
28-jul	0.0	S/. 0.00	NO HUBO
29-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
30-jul	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
31-jul	7.0	S/. 2,871.96	RUPTURA DE POLIN/RUPTURA DE CHUMACERAS P 208
01-ago	3.0	S/. 1,593.83	CAMBIO DE POLIN/CHUMACERA Y CADENA DE TRANSPORTE
02-ago	1.0	S/. 393.75	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
03-ago	1.5	S/. 590.63	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Análisis de Eficiencia y Eficacia

En las siguientes tablas (véase tabla 19 y tabla 20) se puede observar el análisis realizado con respecto a la eficiencia y eficacia del proceso de granallado respectivamente. Este análisis se realizó durante aproximadamente 3 semanas comenzando el 15 de Julio y culminando el 03 de agosto del 2019. Esta información es parte del análisis del diagnóstico realizado a la máquina granalladora 1 (GR-01), que es la que se identificó como la máquina crítica debido a sus constantes paradas no programadas.

Tabla 19: Eficiencia del proceso de granallado

DÍA	H. MÁQ. PROGRAMADA	H. MÁQ. UTILIZADA	EFICIENCIA	COSTO TOTAL	Horas muertas	Costo máquina parada	Costo mano de obra directa ociosa	Costo mano de obra personal mantenimiento		Costo de repuesto
								Técnico 1	Técnico 2	
15-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
16-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
17-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
18-jul	8	6.5	0.81	S/. 617.63	1.50	S/ 590.63	S/ 27.00	S/ -	S/ -	S/ -
19-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
20-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
21-jul	0	0	0.00	S/. -	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
22-jul	8	4	0.50	S/. 1,698.95	4.00	S/ 1,575.00	S/ 72.00	S/ 8.51	S/ 43.44	S/ -
23-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
24-jul	8	6.5	0.81	S/. 639.59	1.50	S/ 590.63	S/ 27.00	S/ 5.67	S/ 16.29	S/ -
25-jul	8	1	0.13	S/. 3,277.96	7.00	S/ 2,756.25	S/ 126.00	S/ 39.69	S/ 76.02	S/ 280.00
26-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
27-jul	0	0	0.00	S/. -	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
28-jul	0	0	0.00	S/. -	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
29-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
30-jul	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
31-jul	8	1	0.13	S/. 2,997.96	7.00	S/ 2,756.25	S/ 126.00	S/ 39.69	S/ 76.02	S/ -
01-ago	8	5	0.63	S/. 1,647.83	3.00	S/ 1,181.25	S/ 54.00	S/ -	S/ 32.58	S/ 380.00
02-ago	8	7	0.88	S/. 411.75	1.00	S/ 393.75	S/ 18.00	S/ -	S/ -	S/ -
03-ago	8	6.5	0.81	S/. 617.63	1.50	S/ 590.63	S/ 27.00	S/ -	S/ -	S/ -
				S/. 15,615.03						

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°17 se puede observar la variación de la eficiencia, siendo el promedio 73.9% durante las 3 semanas en que se realizó el análisis.

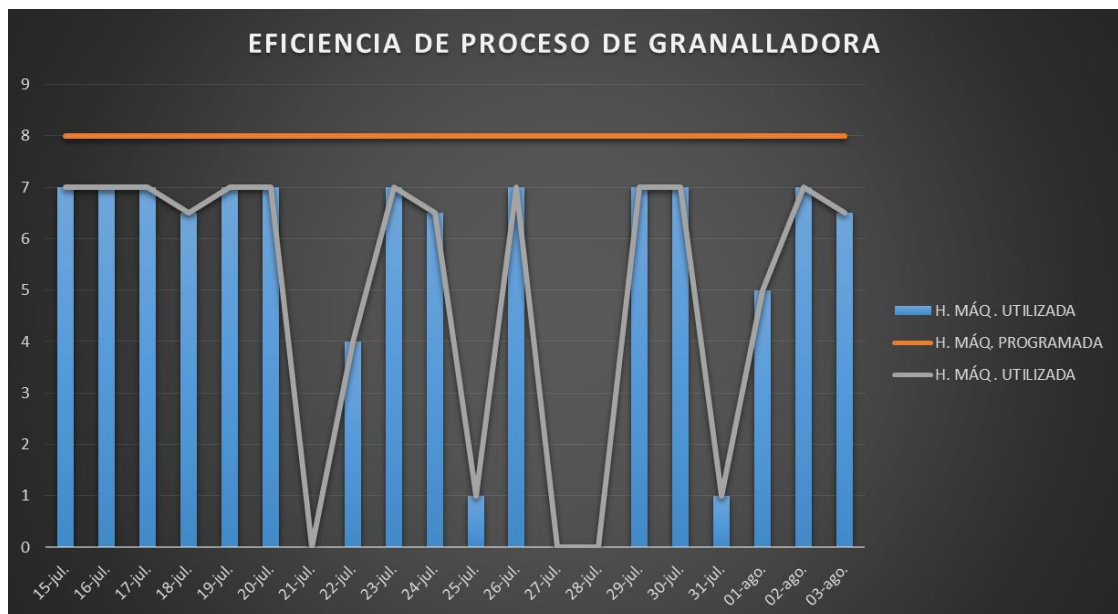


Figura N° 17: Eficiencia de proceso de granallado

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la siguiente tabla se puede observar la eficacia del proceso de granallado. La cantidad proyectada de 350 m² es un promedio de la producción en el área de granallado por día, dicha información fue proporcionada por el encargado del área de granallado.

Tabla 20: Eficacia del proceso de granallado

DÍA	CANT. PROYECTADA (m ²)	CANT. PRODUCIDA (m ²)	EFICACIA	COSTO PROYECTADO	COSTO REALIZADO	SOBRE COSTO
15-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
16-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
17-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
18-jul	350.00	284.375	0.81	S/. 3,150.00	S/ 2,559.38	S/ 590.63
19-jul	350.00	352.00	1.01	S/. 3,150.00	S/ 3,168.00	S/ -
20-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
21-jul	0.00	0	0.00	S/. -	S/ -	S/ -
22-jul	350.00	175.00	0.50	S/. 3,150.00	S/ 1,575.00	S/ 1,575.00
23-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
24-jul	350.00	284.38	0.81	S/. 3,150.00	S/ 2,559.38	S/ 590.63
25-jul	350.00	43.75	0.13	S/. 3,150.00	S/ 393.75	S/ 2,756.25
26-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
27-jul	0.00	0	0.00	S/. -	S/ -	S/ -
28-jul	0.00	0	0.00	S/. -	S/ -	S/ -
29-jul	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
30-jul	350.00	356.00	1.02	S/. 3,150.00	S/ 3,204.00	S/ -
31-jul	350.00	43.75	0.13	S/. 3,150.00	S/ 393.75	S/ 2,756.25
01-ago	350.00	218.75	0.63	S/. 3,150.00	S/ 1,968.75	S/ 1,181.25
02-ago	350.00	306.25	0.88	S/. 3,150.00	S/ 2,756.25	S/ 393.75
03-ago	350.00	284.375	0.81	S/. 3,150.00	S/ 2,559.38	S/ 590.63
						S/ 13,190.63

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera se puede observar en la figura N° 18 la variación de la eficacia, siendo el promedio 75.5% durante las 3 semanas en que se realizó el análisis.

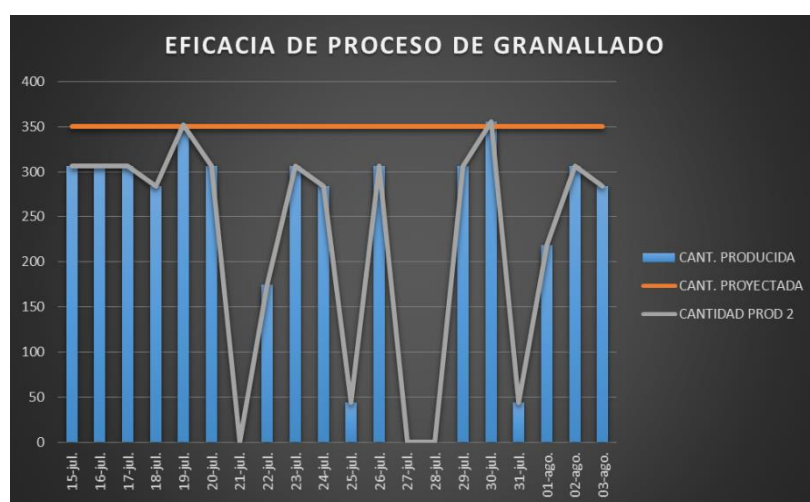


Figura N° 18: Eficacia del proceso de granallado

Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Análisis de la orden de trabajo del proceso de granallado

Para determinar los datos en estudio nos guiaremos del flujo de proceso (véase anexo 7), el cual nos indica que para el inicio del proceso de granallado se emite una orden de servicio. Este documento cuenta con la información de las piezas que van a ser trabajadas en el área, además de presentar datos como el metraje, código de la pieza, entre otros (véase figura 19).

DETALLES DE LA ORDEN DE SERVICIO		DETALLES DEL TRANSPORTE				DETALLES DEL SUBCONTRATO					
CÓDIGO:		DESPACHADO POR:		TIPO:	GRANALLADO Y PINTADO						
NÚMERO:	91	TRANSPORTE:		CONTRATISTA:	ESTRUCTURAS Y MONTAJES						
N° OT:	299	PLACA:		OBSERVACION:							
FECHA DE ENVÍO:	13/07/2019	TRANSPORTISTA:									
HORA DE ENVÍO:	04:00:00 p. m.	ORIGEN:	SECTOR 5								
FECHA DE ENTREGA:	03/08/2019	DESTINO:	SECTOR 1								
ITEM	DESCRIPCION	CODIGO	REV	PERFIL	LONGITUD	CANTIDAD	PESO UNITARIO	PESO TOTAL	AREA UNITARIA	AREA TOTAL	OBSERVACIONES
1	PLACA REFUERZO	3B1-PLR8	0	PL22X300	2042	1	105.49	105.49	1.33	1.33	
2	PLACA REFUERZO	3B1-PLR8-	0	PL22X300	2042	1	105.16	105.16	1.32	1.32	
3	VIGA	3B1-VG8	0	W8X31	2500	2	183.61	367.22	4.03	8.06	
4	COLUMNA	3B1-CL10	0	W12X40	1481	2	172.78	345.56	3.45	6.9	
5	COLUMNA	3B1-CL10-	0	W12X40	1000	2	94.46	188.92	2.01	4.02	
6	COLUMNA	D1-CL7	0	W12X53	3716	1	453.93	453.93	8.47	8.47	
7	COLUMNA	D1-CL7-1	0	W12X53	3716	1	439.93	439.93	8.07	8.07	
8	VIGA	D1-VG7	0	W8X40	4847	1	387.66	387.66	7.48	7.48	
9	COLUMNA	B2-CL5	0	W12X53	4561	1	550.34	550.34	9.9	9.9	
10	COLUMNA	B2-CL5-1	0	W12X53	4561	1	550.34	550.34	9.9	9.9	
11	VIGA	B2-VG5	0	W8X40	5037	1	462.68	462.68	8.68	8.68	
12	COLUMNA	C2-CL2	0	W12X53	4363	1	498.77	498.77	9.2	9.2	
13	COLUMNA	C2-CL2-1	0	W12X53	4363	1	525.37	525.37	9.71	9.71	
14	VIGA	C2-VG2	0	W8X40	4819	1	405.94	405.94	7.79	7.79	
15	COLUMNA	D1-CL4	0	W12X53	3455	1	423.41	423.41	7.69	7.69	
16	COLUMNA	D1-CL4-1	0	W12X53	3455	1	423.41	423.41	7.69	7.69	
17	VIGA	D1-VG4	0	W8X40	4892	1	376.83	376.83	7.38	7.38	
18	COLUMNA	C2-CL3	0	W12X53	4497	1	528.95	528.95	9.63	9.63	
19	COLUMNA	C2-CL3-1	0	W12X53	4497	1	528.95	528.95	9.63	9.63	
20	VIGA	C2-VG3	0	W8X40	4844	1	518.15	518.15	9.19	9.19	
21	COLUMNA	D1-CL1	0	W12X53	3585	1	418.91	418.91	7.72	7.72	
22	COLUMNA	D1-CL1-1	0	W12X53	3585	1	418.91	418.91	7.72	7.72	
23	VIGA	D1-VG1	0	W8X40	4953	1	424.14	424.14	8.19	8.19	
24	COLUMNA	D2-CL1	0	W12X53	4694	1	533.86	533.86	9.83	9.83	
25	COLUMNA	D2-CL1-1	0	W12X53	4694	1	533.86	533.86	9.83	9.83	
26	VIGA	D2-VG1	0	W8X40	4875	1	411.49	411.49	7.81	7.81	
27	COLUMNA	A2-CL3	0	W12X87	3992	1	684.44	684.44	10.24	10.24	
28	COLUMNA	A2-CL3-1	0	W12X87	3992	1	684.44	684.44	10.24	10.24	
29	VIGA	A2-VG3	0	W8X40	4658	1	376.06	376.06	7.71	7.71	
30	COLUMNA	B1-CL4	0	W12X53	2836	1	339.37	339.37	6.27	6.27	
31	COLUMNA	B1-CL4-1	0	W12X53	2836	1	413.68	413.68	7.17	7.17	
32	VIGA	B1-VG4	0	W8X40	4427	1	390.52	390.52	7.44	7.44	
33	COLUMNA	B2-CL9	0	W12X53	4431	1	626.14	626.14	10.73	10.73	
34	COLUMNA	B2-CL9-1	0	W12X53	4431	1	542.08	542.08	9.76	9.76	
35	VIGA	B2-VG9	0	W8X40	4332	1	428.13	428.13	8	8	
36	COLUMNA	C1-CL4	0	W12X87	4054	1	670.96	670.96	9.8	9.8	
37	COLUMNA	C1-CL4-1	0	W12X87	4054	1	692.88	692.88	10.16	10.16	
38	VIGA	C1-VG4	0	W8X40	4870	1	396.89	396.89	7.64	7.64	
39	COLUMNA	D1-CL2	0	W12X53	4061	1	467.98	467.98	8.62	8.62	
40	COLUMNA	D1-CL2-1	0	W12X53	4061	1	488.15	488.15	8.95	8.95	
41	VIGA	D1-VG2	0	W8X40	4894	1	413.62	413.62	8.08	8.08	
42	COLUMNA	A1-CL1	0	W12X40	2792	1	290.18	290.18	5.90	5.90	
43	COLUMNA	A1-CL1-1	0	W12X40	2792	1	290.18	290.18	5.90	5.90	
44	VIGA	A1-VG1	0	W8X40	5029	1	398.88	398.88	8.17	8.17	
45	COLUMNA	B1-CL3	0	W12X53	4163	1	484.21	484.21	8.87	8.87	

Figura N° 19: Orden de trabajo granallado

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la eficiencia y eficacia de dicho proceso se analizó el avance del área de granallado mediante el siguiente formato (véase figura 20).

PROYECTO:		Plaza del Sol			CONTRATISTA:		JCB Estructuras
OT:		299			CAPA Y ESPESOR:		Granallado
FECHA:		15/07/2019			ÁREA (m2)		OBSERVACIONES
ITEM	COD. ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	UNITARIA	TOTAL	
1	3B1-PLR8	PLACA REFUERZO	EM	1	1.33	1.33	
2	3B1-PLR8-	PLACA REFUERZO	EM	1	1.32	1.32	
3	3B1-VG8	VIGA	EM	2	4.03	8.06	
4	3B1-CL10	COLUMNA	EM	2	3.45	6.9	
5	3B1-CL10-	COLUMNA	EM	2	2.01	4.02	
6	D1-CL7	COLUMNA	EM	1	8.47	8.47	
7	D1-CL7-1	COLUMNA	EM	1	8.07	8.07	
8	D1-VG7	VIGA	EM	1	7.48	7.48	
9	B2-CL5	COLUMNA	EM	1	9.9	9.9	
10	B2-CL5-1	COLUMNA	EM	1	9.9	9.9	
11	B2-VG5	VIGA	EM	1	8.68	8.68	
12	C2-CL2	COLUMNA	EM	1	9.2	9.2	
13	C2-CL2-1	COLUMNA	EM	1	9.71	9.71	
14	C2-VG2	VIGA	EM	1	7.79	7.79	
15	D1-CL4	COLUMNA	EM	1	7.69	7.69	
16	D1-CL4-1	COLUMNA	EM	1	7.69	7.69	
17	D1-VG4	VIGA	EM	1	7.38	7.38	
18	C2-CL3	COLUMNA	EM	1	9.63	9.63	
19	C2-CL3-1	COLUMNA	EM	1	9.63	9.63	
21	C2-VG3	VIGA	EM	1	9.19	9.19	
23	D1-CL1	COLUMNA	EM	1	7.72	7.72	
25	D1-CL1-1	COLUMNA	EM	1	7.72	7.72	
27	D1-VG1	VIGA	EM	1	8.19	8.19	
29	D2-CL1	COLUMNA	EM	1	9.83	9.83	
31	D2-CL1-1	COLUMNA	EM	1	9.83	9.83	
33	D2-VG1	VIGA	EM	1	7.81	7.81	
35	A2-CL3	COLUMNA	EM	1	10.24	10.24	
37	A2-CL3-1	COLUMNA	EM	1	10.24	10.24	
39	A2-VG3	VIGA	EM	1	7.71	7.71	
41	B1-CL4	COLUMNA	EM	1	6.27	6.27	
TOTAL				33	TOTAL	238	
GRANALLADOR:				Williams De la Cruz Meza			
EQUIPO:				GRANALLADORA GR-01			
SUPERVISOR:				Juan Meza Hilaes			
OBSERVACIONES							

Figura N° 20: Formato de avance diario de granallado

Fuente: Elaboración propia

4.2. Implementación de la mejora

El desarrollo de la aplicación de la herramienta TPM en la presente investigación involucra alcanzar el objetivo principal el cual es mejorar la productividad en el proceso de granallado, además, los objetivos específicos, los cuales son: mejorar la eficiencia, eficacia e impacto ambiental del proceso de granallado.

De acuerdo al análisis de la situación actual de la empresa, se pudo evidenciar que los problemas son los constantes y dilatados tiempos de reparación ocasionados por averías fortuitas de la máquina granalladora que tiene como causa la falta de mantenimiento, falta de comunicación del operario e inadecuada manipulación del mismo de la máquina.

4.2.1. Fases del desarrollo de la propuesta

El plan de la propuesta nos permitirá conocer, organizar, planificar y mantener la filosofía del TPM para la máquina de granallado.

La filosofía del TPM involucra 4 fases y 12 etapas de implantación (véase figura 21), comprendiendo desde la decisión de la dirección de aplicar la herramienta como un proyecto integrado de la empresa, implantar el mantenimiento preventivo tanto como el predictivo o autónomo hasta la consolidación del TPM y elevación de metas.

La aplicación de la herramienta TPM tendrá como objetivo eliminar las pérdidas de producción relacionada a la máquina granalladora o, en otras palabras, mantener el equipo en disposición para producir a su capacidad máxima sin paradas no programadas, teniendo en consideración a las 6 grandes pérdidas de los equipos de producción.

Fase	Etapas	Aspectos de Gestión
1.- Preparación	1.- Decisión de aplicar el TPM en la Empresa	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2.- Información sobre TPM	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM
	3.- Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM . Crear una oficina de promoción del TPM
	4.- Objetivos y políticas básicas TPM	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados
	5.- Plan maestro de desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello
2.- Introducción	6.- Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas
3.- Implantación	7.- Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada
	9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo o el predictivo
	10.- Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñarán a los miembros del grupo correspondiente
	11.- Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad
4.- Consolidación	12.- Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA

Figura N° 21: Fases y etapas de implementación del TPM

Fuente: Cuatrecasas (2000)

4.2.1.1. Preparación

4.2.1.1.1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa

La alta dirección de la empresa concientizada con la mejora continua de los procesos y continuidad del negocio de la organización identificó las deficiencias presentes en las máquinas, por lo que se propuso y expuso la necesidad y los beneficios de implantar la filosofía TPM en planta, centrándonos en la máquina con mayor criticidad.

La alta dirección se comprometió a participar y brindar los recursos necesarios para permitir la correcta implantación de la herramienta TPM (véase anexo 9).

El éxito del TPM depende principalmente del entusiasmo de la alta dirección por mejorar los procesos de fabricación.

4.2.1.1.2. Información sobre TPM

La difusión de información sobre el TPM se realizó mediante un correo corporativo (véase Anexo 10), incluyendo los responsables directos del funcionamiento de la máquina crítica, la cual es la granalladora GR-01. Se dictó el curso “Filosofía de TPM” a todo el personal del proceso que incluyen los jefes y operarios (véase Figura N° 22 y 23). El éxito del logro de la aplicación en campo radica en la cooperación del personal con la finalidad de eliminar la resistencia a los cambios que trae la implementación.



Figura N° 22: Curso de Filosofía TPM a personal administrativo

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 23: Curso de Filosofía TPM a personal operativo

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1.3. Estructura promocional del TPM

La formación del comité del TPM y sus responsabilidades se estructura de la siguiente manera:

- a. Presidente del Comité de promoción del TPM en la empresa
 - c) Dictar las políticas necesarias para facilitar la implementación y ejecución del TPM.
 - d) Monitorear y revisar los avances del TPM en JCB Estructuras.
 - e) Asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios para la implementación del TPM.
 - f) Promover las actividades de grupos de TPM.
 - g) Fomentar el compromiso y participación del personal.
- b. Secretario del Comité de promoción del TPM en la planta
 - Monitorear desarrollo del TPM en planta.
 - Evaluar mensualmente los indicadores del TPM de la máquina granalladora.
 - Monitorear el cumplimiento del mantenimiento preventivo de los equipos.
- c. Responsable del Comité de promoción del TPM.
 - Documentar los avances del TPM y gestión acorde al área de mantenimiento.
 - Entregar indicadores de mantenimiento, de costo de equipos críticos.
 - Apoyar en la elaboración de los módulos de capacitación.
 - Controlar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos de planta.
 - Apoyar en la búsqueda de proveedores, pactar visitas técnicas, muestras de productos.
 - Entregar indicadores de mantenimiento del proceso.
 - Apoyar en la elaboración de los módulos de capacitación.
 - Controlar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos de planta.
 - Apoyar en la búsqueda de proveedores, pactar visitas técnicas, muestras de productos.

d. Operadores

- Conservar y controlar convenientemente los recursos asignados.
- Participar en el mantenimiento de sus equipos.
- Comunicar oportunamente los principales problemas de sus equipos.
- Elaborar objetivos de grupo que formen parte de objetivos mayores del TPM.

Se conformó el grupo de TPM “TPM GRANALLADORA GR-01” conformado por colaboradores de la empresa del nivel gerencial, jefatura y operativo. (Véase Anexo 11).

4.2.1.1.4. Objetivos y políticas básicas de TPM

La política utilizada en JCB Estructuras S.A.C., alineada a la filosofía TPM es “Mantener un firme compromiso de ofrecer servicios confiables, especializados e integrales en diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, garantizando impulsar una cultura de calidad con los más altos estándares nacionales e internacionales; nos proponemos en mejorar continuamente la gestión de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente para superar nuestro desempeño” y “Promover un mecanismo de comunicación interna y externa para alcanzar el cumplimiento de los objetivos y metas de la organización”. Asimismo, se aprobó una política TPM donde las áreas de logística y mantenimiento deben de tener sinergia y comunicación constante (véase anexo 12).

4.2.1.1.5. Plan maestro del desarrollo del TPM

Se instauró una programación para la implantación de la filosofía TPM en la máquina de granallado ubicada en el Sector 1 de la planta Jicamarca (véase Anexo N°13).

La implantación de la herramienta TPM en la granalladora será el piloto para una implantación posterior en todos los equipos del área y finalmente implantar la filosofía en toda la organización.

Se optó seleccionar la granalladora GR01 como piloto para la implantación por ser una máquina crítica de acuerdo al análisis de criticidad anteriormente descrito y por ser una máquina que tiene un gran impacto en la línea de producción cuando tiene una parada fortuita.

4.2.1.2. Introducción

4.2.1.2.1. Arranque formal del TPM

Finalizado el Plan Maestro, se procedió con el anuncio de la implementación del TPM. Este anuncio se dió mediante una reunión, donde se contó con la participación del comité de TPM (véase Figura N° 24), los colaboradores involucrados con el proceso productivo y con algunos representantes de otras áreas de la empresa. En esta reunión se dieron a conocer las actividades que se realizaron en la fase de preparación, así como explicar el plan maestro del desarrollo del TPM y las actividades a realizar a futuro con respecto a la implementación del TPM. (Véase Anexo 14)



Figura N° 24: Reunión sobre arranque formal del TPM

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. Implantación

4.2.1.3.1. Mejorar la efectividad del equipo

Se realizó una capacitación donde se citaron a los operarios involucrados en el proceso de producción. En dicha capacitación se trataron temas como indicadores de máquinas, problemas con respecto a las máquinas y actividades autónomas. Asimismo, al finalizar la capacitación se procedió a realizar una evaluación escrita a los operarios (Ver Anexo N° 15) con el fin de saber si lo expuesto en la capacitación fue captado por los asistentes, o de ser el caso programar otra capacitación para asegurarse de que lo expuesto sea captado por los colaboradores.

En la siguiente tabla se visualiza la Efectividad Global de Equipos de la máquina granalladora (GR-01) antes de la implementación del TPM.

Tabla 21: OEE de la máquina granalladora antes de la implementación del TPM

TIEMPOS	OBTENIDO DEDUCIENDO DEL ANTERIOR LOS TIEMPOS DE:	SIGLAS	RESULTADOS (MINUTOS)	RESULTADOS
TIEMPO DISPONIBLE	TIEMPO PREVISTO QUE EL EQUIPO SE PUEDE UTILIZAR	TD	9120	9120
TIEMPO DE CARGA	TIEMPO MUERTO POR PREPARACIÓN DE EQUIPO	TC	1560	7560
TIEMPO OPERATIVO	TIEMPO DE PARO POR AVERÍAS	TO	2910	4650
TIEMPO OPERATIVO REAL	OPERACIÓN EN VACÍO (TRASLADO DE PIEZA A FAJA TRANSPORTADORA)	TOR=CR X Q (CR:CICLO REAL/Q:VOLU MEN PROD.)	1080	3570
TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE	TIEMPO DE PÉRDIDA EN REPROCESO	TOE	0	3570

OC = CI/CR	0.833333333
OP = TOR/TO	0.76741935

D = TO/TC	0.615079365
E = OC x OP	0.639784946
C = TOE/TOR	1

OEE = D x E x C	0.393518519
-----------------	-------------

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3.2. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo

Para el inicio la implementación del mantenimiento autónomo, se realizó una charla organizada por el comité donde se invitó a los colaboradores involucrados con el proceso productivo. Dicha charla tuvo como finalidad concientizar a los colaboradores acerca de la importancia del mantenimiento autónomo y dar a conocer lo que se pretende realizar en esta etapa. El tiempo de duración de la charla fue aproximadamente de 50 minutos. Luego, para ejecutar el mantenimiento autónomo, se realizó una capacitación con el fin de que el personal que labora en el área de granallado tenga conocimiento con respecto a la máquina granalladora 1 (GR-01) y su óptimo manejo.

Por otro lado, el comité con ayuda de los colaboradores creó los formatos de limpieza, inspección, lubricación, ajustes y otros formatos afines a la gestión del mantenimiento, debido a que era imprescindible que todos los colaboradores tengan de manera física los procedimientos de las actividades básicas de verificación periódica programada.

Los formatos de la gestión de mantenimiento fueron creados por primera vez puesto que el área de mantenimiento carecía de los mismos.

El mantenimiento autónomo está referido en el principio de las 5S, los cuales se abordarán a continuación:

Seiri (Organización)

En el área de la granalladora 01 se evidencia que existen ductos propios de la granalla que se encuentran cerca de la máquina (véase Figura N° 25), el cual fue retirado puesto

que es un elemento innecesario y se encontraba con agujeros en la composición de su estructura.



Figura N° 25: Organización en el sector de la granalladora GR01

Fuente: Elaboración propia.

Seiton (Orden)

Una vez que en el área de la granalladora 01 sólo se hallan los elementos necesarios, estos deberán disponerse de forma que su utilización sea fácil y rápida, además puedan encontrarse y guardarse rápida y fácilmente.

La máquina granalladora utiliza bolsas de granalla las cuales se encuentran correctamente apiladas. (Véase Figura N° 26)



Figura N° 26: Bolsa de granalla

Fuente: Elaboración propia.

Seiso (Limpieza)

La limpieza de la máquina y lugar de trabajo contribuirá la forma de eliminar los focos de suciedad que obligan a limpiar el exceso.

La máquina granalladora emite napa, la cual se usa como filtro de aire, y cae al suelo (véase Figura N° 27).



Figura N° 27: Napa emitida por máquina granalladora

Fuente: Elaboración propia.

Seiketsu (Estandarización)

La estandarización supone el desarrollo de una metodología sistemática para la realización de una tarea, actividad o procedimiento. En el mantenimiento autónomo, la estandarización se encuentra ligada a los documentos de gestión del mantenimiento los cuales se ven reflejados en las figuras siguientes.

La estandarización ayudará al operador a efectuar de manera rápida el tiempo de puesto en marcha de la máquina puesto que atacará a puntos específicos detallados en el formato.


 JCB ESTRUCTURAS <small>Organización con altura de acero</small>	FORMATO		Código: OPE-MAN-PR-01
	TRABAJO DE TERCEROS		Versión: 00
			Fecha: 09/07/2019
			Pág.: 1 DE 1
MAQUINA			UBICACIÓN
MARCA	SERIE		FECHA DE INICIO
MODELO	CODIGO		FECHA DE ENTREGA
PARTE	TRABAJOS A REALIZAR	CANTIDAD	REPUESTO
EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS			
OBSERVACIONES			
V°B° MANTENIMIENTO	V°B° ALMACEN / LOGISTICA	V°B° PROVEEDOR	

Figura N° 28: Formato de Trabajo de Terceros

Fuente: Elaboración propia.



 JCB ESTRUCTURAS <small>Empresas del grupo JCB</small>		FORMATO ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (A.M.F.E.)				Código	OPEMAN-RR-02											
						Versión	00											
		Vigencia	10/07/2019															
		Fecha																
SUB PROCESO : 1----																		
PROCESO																		
GESTION DE MANTENIMIENTO																		
RESPONSABLE DEL PROCESO																		
JEFE DE MANTENIMIENTO																		
FECHA DE ACTUALIZACIÓN																		
01/05/2018																		
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	RIESGOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			ACCIONES			CONTROL Y SEGUIMIENTO							
		Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Detección	Ocurrencia	Gravedad	NPR Inicial	Acción correctiva	Responsable	Plazo	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final	
EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1.1			FALTA DE SOPORTE TÉCNICO DE REPRESENTANTE	AUSENCIA DEL PROVEEDOR	6	3	3	54	* COORDINAR CON ANTIPOCIÓN LA PRESENCIA DEL SOPORTE TECNICO	JEFE DE MANTENIMIENTO	SEGÚN PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	EJECUCIÓN DE LA COORDINACIÓN CON EL PROVEEDOR	3	3	3	27	
	1.3	DEMORA EN LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RETRAZO EN LA FABRICACIÓN	NO HAY STOCK DE REPUESTOS	FÍSICA	8	6	3	144	* DETERMINAR Y ACTUALIZAR EL STOCK. MINIMO DEL REPUESTO * REVISIÓN PREVIA DEL STOCK DE REPUESTO A LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	JEFE DE ALMACÉN JEFE DE MANTENIMIENTO	POR CADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS	4	6	3	72	
	1.4			DEMORA EN LA ATENCIÓN DEL REPUESTO	N.A.	8	8	7	448	* IDENTIFICACIÓN DEL REPUESTO EN SU ALMACENAMIENTO * SOLICITAR CON ANTIPOCIÓN LOS REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	JEFE DE ALMACÉN JEFE DE MANTENIMIENTO	PERMANENTE POR CADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	* EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS	3	3	2	18	
	1.5	NO SE EJECUE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	AVERIA DEL EQUIPO	EQUIPO NO DISPONIBLE	INCUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		8	8	3	192	* COMUNICAR AL RESPONSABLE DE AREA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO, CON ANTIPOCIÓN	JEFE DE MANTENIMIENTO	POR CADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	* COMUNICAR AL RESPONSABLE DE AREA LA FECHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON ANTIPOCIÓN.	4	4	3	48

Figura N° 29: Formato de análisis de modos de fallo y sus efectos (A.M.F.E.)

Fuente: Elaboración propia.

	CHECK LIST MANTENIMIENTO GRANALLADORA GR-01	Código	OPE-MAN-FR-03	
		Versión Fecha de revisión	0 05/06/2019	
Modelo :		Numero de serie :		
Fecha :		Tiempo total :		
Item N°	Trabajos	Responsable	Inspeccion	Observaciones
50 hr				
	Inspeccionar			
1				
2	Verificar que los tornillos y tuercas que sujetan los cangilones esten bien apretados			
3	Verificar el desgaste de los cangilones			
4	El desgaste de los labios de los cangilones no debe exceder los 12mm ya que puede disminuir la capacidad de elevacion de granalla			
5	Verificar el estado de la union empalme de la cinta de noria			
200 hr				
	Turbina			
1	Inspeccionar tubo de alimentacion de la turbina			
2	Inspeccionar caja de control			
3	Verificar el estado del rotor de turbina			
4	Inspeccionar protector lateral			
5	Inspeccionar protector curvo			
6	Inspeccionar rueda de turbina recta ó paletas			
	Cabina de granallado			
1	Inspeccionar carcasa -chaquetas			
2	Inspeccionar polines			
3	Inspeccionar chumacera de pared			
4	Inspeccionar chumacera de piso			
	Sistema de transporte			
1	Inspeccionar chumacera de pared (45mm)			
2	Inspeccionar chumacera de pared (35mm)			
3	Inspeccionar chumacera de pared (65mm)			
	Captador de polvo			
1	Inspeccionar conductos de aspiracion			
2	Inspeccionar faja en V			
3	Inspeccionar ventilador			
4	Inspeccionar malla metalica			
	Sistema electrico			
	Inspeccionar tableros			
1	Tablero secundario 1			
2	Tablero secundario 2			
3	Tablero secundario 3			
	Sistema neumatico			
1	Verificar el estado de las electrovalvulas			
2	Inspeccionar mangueras			
3	Verificar el estado del acumulador de aire			
4	Inspeccionar y limpiar el filtro del sistema			
5	Inspeccionar medidor de nivel de obstruccion de polvo			

Semestral				
	Turbina			
1	Inspeccionar Motor electrico			
2	Inspeccionar Rodaje motor lado A			
3	Inspeccionar Rodaje motor lado B			
	Sistema de transporte			
	Motoreductores (4 und)			
1	Cambiar rodajes y retenes			
2	Verificar el estado del tornillo sin fin secundario A			
3	Cambiar rodajes y aceite			
4	Inspeccionar motor electrico			
	Sistema de limpieza			
1	Inspeccionar Motor electrico			
2	Inspeccionar rodajes y si es necesario reemplazar			
	Captador de polvo			
1	Inspeccionar conductos de aspiracion			
2	Verificar el estado del motor electrico			
3	Inspeccionar rodajes y si es necesario reemplazar			
	Turbina			
1	Inspeccionar valvula reguladora-apertura de granalla			
	Sistema de transporte			
1	Verificar el estado del tornillo sin fin principal			
2	Inspeccionar carcasa del sin fin			
3	Inspeccionar carcasa del sin fin			
4	Verificar el estado del tornillo sin fin secundario B			
5	Inspeccionar carcasa del tornillo sin fin			
6	Inspeccionar elevador de cangilones			
7	Verificar el estado de los cangilones			
8	Inspeccionar tolva superior			
	Sistema de limpieza			
1	Inspeccionar malla metalica			
2	Verificar estado del ventilador			
3	Inspeccionar captador de polvo			
4	Inspeccionar aspirador de polvo			
5	Inspeccionar y limpiar cartuchos filtrantes			
6	Inspeccionar y limpiar filtro-napa			

Figura N° 30: Check list mantenimiento granalladora GR-01

Fuente: Elaboración propia


		FORMATO INVENTARIO DE EQUIPOS										Versión: 00 Fecha Emisión: 10/06/2019 Fecha Rev.: 12/08/2019
IT	CODIGO ANTERIOR	NOMBRE	FAB / MARCA	MODELO	N° SERIE	CAPACIDAD	ESTADO	UBICACIÓN	ZONA	OBSERVACION	SEMAFORO DE OPERATIVIDAD	
1	GR-01	Máquina granalladora automática	CYM	-	-	220 V - 20 HP	OPERATIVO	SECTOR 1				
2	PG-01	Puente grúa	GH	-	-	5 TON	OPERATIVO	SECTOR 1				
3	PL-01	Mesa de corte plasma CNC	AMG	FSC 4000D	-	4000X15	OPERATIVO	SECTOR 2				
4		Fuente plasma	KJELLBERG	HIFOCUS 440I	12006-1	-	OPERATIVO	SECTOR 2				
5		Enfriador	KJELLBERG	KWE 360	12013-2	-	OPERATIVO	SECTOR 2				
6	CM-04	Compresor de tornillo	KAISER	SM15	1088	-	OPERATIVO					
7	CM-04	Secador de aire comprimido	KAISER	TB-19	2373	-	OPERATIVO					
8	PL-03	Mesa de corte plasma taladro	AMG	DSC4500D	-	4500 X 16M	OPERATIVO					
9	CM-05	Compresor de tornillo	KAISER	SK15T	1515	-	OPERATIVO					
10		Fuente plasma	HYPERHEM	MAX PRO 200	005377	1/4" - 2"	OPERATIVO					
11	PL-02	Mesa de corte plasma	ZHAOZHAM	F2300A	ZZ2015F64025	4000 X 80 CM	OPERATIVO					
12		Fuente plasma	HYPERHEM	I25A	-	-	OPERATIVO					
13	PZ-01	Punzonadora hidráulica	PEDDINGHAUS	-	446007131001	-	OPERATIVO					
14	PZ-02	Punzonadora hidráulica	PEDDINGHAUS	PEDDIWORKER 1050	4063670308020	-	OPERATIVO					
15	PZ-03	Punzonadora hidráulica	EDWARDS	60IN	-	-	OPERATIVO					
16	PG-02	Puente grúa	GH	-	-	10 TON	OPERATIVO					
17	PG-03	Puente grúa	GH	-	-	10 TON	OPERATIVO					
18	AS-02	Fuente arco sumergido	ESAB	LAF-1001	1261455492	-	OPERATIVO					
19	AS-02	T tractor arco sumergido	ESAB	SOLDATIL EM12K	628-6381906	-	OPERATIVO					
20	AS-01	Fuente arco sumergido	ESAB	LAF-1001	126-410-1222	-	OPERATIVO					
21	AS-01	T tractor arco sumergido	ESAB	SOLDATIL EM12K	327-4081004	-	OPERATIVO					
22	SV-01	Soldadora de vigas (Arco sumergido)	KISTLER	FV	-	-	OPERATIVO					
23		Fuente de arco sumergido	LINCOLN	1000SD	4117087213	-	OPERATIVO					
24		Fuente de arco sumergido	LINCOLN	1000SD	41170705107	-	OPERATIVO					
25	GR-02	Granalladora automática	GIFTART	6W1500-410	-	-	OPERATIVO					
26	CNC-01	Sierra taladro	KALTEMBACK	KBS-750	-	-	OPERATIVO			Sectores de la maquina se encuentran inoperativas por falta de repuestos.		
27	FG-02	Sierra cinta	DURMA	CBS560	-	-	OPERATIVO					
28	CM-06	Compresor de tornillo	KAISER	CSD100	1091	-	OPERATIVO					
29		Secador de aire comprimido	KAISER	TE141	1620	-	OPERATIVO					
30	GR-03	Granalladora manual	SPRAMAQ	OF-11029	-	-	OPERATIVO					
31	TF-02	Subestación eléctrica 500KVA	ELECTROVOLT	-	14341	500 KVA	OPERATIVO					
32	GG-03	Grúa grove	GROVE	RT-528	78340	15 TON	OPERATIVO					
33	GG-01	Grúa grove	GROVE	RT-5813	-	15 TON	OPERATIVO					
34		Camión (blanco plata)	KIA	K2700	NCSGX71AD768566	C8A753	OPERATIVO					
35	GG-02	Grúa grove	GROVE	RT-528	-	15 TON	OPERATIVO					
36		Carretilla multidireccional	COMBLIF	C50000XL	29050	5 TON	OPERATIVO					
37		Camión (blanco) / grúa articulada	DONGFENG	DFA1102G25AD6	C8134191	94W791	OPERATIVO					
38		Camión blanco	DONGFENG	DFA1102G25AD6	C8134183	D5E733	OPERATIVO					
39		Camión / rojo - negro - crema	VOLVO	NB88-38	21615G	85J833	OPERATIVO					
40		Camión (blanco)	DONGFENG	DF-6128	GA121897	APS 802	OPERATIVO					
41		Camión (blanco)	FORD	CARGO 151748	98FXNCF33882995E	A70862	OPERATIVO					
42		Camión (blanco)	DONGFENG	DF 15168	FH115433	ALH 807	OPERATIVO					
43	MI - 22	Máquina inversora	LINCOLN	V 350 PRO	U 1051002491	-	OPERATIVO					
44	LI - 05	Taladro atornillador inalámbrico	DE WALT	20 MAX	DCD 776C2	-	OPERATIVO					
45	DM - 1	Martillo demolidor	DE WALT	D 25960	6153	-	OPERATIVO					
46	MA - 29	Máquina inversora	RONCH	RONCH WELD 200 MAX	31812114015	200 A	OPERATIVO			NUEVA		
47	MA - 33	Máquina inversora	RONCH	RONCH WELD 200 MAX	31712119549	200 A	OPERATIVO			NUEVA		
48	MA - 30	Máquina inversora	RONCH	RONCH WELD 200 MAX	31701007869	200 A	OPERATIVO			NUEVA		
49	MA - 31	Máquina inversora	RONCH	RONCH WELD 200 MAX	31712119542	200 A	OPERATIVO			NUEVA		
50	MA - 32	Máquina inversora	RONCH	RONCH WELD 200 MAX	31701007967	200 A	OPERATIVO			NUEVA		
51	TZ - 08	Tronzadora	DE WALT	D2872082	042186	-	OPERATIVO					
52	TZ - 07	Tronzadora	DE WALT	D2872082	046548	-	OPERATIVO					
53	TZ - 10	Tronzadora	DE WALT	D2872082	39170	-	OPERATIVO					
54	HE - 30	Horno eléctrico	GUTWELD	EQ 20 RI	BK 940	9 KG	OPERATIVO					
55	TG-01	Torre grúa	SAENZ	S0L 5T	-	5 TN	OPERATIVO					
56	MP - 01	Máquina de pintar	GRACO	495	-	-	OPERATIVO					
57	MI - 18	Máquina inversora	LINCOLN	V 350 PRO	U 11210097685	-	OPERATIVO					
58	E4 -102	Esmeril angular de 4 1/2"	DE WALT	DWE 4414N	-	-	OPERATIVO					
59	BU - 26	Buril	DE WALT	DW 888	-	-	OPERATIVO					
60	E9 - 82	Esmeril angular de 9"	DE WALT	DWE 4579	-	-	OPERATIVO					
61	E4 - 86	Esmeril angular de 4 1/2"	DE WALT	DWE 4414N	-	-	OPERATIVO					
62	E4 - 95	Esmeril angular de 4 1/2"	DE WALT	DWE 4414N	-	-	OPERATIVO					
63	E9 - 74	Esmeril angular de 9"	DE WALT	DWE 4579	-	-	OPERATIVO					
64	MI - 09	Alimentador de alambre	MILLER	SUITE CASE 12 VS	ME 473115	-	OPERATIVO					
65	MI - 19	Máquina inversora	LINCOLN	V 350 PRO	-	-	OPERATIVO					
66	MI - 14	Alimentador de alambre	MILLER	SUITE CASE 12 VS	MH 253124 V	-	OPERATIVO					
67	MI - 10	Alimentador de alambre	MILLER	SUITE CASE 12 VS	MG 223023 V	-	OPERATIVO					
68	MI - 04	Máquina inversora	MILLER	XMT 425	MD 040405 V	-	OPERATIVO					
69	MI - 16	Máquina inversora	LINCOLN	V 350 PRO	U 1121009766	-	OPERATIVO					
70	E9 - 75	Esmeril angular de 9"	DE WALT	DWE 4579	-	-	OPERATIVO					
71	HE - 41	Horno eléctrico	IRB - DRYER	NA	-	5 KG	OPERATIVO					
72	E9 - 79	Esmeril angular de 9"	DE WALT	DWE 4579	-	-	OPERATIVO					
73	TI - 09	Taladro magnético	HUI TOOLS	MCD - 50	-	-	OPERATIVO					
74	MI - 25	Máquina inversora	MILLER	XMT 304	LP 236256	-	OPERATIVO					
75	MI - 08	Máquina inversora	MILLER	XMT 304	-	-	OPERATIVO					
76	MI - 15	Alimentador de alambre	MILLER	SUITE CASE 12 VS	-	-	OPERATIVO					
77	MA - 19	Máquina inversora	ESAB	NHL 2201	504741	-	OPERATIVO					
78	MI - 12	Alimentador de alambre	MILLER	SUITE CASE 12 VS	MH 213070V	-	OPERATIVO					
79	MI - 05	Máquina inversora	MILLER	XMT 350 VS	MD 070860 V	-	OPERATIVO					
80	MI - 24	Máquina inversora	MILLER	XMT 350 VS	LE 380382A	-	OPERATIVO					

Figura N° 31: Inventario de Equipos

Fuente: Elaboración propia

Shitsuke (Cumplimiento o disciplina)

De manera que se haya cumplido las 4S anteriores convendrá que nos aseguraremos de que todo se todo ello se efectúe de manera eficaz. Por lo cual se llevó un control de acuerdo a lo periodicidad de verificaciones. Asimismo, se creó los indicadores de mantenimiento MTBF (Tiempo medio entre fallas) y MTTR (Tiempo medio de reparación) (véase tabla 22).

Según Cuatrecasas (2000), indica que para el cálculo de los indicadores se tienen las siguientes fórmulas:

MTBF: $\text{Tiempo de carga (TC) / Número de paros por fallos (PF)}$

MTTR: $\text{Tiempo total reparaciones (TR) / Número de reparaciones (NR)}$

Tabla 22: Cuadro comparativo del antes y después de implementación

	MTBF	MTRR
ANTES	4.54	1.13
DESPUÉS	5.66	0.54

Fuente: Elaboración propia

Post-aplicación de las 5S

Luego de aplicar la metodología 5S, la máquina granalladora se aprecia de la siguiente manera (véase Figura N° 32).



Figura N° 32: Granalladora GR-01 luego de aplicar 5S

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.3.3. Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado.

Esta etapa consiste en desarrollar un programa de mantenimiento programado de la granalla para que sea ejecutado por el departamento de mantenimiento de JCB Estructuras.

Para lo cual primero se revisó el “Manual de Usuario y Mantenimiento de Equipo de Granallado” estableciendo 4 grupos de actividades de mantenimiento como son:

- Actividades de Lubricación (Véase Tabla 23)
- Actividades Eléctricas (Véase Tabla 24)
- Actividades Mecánicas (Véase Tabla 25)
- Actividades de Instrumentación (Véase Tabla 26)

Tabla 23: Actividades de lubricación

ACTIVIDADES DE LUBRICACIÓN	
ACTIVIDADES	CÓDIGO
CAMBIO DE ACEITE	L01
REVISIÓN DEL NIVEL Y FUGAS DE ACEITE	L02
REVISIÓN Y LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS	L03
ENGRASE Y LUBRICACIÓN	L04
ACTIVAR SISTEMA LIMPIADOR	L05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Actividades eléctricas

ACTIVIDADES DE ELÉCTRICAS	
ACTIVIDADES	CÓDIGO
REVISIÓN, AJUSTE Y/O CAMBIO DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	E01
REVISIÓN DE VOLTAJE Y AMPERAJE	E02
REVISIÓN TARJETA ELECTRÓNICA	E03
REVISIÓN SERVO MOTORES	E04
REVISIÓN DE MOTOR ELÉCTRICO	E05
REVISIÓN DEL ESTADO DE LOS CABLES Y GENERAL	E06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Actividades mecánicas

ACTIVIDADES DE MECÁNICAS	
ACTIVIDADES	CÓDIGO
AJUSTES Y ALINEACIÓN DE PARTES MÓVILES	M01
REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DE ENGRANES	M02
REVISIÓN DEL NIVEL Y VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO DE REFRIGERANTE	M03
INSPECCIÓN, AJUSTE, CAMBIO DE BANDAS, CORREAS Y POLEAS	M04
LIMPIEZA O RASQUETEADO DE BANCADAS	M05
INSPECCIÓN VISUAL DE POSIBLES DAÑOS Y/O VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA HERRAMIENTA	M06
REVISIÓN Y/O CAMBIO DE BOQUILLAS, TUBOS DE CONTACTO Y TOBERAS	M07
CAMBIO DE RODAMIENTOS	M08
REVISIÓN Y AJUSTE GENERAL DE MÁQUINAS	M09
REVISIÓN BOMBA HIDRÁULICA	M10
REVISIÓN Y TENSIÓN DE LA CADENA	M11
REVISIÓN Y/O CAMBIO DEL KIT DE ARRASTRE	M12
REVISIÓN Y RECTIFICACIÓN DE GUÍAS RECÍPROCANTES	M13
PURGAR EL TANQUE DE AIRE	M14
REVISIÓN TUBERÍAS Y MANGUERAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO E HIDRÁULICO	M15
REVISIÓN Y/O CAMBIO FILTRO DE AIRE	M16
REVISIÓN Y/O CAMBIO FILTRO DE ACEITE	M17
CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE	M18
REVISIÓN DE FRENOS	M19
MANTENIMIENTO GENERAL	M20
CONTROL DE ACCIONAMIENTO DE EQUIPO	M21
REVISIÓN DE GASES	M22
REVISIÓN Y/O CAMBIO DE ESCOBIILLAS	M23
REVISIÓN, RECTIFICACIÓN Ó CAMBIO DEL DISPOSITIVO DE ROSCADO	M24
REVISIÓN DE TOLVA	M25
CONTROL DE TACHO DE GRANALLA	M26
CONTROL DE TENSADO DE CINTA DE NORIAL	M27
CONTROL DE ESTADO DE ZARANDAS	M28
VERIFICACIÓN DE CORTINA DE GRANALLA	M29
CONTROL DE DIRECCIÓN DE CHORRO EN GRANALLA	M30
REVISIÓN, RECTIFICADO, O CAMBIO DE CUCHILLAS	M31
AFILADO Y/O CAMBIO DE CUCHILLAS	M32
REVISIÓN Y/O CAMBIO DE BUJES	M33
VERIFICACIÓN DE SUJECCIÓN DE TORNILLOS Y TUERCAS	M34
VERIFICACIÓN DESGASTE DE CANGILONES	M35
VERIFICACIÓN ESTADO DE UNIONES/EMPALMES	M36
VERIFICACIÓN DE VÁLVULAS	M37
INSPECCIÓN VISUAL DE ELEMNTO QUE SE CARGA EN EQUIPO	M38
INSPECCIÓN VISUAL DE ELEMENTO QUE SE DESCARGA DE EQUIPO	M39
INSPECCIÓN VISUAL DESGASTE ESTRUCTURA DE CHAPAS	M40
VERIFICACIÓN VISUAL DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO	M41
REVISIÓN Y/O CAMBIO DE DISCO	M42
VERIFICACIÓN NIVEL DE COMBUSTIBLE, AGUA Y ACEITE	M43
VERIFICACIÓN DE HUMEDAD	M44
DRENAR AGUA DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	M45
CHEQUEAR EL CLARO DE LAS VÁLVULAS	M46
LIMPIAR Y AJUSTAR INYECTORES	M47
LIMPIAR Y APRETAR TERMINALES DE BATERÍA	M48
REVISIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	M49
REVISIÓN DE EMISIÓN DE POLVOS	M50
REVISIÓN/CAMBIO DE FIELTRO	M51
REVISIÓN/CAMBIO DE BURLETE DE GOMA	M52
REVISIÓN/CAMBIO DE REJILLA FIJA	M53
LIMPIEZA RANURAS DE VENTILACIÓN E INTERIOR DE LA MÁQUINA	M54
LIMPIEZA VENTILADOR	M55
LIMPIEZA SUPERFICIAL, ÁREAS DE TRABAJO	M56
LIMPIEZA TACHO DE GRANALLA	M57
LIMPIEZA DE PULMÓN DE AIRE COMPRIMIDO	M58
LIMPIEZA DE REJILLA FIJA	M59
ASEO	M60
LAVADO GENERAL	M61
LIMPIEZA GENERAL	M62
VACIADO TACHO DEL FILTRO	M63
LIMPIAR BASE DEL ELEVADOR DE CONTAMINANTES GRUESOS	M64
PINTURA	M65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Actividades de instrumentación

ACTIVIDADES DE INSTRUMENTACIÓN	
ACTIVIDADES	CÓDIGO
CALIBRACIÓN DE PRESOSTATO, MANÓMETRO Y VÁLVULA DE SEGURIDAD	101
COMPROBACIÓN DE PRESIÓN DE SERVICIO	102
REVISIÓN DE CONTROL NUMÉRICO (CN)	103
REALIZACIÓN DE TAMIZADO	104
CONTROL DE PÉRDIDA DE AIRE COMPRIMIDO	105
CONTROL DE CARTUCHOS	106
INSPECCIÓN, CALIBRACIÓN Y/O CAMBIO DE FLUJÓMETRO	107

Fuente: Elaboración propia

Luego, se determinó la periodicidad con tableros de control que permite obtener datos cuantificados de cada sistema de la granalladora 01 durante las fechas de aplicación del TPM y además la proyección de los mantenimientos preventivos en futuras semanas.

- Cronograma purificador de abrasivos diario (véase tabla 27)
- Cronograma elevador de cangilones semanal (véase tabla 28)
- Cronograma turbina modelo TR 300 20HP diario (véase tabla 29)
- Cronograma turbina modelo TR 300 20HP semanal (véase tabla 30)
- Cronograma sistema de limpieza diario (véase tabla 31)
- Cronograma sistema de limpieza semanal (véase tabla 32)
- Cronograma aspirador de polvo diario (véase tabla 33)
- Cronograma aspirador de polvo semanal (véase tabla 34)

Tabla 27: Cronograma diario purificador de abrasivos

CODIGO DE EQUIPO : GR-01						
PURIFICADOR DE ABRASIVOS						
DIARIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
M29	X	X	X	X	X	X
M37	X	X	X	X	X	X
M38	X		X		X	
I04	X	X	X	X	X	X
M53	X		X		X	
M28	X	X	X	X	X	X
M36	X		X		X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Cronograma semanal elevador de cangilones

ELEVADOR DE CANGILONES (NORIA)																								
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M27	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
M33	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M35	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
M64	X				X				X				X				X				X			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Cronograma diario turbina modelo TR300 20HP

TURBINA MODELO TR300 20HP						
DIARIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
E02	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Cronograma semanal turbina modelo TR300 20HP

TURBINA MODELO TR300 20HP																								
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M39	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M30	X				X				X				X				X				X			
M50	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
M51	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Cronograma diario sistema de limpieza

SISTEMA DE LIMPIEZA							
ACTIVIDADES	DIARIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
M25		X	X	X	X	X	X
I04		X	X	X	X	X	X
M26		X	X	X	X	X	X
M51		X		X		X	
M29		X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Cronograma semanal sistema de limpieza

SISTEMA DE LIMPIEZA																									
ACTIVIDADES	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M59		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M52		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M40		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Cronograma diario aspirador de polvo

ASPIRADOR DE POLVO							
ACTIVIDADES	DIARIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
M52		X		X		X	
I01		X	X	X	X	X	X
M57		X	X	X	X	X	X
I02		X	X	X	X	X	X
M21		X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Cronograma semanal aspirador de polvo

ASPIRADOR DE POLVO																									
ACTIVIDADES	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I05		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
I06		X				X				X				X					X				X		
I02		X				X				X				X					X				X		
M44		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se desarrolló los procedimientos de mantenimiento preventivo, correctivo, rutinario y plan de mantenimiento (véase Anexos N° 16, 17, 18 y 19). En el anexo N° 20, se encuentra la validación del plan de mantenimiento de la granalladora 01 por parte del Jefe de Mantenimiento de JCB Estructuras.

5.2.1.3.4. Formación para elevar capacidad de operación y mantenimiento.

Esta etapa refleja la necesidad de mejorar las habilidades de los recursos humanos que dispone el área de mantenimiento, es por ende que, se creó un despiece de la granalladora 01 (véase tabla 35, figuras 33, 34, 35, 36 y 37) Para realizar dicho despiece es necesario tener en consideración la ficha técnica del equipo (véase anexo 25).

Tabla 35: Despiece de Granalladora

MAQUINA GRANALLADORA								
ZONA	DESCRIPCION	CANTIDAD	HP	RPM	ALIMENTACION	AMPERAJE	ARRANQUE	REPUESTOS
ENTRADA	FINALES DE CARRERA	2	x	x	220V	x	estrella - triangulo	
SALIDAS	VENTILADOR	1	30	1800	3-440V	39	Directo	
	NORIA	1	5.5	1800	3-440V	7.9	Directo	
	SIN FIN CABINA	1	2	1800	3-440V	3.1	Directo	
	SIN FIN TRANSPORTADOR	1	2	1800	3-440V	3.1	Directo	
	TURBINA	4	20	3600	3-440V	26.5A	Directo	rodamiento 6209 2z - 6309 2z
	TRANSPORTADOR	2	1	1800	3-440V	1.7	Directo	
	VALVULA DE GRANALLA	1		x	220 V	x	Directo	
ELECTROVALVULAS	x	8	x	220 V	x	Directo		

Fuente: Elaboración propia

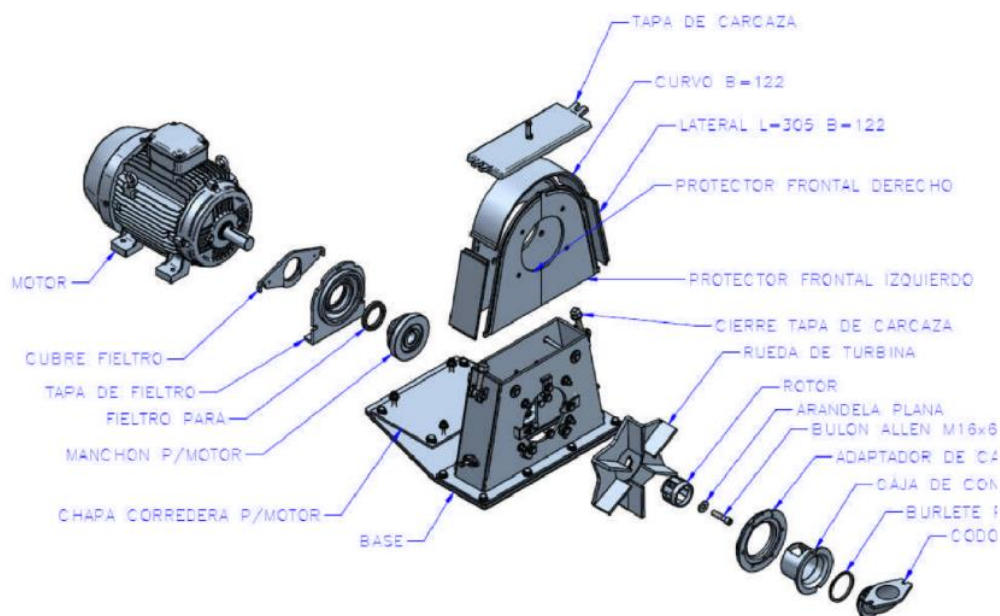


Figura N° 33: Despiece de turbina (GR-01)

Fuente: Elaboración propia

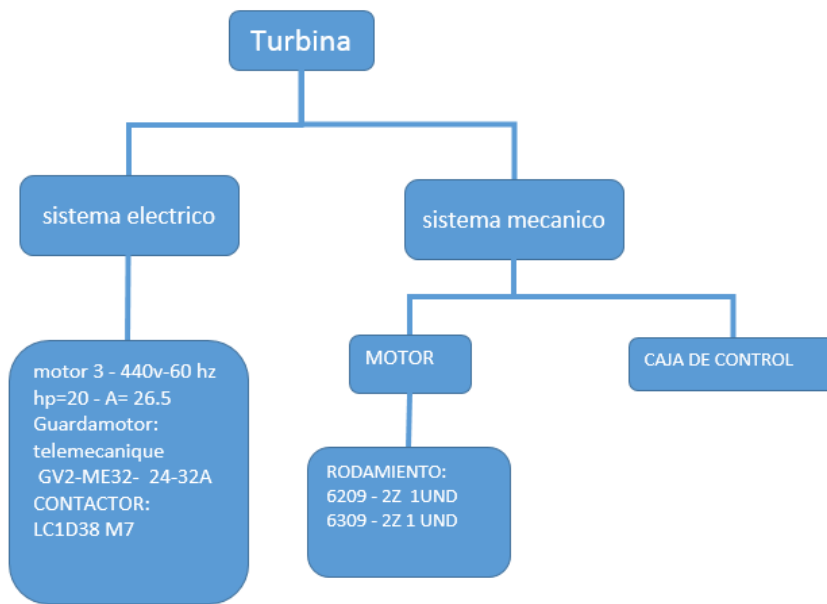


Figura N° 34: Despiece conceptual de turbina (GR-01)

Fuente: Elaboración propia

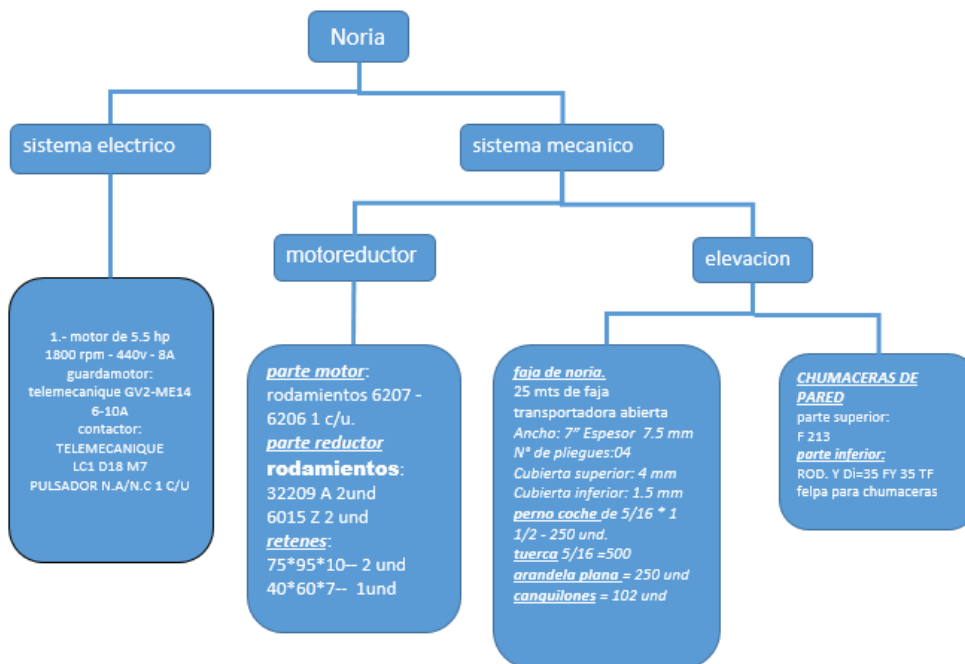


Figura N° 35: Despiece conceptual de Noria (GR-01)

Fuente: Elaboración propia

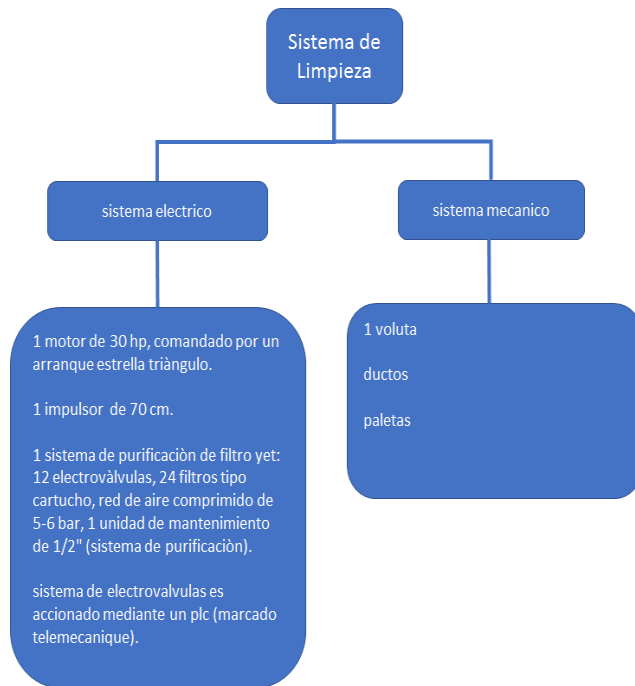


Figura N° 36: Sistema de limpieza

Fuente: Elaboración propia

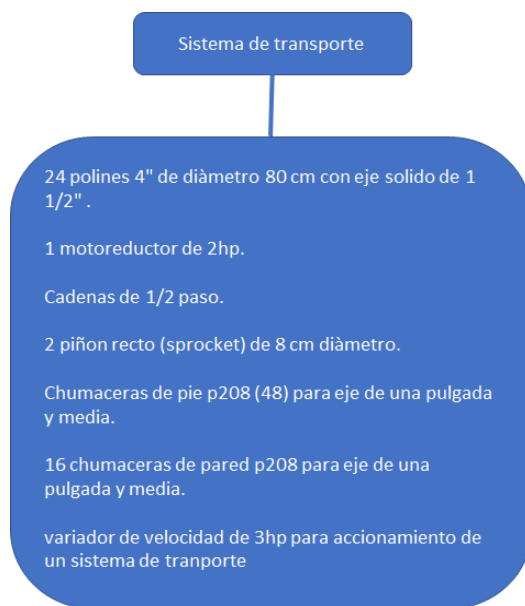


Figura N° 37: Sistema de transporte

Fuente: Elaboración propia

2.1.3.5. Creación de un programa de gestión temprana de equipos

Esta etapa tiene como objetivo optimizar el mantenimiento para nuevos equipos. Para ello el área de mantenimiento debe actuar desde el nacimiento de la necesidad de compra de un equipo o máquina solicitando todos los documentos propios de la máquina a la

empresa proveedora (manuales de las máquinas donde detallen la frecuencia del mantenimiento de dicha máquina).

5.2.1.4. Consolidación

5.2.1.4.1. Consolidación del TPM y elevación de los objetivos

Este paso del programa es mantener y mejorar continuamente a lo largo de cada una de las etapas anteriormente mencionadas. Es por ello que se debe cuantificar el progreso alcanzado mediante indicadores y dar a conocer a todos los empleados para que se sensibilicen respecto a las consecuencias que causan en su trabajo diario.

En el anexo N° 21 se encuentra la validación final del mejoramiento del proceso de granallado, específicamente de la granalladora 01 por parte del Jefe de Mejoramiento de Procesos.

En el anexo N° 22, se encuentra la certificación Black Belt en Lean Six Sigma del Jefe de Mejoramiento de Procesos.

En la tabla 36 se puede apreciar los cálculos de los indicadores de mantenimiento, MTBF y MTTR antes de la aplicación de la filosofía TPM.

Tabla 36: Cuadro de MTBF y MTTR antes de implementación

DÍA	To	Tr	N° FALLAS	H.MÁQ PROG.	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD
15-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
16-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
17-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
18-Jul	6.5	1.5	1	8	6.50	1.50	81%	77%
19-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
20-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
21-Jul	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
22-Jul	4	4	2	8	2.00	2.00	50%	0%
23-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
24-Jul	6.5	1.5	2	8	3.25	0.75	81%	77%
25-Jul	1	7	2	8	0.50	3.50	13%	0%
26-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
27-Jul	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
28-Jul	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
29-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
30-Jul	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
31-Jul	1	7	3	8	0.33	2.33	13%	0%
01-Ago	5	3	3	8	1.67	1.00	63%	40%
02-Ago	7	1	1	8	7.00	1.00	88%	86%
03-Ago	6.5	1.5	1	8	6.50	1.50	81%	77%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37, se puede apreciar los cálculos de los indicadores de mantenimiento, MTBF y MTTR después de la aplicación de la filosofía TPM.

Tabla 37: Cuadro de MTBF y MTTR después de implementación del TPM

DÍA	To	Tr	N° FALLAS	H.MÁQ PROG.	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD
09-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
10-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
11-Set	6.5	1.5	1	8	6.50	1.50	81%	77%
12-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
13-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
14-Set	5	3	2	8	2.50	1.50	63%	40%
15-Set	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
16-Set	7.5	0.5	2	8	3.75	0.25	94%	93%
17-Set	6	2	2	8	3.00	1.00	75%	67%
18-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
19-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
20-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
21-Set	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
22-Set	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
23-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
24-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
25-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
26-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
27-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
28-Set	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%

Fuente: Elaboración propia

4.3. Presentación de resultados

4.3.1. Productividad

Al culminar la implementación del TPM se procedió a realizar un análisis del rendimiento de la granalladora. En la siguiente tabla se muestra la eficacia, eficiencia y productividad obtenida al finalizar la implementación del TPM.

Tabla 38: Eficiencia, eficacia y productividad luego de implementación de TPM

2019	GRANALLADORA 1
EFICIENCIA	90.07%
EFICACIA	93.31%
PRODUCTIVIDAD	84.90%

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Eficiencia y eficacia

Se realizó el análisis de la eficiencia luego de realizar la implementación del TPM a la máquina granalladora 1. A continuación, se presenta la tabla con el análisis mencionado (véase tabla 39).

La cantidad proyectada de 350 m² es un promedio de la producción en el área de granallado por día, dicha información fue proporcionada por el encargado del área de granallado. Además, de acuerdo a la orden de trabajo de la máquina granalladora se muestra la cantidad en metros cuadrados a granallar en la máquina GR-01.

Tabla 39: Eficiencia del proceso de granallado luego de la implementación del TPM

DÍA	H. MÁQ. PROGRAMADA	H. MÁQ. UTILIZADA	EFICIENCIA	COSTO TOTAL	Horas muertas	Costo máquina parada	Costo mano de obra directa ociosa	Costo mano de obra personal mantenimiento		Costo de repuesto	
								Técnico 1	Técnico 2		
09-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
10-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
11-sep	8	6.5	0.81	S/. 833.92	1.50	S/ 590.63	S/ 27.00	S/ -	S/ 16.29	S/ 200.00	
12-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
13-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
14-sep	8	5	0.63	S/. 1,284.84	3.00	S/ 1,181.25	S/ 54.00	S/ 17.01	S/ 32.58	S/ -	
15-sep	0	0	0.00	S/. -	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	
16-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
17-sep	8	6	0.75	S/. 856.56	2.00	S/ 787.50	S/ 36.00	S/ 11.34	S/ 21.72	S/ -	
18-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
19-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
20-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
21-sep	0	0	0.00	S/. -	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	
22-sep	0	0	0.00	S/. -	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	
23-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
24-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
25-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
26-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
27-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
28-sep	8	7.5	0.94	S/. 205.88	0.50	S/ 196.88	S/ 9.00	S/ -	S/ -	S/ -	
				S/. 5,857.57							

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°38 se puede observar la variación de la eficiencia, siendo el promedio 90.07% durante las 3 semanas en que se realizó el análisis.

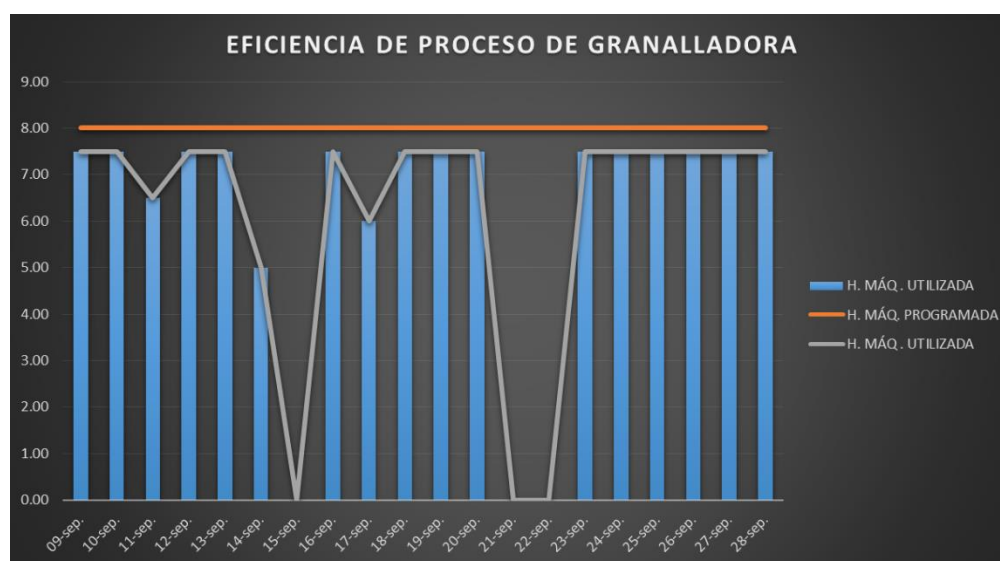


Figura N° 38: Eficiencia proceso granallado luego de implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se realizó el análisis de la eficacia luego de realizar la implementación del TPM a la máquina granalladora 1. A continuación, se presenta la tabla con el análisis mencionado (véase tabla 40).

Tabla 40: Eficacia del proceso de granallado luego de la implementación del TPM

DÍA	CANT. PROYECTADA	CANT. PRODUCIDA	EFICACIA	COSTO PROYECTADO	COSTO REALIZADO	SOBRE COSTO
09-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
10-sep	350.00	366.00	1.05	S/. 3,150.00	S/ 3,294.00	S/ -
11-sep	350.00	284.38	0.81	S/. 3,150.00	S/ 2,559.38	S/ 590.63
12-sep	350.00	374.00	1.07	S/. 3,150.00	S/ 3,366.00	S/ -
13-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
14-sep	350.00	218.75	0.63	S/. 3,150.00	S/ 1,968.75	S/ 1,181.25
15-sep	0.00	0.00	0.00	S/. -	S/ -	S/ -
16-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
17-sep	350.00	262.50	0.75	S/. 3,150.00	S/ 2,362.50	S/ 787.50
18-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
19-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
20-sep	350.00	369.00	1.05	S/. 3,150.00	S/ 3,321.00	-S/ 171.00
21-sep	0.00	0.00	0.00	S/. -	S/ -	S/ -
22-sep	0.00	0.00	0.00	S/. -	S/ -	S/ -
23-sep	350.00	328.14	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.26	S/ 196.74
24-sep	350.00	352.00	1.01	S/. 3,150.00	S/ 3,168.00	S/ -
25-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
26-sep	350.00	372.00	1.06	S/. 3,150.00	S/ 3,348.00	S/ -
27-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
28-sep	350.00	328.13	0.94	S/. 3,150.00	S/ 2,953.13	S/ 196.88
						S/ 4,160.12

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°39 se puede observar la variación de la eficacia, siendo el promedio 93.31% durante las 3 semanas en que se realizó el análisis.

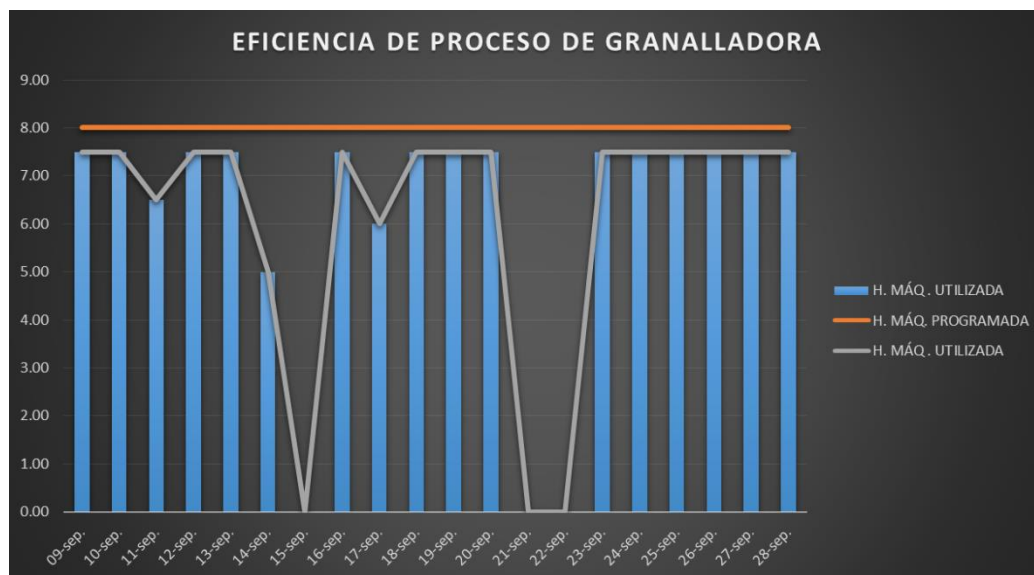


Figura N° 39: Eficacia del proceso de granallado luego de la implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Disponibilidad y confiabilidad

Mediante la siguiente tabla se puede observar el porcentaje de disponibilidad y confiabilidad obtenida de la granalladora luego de realizar la implementación del TPM y del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 41: Confiabilidad y disponibilidad de granalladora 1 después de la implementación del TPM

DÍA	To	Tr	N° FALLAS	H.MÁQ PROG.	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD
09-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
10-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
11-sep	6.5	1.5	1	8	6.50	1.50	81%	77%
12-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
13-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
14-sep	5	3	2	8	2.50	1.50	63%	40%
15-sep	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
16-sep	7.5	0.5	2	8	3.75	0.25	94%	93%
17-sep	6	2	2	8	3.00	1.00	75%	67%
18-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
19-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
20-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
21-sep	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
22-sep	0	0	0	0	0.00	0.00	0%	0%
23-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
24-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
25-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
26-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
27-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%
28-sep	7.5	0.5	1	8	7.50	0.50	94%	93%

Fuente: Elaboración propia

5.3.4. Eficiencia Global de Equipos

Se realizó el análisis con respecto a la Eficiencia Global de Equipos de la máquina granalladora GR-01 (Véase tabla 42)

Tabla 42: OEE de la granalladora después de la implementación del TPM

TIEMPOS	OBTENIDO DEDUCIENDO DEL ANTERIOR LOS TIEMPOS DE:	SIGLAS	RESULTADOS (MINUTOS)	RESULTADOS
TIEMPO DISPONIBLE	TIEMPO PREVISTO QUE EL EQUIPO SE PUEDE UTILIZAR	TD	9120	9120
TIEMPO DE CARGA	TIEMPO MUERTO POR PREPARACIÓN DE EQUIPO	TC	570	8550
TIEMPO OPERATIVO	TIEMPO DE PARO POR AVERÍAS	TO	300	8250
TIEMPO OPERATIVO REAL	OPERACIÓN EN VACÍO (TRASLADO DE PIEZA A FAJA TRANSPORTADORA)	TOR=CR X Q (CR:CICLO REAL/Q:VOLU MEN PROD.)	1140	7110
TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE	TIEMPO DE PÉRDIDA EN REPROCESO	TOE	0	7110

OC = CI/CR	0.833333333
OP = TOR/TO	0.861818182

D = TO/TC	0.964912281
E = OC x OP	0.718181818
C = TOE/TOR	1

OEE = D x E x C	0.692982456
-----------------	-------------

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Resumen de resultados

A continuación, se muestra una tabla resumen mostrando los datos antes y después de la implementación del TPM (Véase Tabla 43)

Tabla 43: Cuadro resumen de indicadores antes y después de implementación TPM

ANTES			DESPUÉS		
EFICIENCIA	EFICACIA	COSTO TOTAL	EFICIENCIA	EFICACIA	COSTO TOTAL
88%	88%	S/. 805.50	94%	94%	S/. 402.75
88%	88%	S/. 805.50	94%	105%	S/. 205.88
88%	88%	S/. 805.50	81%	81%	S/. 1,424.54
81%	81%	S/. 1,208.25	94%	107%	S/. 205.88
88%	101%	S/. 411.75	94%	94%	S/. 402.75
88%	88%	S/. 805.50	63%	63%	S/. 2,466.09
50%	50%	S/. 3,273.95	94%	94%	S/. 402.75
88%	88%	S/. 805.50	75%	75%	S/. 1,644.06
81%	81%	S/. 1,230.21	94%	94%	S/. 402.75
13%	13%	S/. 6,034.21	94%	94%	S/. 402.75
88%	88%	S/. 805.50	94%	105%	S/. 34.88
88%	88%	S/. 805.50	94%	94%	S/. 402.62
88%	102%	S/. 411.75	94%	101%	S/. 205.88
13%	13%	S/. 5,754.21	94%	94%	S/. 402.75
63%	63%	S/. 2,829.08	94%	106%	S/. 205.88
88%	88%	S/. 805.50	94%	94%	S/. 402.75
81%	81%	S/. 1,208.25	94%	94%	S/. 402.75
74%	76%	S/. 28,805.66	90%	93%	S/. 10,017.68

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis de resultados

4.4.1. Análisis descriptivo

En este punto realizaremos el análisis de las variables utilizado gráficos, con la finalidad de realizar comparativos entre los datos obtenidos antes y después de realizar la implementación del TPM en la granalladora 01 (GR-01). A continuación, se presenta la variación que ha sufrido la productividad (véase figura N° 40).

En la figura N° 40 se muestran los resultados del antes y después de la implementación del TPM, donde podemos observar que existe un incremento en la media de la productividad. La media de la productividad antes es de 62.04% y la productividad después es de 84.90%, con un incremento de 22.86% (Véase figura N° 41)

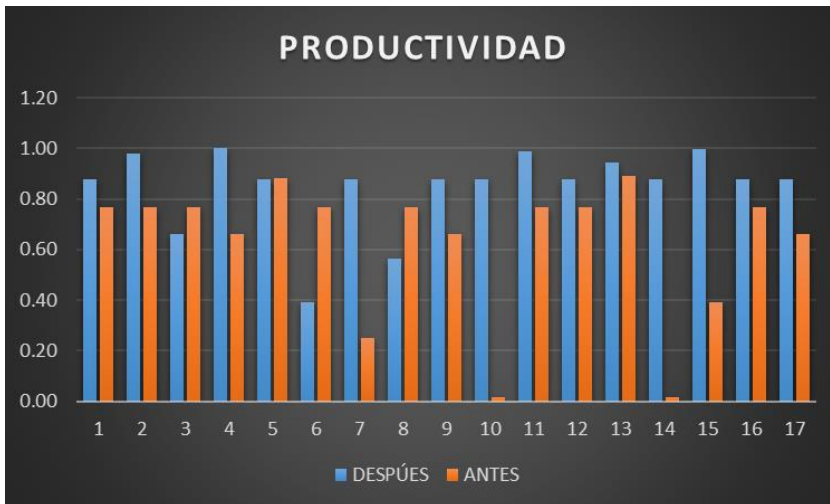


Figura N° 40: Comportamiento de productividad antes y después de implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

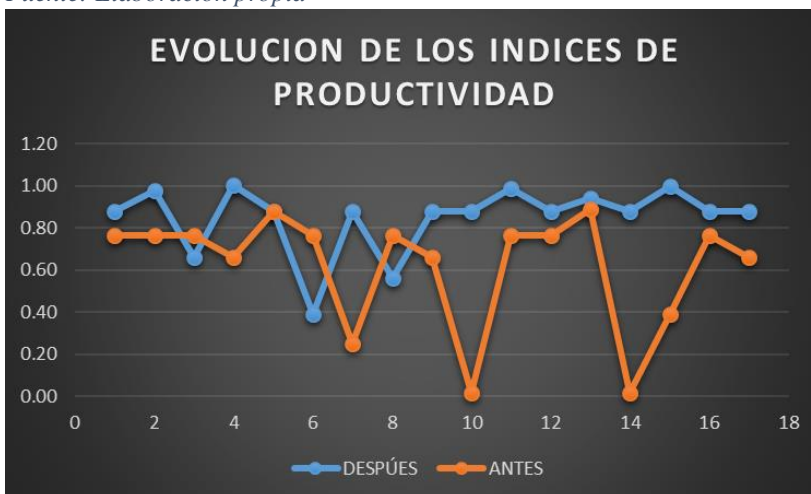


Figura N° 41: Evolución de los índices de productividad

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 42 se muestra los resultados del antes y después de la implementación del TPM, donde podemos observar que existe un incremento en la media de la eficiencia. La media de la eficiencia antes es de 73.90% y la eficiencia después es de 90.07%, con un incremento de 16.17%

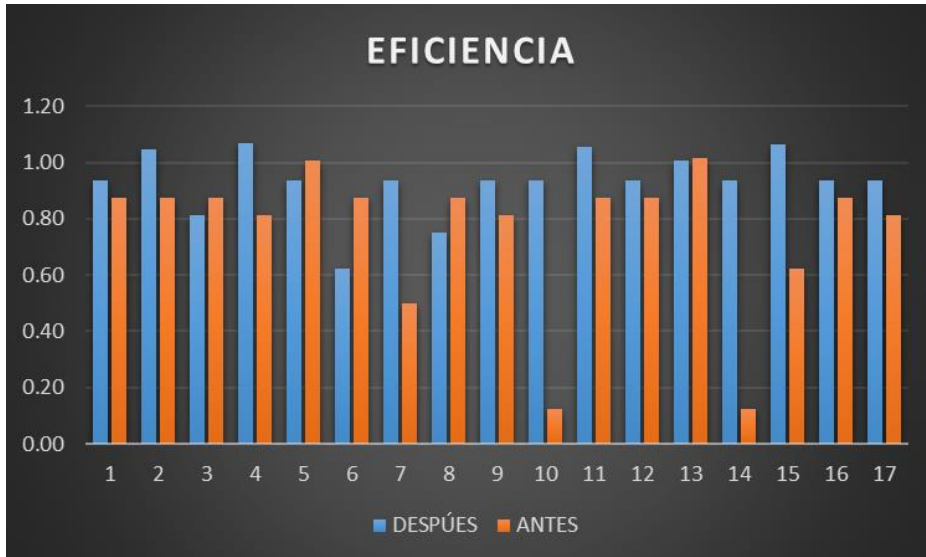


Figura N° 42: Comportamiento de los índices de eficiencia antes y después de la implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 43 se muestra los resultados del antes y después de la implementación del TPM, donde podemos observar que existe un incremento en la media de la eficacia. La media de la eficacia antes es de 75.50% y la eficacia después es de 93.31%, con un incremento de 17.81%.

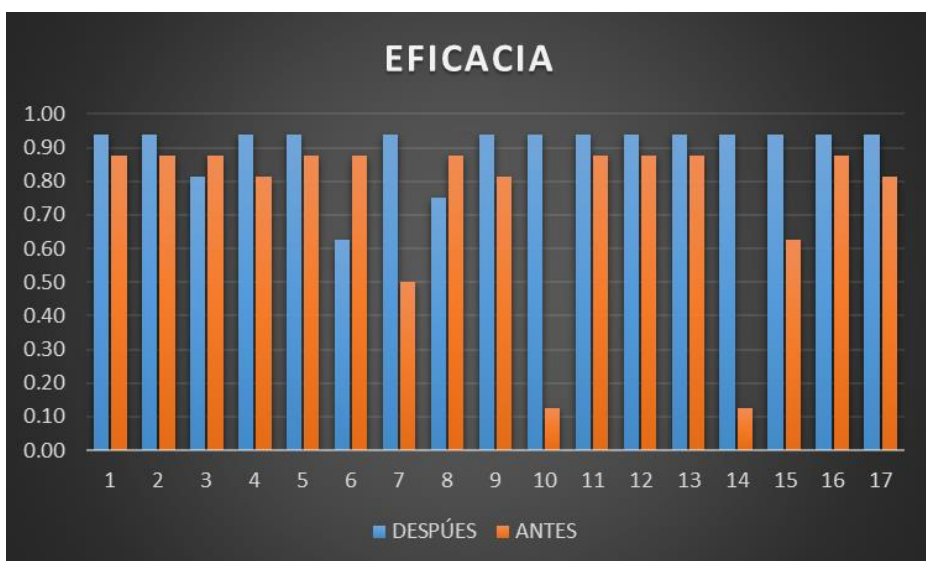


Figura N° 43: Comportamiento de índices de eficacia antes y después de implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 44 se muestra los resultados del antes y después de la implementación del TPM, donde podemos observar que existe un incremento en la media de la confiabilidad. La media de la confiabilidad antes es de 73.90% y la confiabilidad después es de 90.07%, con un incremento de 16.17%.

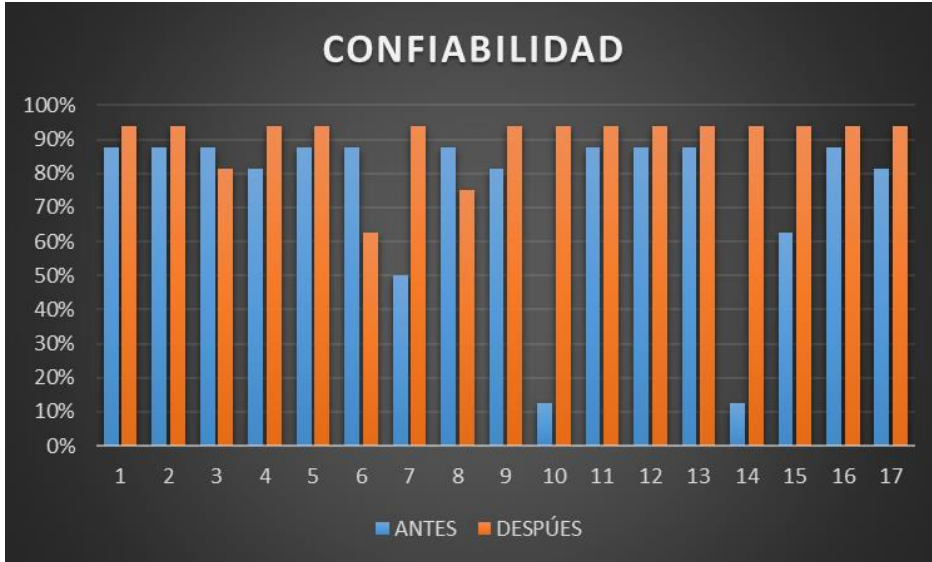


Figura N° 44: Comportamiento de los índices de confiabilidad antes y después de la implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 45 se muestra los resultados del antes y después de la implementación del TPM, donde podemos observar que existe un incremento en la media de la disponibilidad. La media de la disponibilidad antes es de 66.35% y la disponibilidad después es de 87.66%, con un incremento de 21.31%.

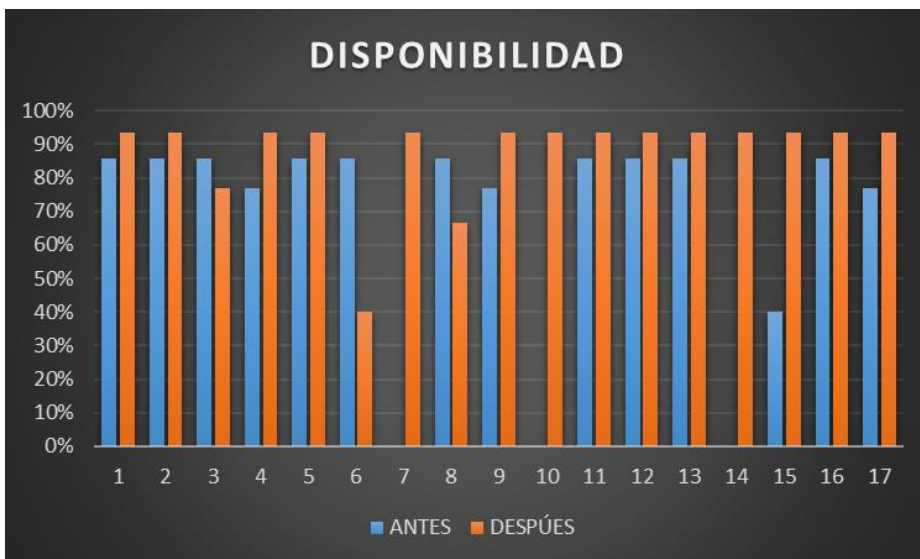


Figura N° 45: Comportamiento de los índices de disponibilidad antes y después de la implementación del TPM

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Análisis inferencial

4.4.2.1. Análisis de la hipótesis general

Hipótesis Alternativa Ha: La aplicación del TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
DESPUES	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%

Figura N° 46: Análisis de datos de la hipótesis general

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de poder contrastar la hipótesis general, primero necesitamos determinar si los datos que corresponden a la productividad antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos tienen una cantidad de 17, se procederá a realizar el análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk (véase figura 46).

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie no tienen un comportamiento no paramétrico

Si $p_{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	.318	17	.000	.744	17	.000
DESPUES	.398	17	.000	.730	17	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 47: Análisis de Normalidad de Productividad antes y después con Shapiro Wilk

Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 47, se puede observar la significancia de la productividad de antes y después es (0.000), ambos valores son menores a 0.05. Por tal motivo podemos afirmar que los datos tienen un comportamiento no paramétrico.

Por lo tanto, para poder determinar si la productividad ha mejorado se utilizará el estadígrafo Wilcoxon con la finalidad de analizar la contrastación de Hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis Nula H_0 : La aplicación del TPM no mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Hipótesis Alternativa H_a : La aplicación del TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 44: Contrastación de la hipótesis general

	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO
ANTES	17	0.62	0.277830737	0.02	0.89
DESPUÉS	17	0.85	0.163262479	0.39	1.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 44, se demuestra que la media de la productividad antes (0.62) es menor que la media de la productividad después (0.85), por consiguiente, no se cumple $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$.

Por esa razón se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación del TPM no mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019, y por tal motivo se acepta la hipótesis de investigación o alterna, la que demuestra que la aplicación del TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
DESPUES - ANTES	Rangos negativos	3 ^a	7.33	22.00
	Rangos positivos	13 ^b	8.77	114.00
	Empates	1 ^c		
	Total	17		

a. DESPUES < ANTES

b. DESPUES > ANTES

c. DESPUES = ANTES

Estadísticos de prueba^a

	DESPUES - ANTES
Z	-2.385 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.017

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

Figura N° 48: Significancia de prueba de Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

En la figura 48, utilizando el estadígrafo Wilcoxon aplicada a la productividad con respecto al antes y después se obtuvo 0.17, por tal razón basados en la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Regla de decisión:

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p\text{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

5.4.2.1. Análisis de la primera hipótesis específica

Hipótesis Alternativa Ha: La aplicación del TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
DESPUES	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%

Figura N° 49: Análisis de datos de la primera hipótesis específica

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de poder contrastar la primera hipótesis específica, primero necesitamos determinar si los datos que corresponden a la eficiencia antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos tienen una cantidad de 17, se procederá a realizar el análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk (véase figura 49).

Regla de decisión:

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie no tienen un comportamiento no paramétrico

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	.370	17	.000	.606	17	.000
DESPUES	.486	17	.000	.494	17	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 50: Análisis de Normalidad de eficiencia antes y después con Shapiro Wilk

Fuente: Elaboración propia

De la figura 50, se puede observar la significancia de la eficiencia de antes y después es (0.000), ambos valores son menores a 0.05. Por tal motivo podemos afirmar que los datos tienen un comportamiento no paramétrico.

Por lo tanto, para poder determinar si la productividad ha mejorado se utilizará el estadígrafo Wilcoxon con la finalidad de analizar la contrastación de Hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis Nula H_0 : La aplicación del TPM no mejora la eficiencia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Hipótesis Alternativa H_a : La aplicación del TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 45: Contrastación de la primera hipótesis específica

	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO
ANTES	17	0.74	0.253139751	0.13	0.88
DESPUÉS	17	0.90	0.088550677	0.63	0.94

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 45, se demuestra que la media de la eficiencia antes (0.74) es menor que la media de la productividad después (0.90), por consiguiente, no se cumple $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$.

Por esa razón se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación del TPM no mejora la eficiencia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019, y por tal motivo se acepta la hipótesis de investigación o alterna, la que demuestra que la aplicación del TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
DESPUES - ANTES Rangos negativos	3 ^a	10.50	31.50
Rangos positivos	14 ^b	8.68	121.50
Empates	0 ^c		
Total	17		

a. DESPUES < ANTES

b. DESPUES > ANTES

c. DESPUES = ANTES

Estadísticos de prueba^a

	DESPUES - ANTES
Z	-2.150 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.032

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

Figura N° 51: Significancia de prueba de Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

En la figura 49, utilizando el estadígrafo Wilcoxon aplicada a la eficiencia con respecto al antes y después se obtuvo 0.32, por tal razón basados en la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019 (véase figura 51).

Regla de decisión:

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p\text{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

5.4.2.1. Análisis de la segunda hipótesis específica

Hipótesis Alternativa Ha: La aplicación del TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
DESPUES	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%

Figura N° 52: Análisis de datos de la segunda hipótesis específica

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de poder contrastar la segunda hipótesis específica, primero necesitamos determinar si los datos que corresponden a la eficacia antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos tienen una cantidad de 17, se procederá a realizar el análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk (véase figura 52).

Regla de decisión:

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie no tienen un comportamiento no paramétrico

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	.330	17	.000	.737	17	.000
DESPUES	.342	17	.000	.818	17	.004

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 53: Análisis de Normalidad de Productividad antes y después con Shapiro Wilk

Fuente: Elaboración propia

De la figura 53, se puede observar la significancia de la eficacia de antes y después es (0.000 y 0.004), ambos valores son menores a 0.05. Por tal motivo podemos afirmar que los datos tienen un comportamiento no paramétrico.

Por lo tanto, para poder determinar si la eficacia ha mejorado se utilizará el estadígrafo Wilcoxon con la finalidad de analizar la contrastación de Hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis Nula H_0 : La aplicación del TPM no mejora la eficacia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Hipótesis Alternativa H_a : La aplicación del TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 46: Contrastación de la segunda hipótesis específica

	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO
ANTES	17	0.76	0.266038093	0.13	1.02
DESPUÉS	17	0.93	0.114836845	0.63	1.07

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46, se demuestra que la media de la eficacia antes (0.76) es menor que la media de la productividad después (0.93), por consiguiente, no se cumple $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$.

Por esa razón se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación del TPM no mejora la eficacia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019, y por tal motivo se acepta la hipótesis de investigación o alterna, la que demuestra que la aplicación del TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
DESPUES - ANTES Rangos negativos	5 ^a	6.40	32.00
Rangos positivos	12 ^b	10.08	121.00
Empates	0 ^c		
Total	17		

a. DESPUES < ANTES

b. DESPUES > ANTES

c. DESPUES = ANTES

Estadísticos de prueba^a

	DESPUES - ANTES
Z	-2.110 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.035

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

Figura N° 54: Significancia de prueba de Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

En la figura 54, utilizando el estadígrafo Wilcoxon aplicada a la eficacia con respecto al antes y después se obtuvo 0.35, por tal razón basados en la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.

Regla de decisión:

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p\text{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

DISCUSIÓN

Se demostró que mediante la aplicación del Mantenimiento Productividad Total (TPM), enfocándose en la creación de un plan de mantenimiento preventivo se pudo mejorar la productividad del proceso de granallado, todo ello respaldado con el incremento en los indicadores de eficacia y eficiencia de dicho proceso mencionado.

La productividad del proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras incrementó en un 22.86% mediante la implementación del TPM. Esto es corroborado por Ushiñahua (2017), el cual demuestra en su tesis *Aplicación del TPM para Mejorar la productividad en la línea de Producción de Spools de la empresa FIMA S.A en el año 2017*, que mediante la implementación del TPM incrementó la productividad en un 15%.

Por otro lado, la eficiencia del proceso de granallado incrementó en un 16.17% luego de implementar la filosofía del TPM, siendo comparado y respaldado con la investigación de Ushiñahua (2017), que mediante la implementación del TPM incrementó la eficiencia del proceso en estudio en 10%.

Finalmente, la eficacia de la máquina granalladora incrementó en un 17.81% con la implementación del TPM, al igual que Ushiñahua (2017) que también basándose en la implementación del TPM pudo mejorar la eficacia incrementando el indicador en 6%.

CONCLUSIONES

- 1) La implementación del TPM sirvió como guía para la creación de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina granalladora (GR-01), además de estandarizar procedimientos que se realizaban antes de la implementación de dicha herramienta. Todo ello contribuyó a mejorar la productividad del proceso de granallado logrando obtener un porcentaje del 84.90%.
- 2) La creación de un plan de mantenimiento preventivo para la granalladora (GR-01), se logró disminuir la frecuencia de averías y el tiempo de reparación de dicha máquina. Esto impactó de manera significativa en la eficiencia del proceso de granallado, logrando obtener un porcentaje del 90.07%.
- 3) La estandarización de procedimientos en la gestión de mantenimiento y la capacitación de los involucrados en el proceso de granallado, se logró mejorar la eficacia de dicho proceso. Obteniendo un porcentaje del 93.31%.

RECOMENDACIONES

- 1) El comité del TPM deberá gestionar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos involucrados en el proceso productivo de estructuras de acero, tomando como guía lo realizado en la máquina granalladora con la finalidad de mejorar la productividad de dichos equipos, que en conjunto mejorarán la productividad del proceso productivo.
- 2) El comité del TPM deberá organizar inspecciones programadas realizadas por personal especialista en la máquina granalladora, con el fin que pueda diagnosticar con mayor precisión el estado de la máquina y de sus componentes para así evitar que la máquina sufra averías y/o paradas no programadas con frecuencia.
- 3) El comité del TPM gestionar cursos más especializados dirigido a los encargados de la operatividad de la máquina, con la finalidad de que estos tengan un mayor conocimiento y mejor manejo de las máquinas.


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ushiñahua Zavaleta, L. (2017) *Aplicación del TPM para mejorar la productividad en la línea de producción de spools de la empresa FIMA S.A en el año 2017*. (Tesis de Pregrado) Universidad Cesar Vallejo de Lima-Perú.
- Seminario L. (2017) *Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas CNC de una empresa metalmecánica*. (Tesis de Pregrado) Universidad Cesar Vallejo de Lima-Perú.
- Valencia S. (2017) *Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa Hilados Cheviot E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2016*. (Tesis de Pregrado) Universidad Cesar Vallejo de Lima-Perú.
- Colonia E. (2017) *Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el área de tintorería de telas en la empresa Textiles Camones, Puente Piedra-2017*. (Tesis de Pregrado) Universidad Cesar Vallejo de Lima-Perú.
- Aponte J. (2017) *Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el proceso de fabricación transformadores de la empresa promotores eléctricos S.A, Independencia 2017*. (Tesis de Pregrado) Universidad Cesar Vallejo de Lima-Perú.
- Portal E. y Salazar P. (2016) *Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa Multiservicios PUNRE SRL, Cajamarca 2016*. (Tesis de Pregrado) Universidad Privada del Norte de Cajamarca-Perú.
- Gamarra J. (2018) *Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento del área de Hilandería en las etapas de prehilado en una empresa textil basado en la implementación de TPM*. (Tesis de Pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Lima-Perú.
- Martínez R. (2015) *Propuesta y validación de un modelo integrador de implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Aplicación en una empresa industrial*. (Tesis de Doctorado) Universidad Politécnica de Valencia de Valencia-España.

- Quishpe F. (2016) *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) para la planta de producción de la fábrica de tornillos, pernos y tuercas TOPESA S.A.* (Trabajo de investigación de Pregrado) Universidad de las Fuerzas Armadas de Sangolquí-Ecuador.
- García G. (2018) *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el Mantenimiento Productivo Total (TPM).* (Tesis de Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú Lima-Perú.
- Gonzales G. (2017) *Implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la reducción de costos de la empresa Cosmos Agencia Marítima S.A.C.* (Tesis de Pregrado) Universidad Privada del Norte Lima-Perú.
- Francisco S. (2002). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM) proceso de implantación y desarrollo.* Madrid, España: FC Editorial
- Lluís C. (2010). *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva.* Barcelona, España: Profit Editorial.
- Tokutaro S. (1995). *TPM en industrias de proceso (Versión en español).* Madrid, España: TGP Hoshin.
- Reportero Industrial (2014). *Tendencias actuales en mantenimiento industrial.* Recuperado de <http://www.reporteroindustrial.com>
- Revista chilena de ingeniería (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.* Chile. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/772/77225903012.pdf>.
- Serycoin Servicios y desarrollos industriales (2017). *La importancia del mantenimiento industrial.* Recuperado de <http://serycoin.com/2017/05/la-importancia-del-mantenimiento-industrial/>.
- SENATI (2007). *Gestión de Mantenimiento Módulo 2: Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.* Lima, Perú. Recuperado de http://virtual.senati.edu.pe/pub/MCPP/Unidad01/CONTENIDO_TEMATICO_U1_PLATAFORMA_M2.pdf.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de gastos generales

							
Análisis de Gastos Generales							
CLIENTE:	HV Contratistas						FECHA: 18/09/2019
PROYECTO:	CC Puruchuco Ate Lima						
PLAZO DE EJECUCION:	90	DIAS	3.00	MESES			
A. CARACTERISTICAS							
	Costo directo:						S/
	Gastos Generales:				Variables	8.50%	S/
	Gastos Generales:				Fijos	0.00%	S/
	Utilidades					4.50%	S/
	Monto estimado de Obra: (SIN I.G.V.)				13.00%		S/
B. GASTOS GENERALES VARIABLES							
**** 1.00.- Administración y Generales de Obra ****							
1.01 Personal Técnico, Administrativo y Auxiliar							
a) Personal							
	Cantidad		Meses	Costo	% Part.	Parcial	Total S/.
Ing. Jefe de Proyecto	450		1	3,000.00	50%		
Ing. De campo	600		1	2,000.00	100%		
Ing. de Asistente	600		1	2,000.00	100%		
Ing. de Seguridad y Medio Ambiente	0		0	4,000.00	100%		
Previsionista	1200		2	3,000.00	100%		
Supervisor de Montaje/calidad	600		1	3,500.00	100%		
Administrador	600		1	3,500.00	100%		
Inspector AWS	0		0	4,500.00	100%		
Almacenero	480		1	2,500.00	100%		
Vigilante de obra	0		0	2,500.00	100%		
Chofer Buss	0		0	0.00	100%		
Chofer Camioneta	0		0	2,000.00	100%		
	4,530.00						
						Total 1.01	S/.
1.02 Generales de Obra							
a) Equipos de oficina							
	Cantidad	Unidad	Meses	Costo	% Part.	Parcial	Total S/.
Container de Oficina y Almacen	2	Und	2.00	1,000.00	100%		
Computadora	3	Und	2.00	300.00	50%		
Impresora	1	Und	2.00	150.00	50%		
Utiles de Oficina	1	Glb	2.00	300.00	100%		
Articulos de limpieza para Oficina	1	Glb	2.00	100.00	100%		
Fotocopiadora	0	Und	0.00	400.00	100%	-	
b) Servicios de Obra							
	Cantidad	Unidad	Meses	Costo	% Part.	Parcial	Total S/.
Internet USB	1	Und	2.00	120.00	100%		
Radio Walking Talking	0	Und	1.00	1,500.00	100%		
RPM	5	Und	2.00	90.00	100%		
Nextel contra explosion	0	Und	0.00	-	100%	-	
c) Facilidades de Obra							
	Cantidad	Unidad	Meses/Cant.	Costo	% Part.	Parcial	Total S/.
Energia eléctrica / Grupo electrógeno	0	Und	2.00	2,050.00	100%		
Examen médico (entrada)	1	Per.	45.00	120.00	100%		
Sindicato.	1	Mes	2.00	4,500.00	100%		
Gestion de seguridad	1	Mes	1.00	10,000.00	100%		
Alquiler de Camioneta	0	dias	0.00	260.00	100%		
SSHH OBRA/ Duchas	4	Und.	2.00	500.00	100%		
Servicio de topografía en taller.	1	dias	0.00	600.00	100%		
Servicio de topografía en obra.	1	dias	10.00	600.00	100%		
Seguro de personal (SCTR).	1	Meses	2.00	450.00	100%		
Epp personal	1	Per.	45.00	180.00	100%		
Capacitaciones personal obrero	0	Per.	45.00	120.00	100%		
Eliminación de excedentes/ EP-RSS	0	Glb	2.00	2,000.00	100%		
Ensayos no Destructivos	1	Kg.	190,614.49	0.03	100%		
Pruebas de tension de materiales, conectores + UT.	1	Kg.	7,624.58	0.18	100%		
Movilización y desmovilización de equipos.	1	Glb	1.50	5,000.00	100%		
						Total 1.02	S/.
d) Gastos de sueldos de personal maestro (Planta).							
	Cantidad	Unidad	Meses/Cant.	Costo	% Part.	Parcial	Total S/.
Gerente de Planta	0	Meses	3.00	12,000.00	30%	-	-
Cost Controller	0	Meses	2.00	3,000.00	100%	-	-
Asistente de Topografía	0	Meses	2.00	3,500.00	100%	-	-
Asistentes de Calidad	0	Meses	2.00	3,000.00	100%	-	-
Asistente de Producción	0	Meses	2.00	3,000.00	100%	-	-
Almacenero	0	Meses	2.00	2,500.00	100%	-	-
						Total 1.02	S/.
Total 1.00 Administración y Generales de Obra						S/.	118,980.86

**** 2.00.- Administración y Generales de Oficina ****						
2.01 Personal Oficina Central						
a) Oficina Central		Meses	Costo	% Part.	Parcial	Total S/.
Gastos de Oficinas		2.00				
Total 2.01						S/.
Total 2.00 Administración y Generales de Oficina						S/., 6,080.00
**** 3.00 Gastos Financieros, Polizas y Seguros ****						
3.01 Gastos de Carta Fianza						
		Tiempo	Monto	Tasa		Total S/.
a) Cartas Fianza por Adelanto						
30.00%		4.00		0.25%		
a) Carta Fianza por Garantía						
5.00%		12.00		0.25%		
b) Carta Fianza por Fiel Cumplimiento						
10.00%		4.00		0.25%		
Total 3.01						S/.
3.02 Polizas y Seguros						
	Cantidad	Tiempo	Monto	Tasa	Parcial	Total S/.
a) Póliza CAR / Responsabilidad Civil	1	2.00		0.08%		
b) Seguros Trec, Todo Riesgo, Daño Terceros	1	2.00		0.08%		
Total 3.02						S/.
Total 3.00 Gastos Financieros						S/., 18,015.68
Total Gastos Generales Variables						
Total 1.00 Administración y Generales de Obra			S/.			
Total 2.00 Administración y Generales de Oficina			S/.			
Total 3.00 Gastos Financieros, Polizas y Seguros			S/.			
Total			S/.	143,076.55		
C) GASTOS GENERALES FIJOS						
**** 1.00.- Campamentos, Seguridad, Calidad ****						
a) Varios	Cantidad	Unidad	P. Unit.	Parcial	Total	S/.
Seguridad de la Obra- Vigilante	0.00	Glb	3,000.00	-	-	-
WPS, PQR	0.00	Und	3,135.00	-	-	-
Diseño de Mezcla	0.00	Glb	-	-	-	-
Total Gastos Generales Fijos						S/., -
D) RESUMEN GENERAL						
			INCIDENCIA DE GASTOS GENERALES	Monto		
			VARIABLES			
			FIJOS :	-		
			TOTAL :			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Distribución de gastos generales del proyecto

PROYECTO		PROMEDIO DE EJECUCIÓN
Costo directo	87.0%	3 meses
Gastos generales	8.5%	
Utilidad	4.5%	

Costo directo		
	Costo acero	
		COMA S.A.
		TRADI S.A.
		TUBI S.A.
	Consumibles	
		PINTURA
		SOLDADURA
		DISCOS
		GASES
	Costo planta	
		SERVICIO MONTAJE Y FABRICACIÓN
		SERVICIO DE CORTES Y DOBLEZ
		MANTENIMIENTO DE TALLER
		MANTENIMIENTO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE EXPLITACIÓN
		MANTENIMIENTO DE UNIDADES DE TRANSPORTE
		MANTENIMIENTO DE OTROS EQUIPOS DIVERSOS
		AQUILER DE TALLER
		ENERGIA ELECTRICA
		AGUA
		REDES PRIVADAS CELULAR
		INTERNET
		OTROS SERVICIOS PRESTADOS POR TERCEROS
		SCTR PENSION
		SCTR SALUD
		SOAT
		SEGUROS CONTRA MULTIRIESGO
		SEGURO CONTRA ROBO Y ASALTO
		SEGURO DE VEHÍCULO
		SEGURO RESPONSABILIDAD CIVIL
		SUMINISTROS VARIOS DE OFICINA
		EQUIPOS, HERRAM DESECHAB Y ACTIVOS MENOR 1/4 UIT
		MEDICINAS Y ATENCION MEDICA
		VESTIMENTA Y EQUIPOS DE SEGURIDAD
		ARTICULOS DE LIMPIEZA Y ASEO
		OTROS SUMINISTROS VARIOS
		COMBUSTIBLE
		PEAJE
		ESTACIONAMIENTO
		MOVILIDAD
		AGUA DE MESA
		REFRIGERIO
		IMPRESIÓN, COPIAS, ANILLADO, ENMICADO
		OTROS GASTOS VARIOS
	Gastos contratistas	
		CONTRATISTAS

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Análisis de costo de planta

Cuenta	Descripción de Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
9331101	DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDADES DE COMERCIO DE LA CURVA	163,011.19	16,128.33	207,868.46	155,077.62	15,598.93	159,349.76	153,101.75	159,701.52	184,919.49	207,701.31	192,080.23	142,376.85	
9331104	SERVICIO MONTAJE Y FABRICACION DE SERVICIO DE CORTE Y DOBLEZ	Proyecto		7,801.57	8,959.97	1,859.14						3,289.12		
9334302	Mantenimiento de MAINTENIMIENTO DE FALLER	CF	8,050.60	8,760.33	13,625.81	7,195.21	6,119.08	9,532.35	3,550.75	27,651.23	17,292.54	12,377.40	13,948.92	
9334303	Mantenimiento de MAINTENIMIENTO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE EXPLOTAC	CF	12,888.28	22,358.92	8,611.42	7,540.94	18,843.25	12,546.07	16,303.26	34,010.28	32,309.02	51,778.22	6,636.73	
9334304	Mantenimiento de MAINTENIMIENTO DE UNIDADES DE TRANSPORTE	CF	21,070.66	28%	90,888.23	40%	2,763.35	16%	8,088.83	18%	17,379.15	28%	10,510.32	19%
9334399	Mantenimiento de MAINTENIMIENTO DE OTROS EQUIPOS DIVERSOS	CF	1,389.39		1,389.39									
9335202	servicio de Loc ALICUILO DE FALLER		42,559.54	82,777.07	24,800.78	24,300.06	44,908.27	33,244.49	30,393.89	68,532.70	77,449.18	72,145.05	26,603.02	
9338101	servicio de Loc ENERGIA ELECTRICA	CF	80,237.50	90,012.50	90,012.50	90,957.50	90,005.00	89,000.00	92,066.00	91,007.50	91,992.50	91,565.00	91,812.50	
9338301	servicio de Loc AGUA	CF	20,701.14	16,954.83	15,944.81	16,637.48	13,932.06	15,147.22	18,469.78	17,233.58	20,061.81	16,848.61	14,136.55	
9338402	Comunicación de REDES PRIVADAS CELULAR	GOP	3,120.86	4,526.45	4,933.23	7,693.55	3,867.93	3,477.70	5,615.79	3,861.56	960.00	480.00	1,120.00	
9338501	Comunicación de INTERNET	GOP	268.81	880.42	880.42	882.16		12,272.12	613.56	338.98	338.98	338.98	338.98	
9339109	Seguros de OTROS SERVICIOS PASAJOS POR TERRESTRES	GGPlanta	26,749.79	16%	24,990.81	22,223.91	18,759.99	20,972.04	25,659.13	22,941.2	25,242.52	21,418.03	19,382.11	
9351101	Seguros de SCTRIPENSION	GOP	1,967.02	2,136.11	2,367.08	2,240.97	1,939.01	1,877.89	2,262.29	4,106.71	1,891.20	1,939.13	2,154.51	
9351102	Seguros de SCTRSAUD	GOP	2,683.85	146.29	5,404.14	2,982.32	319.19	99.59	2,511.23	156.0	2,610.72	2,612.37	2,994.69	
9351103	Seguros de SCTR	GOP	289.52	179.05	208.34	215.04	215.04	325.15	242.57	800.40	445.96	364.41	251.77	
9351104	Seguros de SEGUROS CONTRA INUNDACION	GOP	41.55	410.21	131.90	90.95	92.10	2,006.75	637.12	216.78	2,099.75	1,996.87	200.28	
9351105	Seguros de SEGURO CONTRA ROBO Y ASALTO	GOP	3,520.88	2,551.92	2,792.63	1,508.74	91.11	2,608.59	2,724.06	2,530.65	2,519.84	2,595.74	2,513.64	
9351109	Seguros de SEGURO DE VEHICULO	GOP	14,769.53	3,672.61	3,261.92	3,991.77	3,957.26	2,364.58	3,928.91	3,679.44	15,450.12	2,738.61	2,745.25	
9351110	Seguros de SEGURO RESPONSABILIDAD CIVIL	GOP	3,878.73	2%	1,516.03	1,764.30	1,331.42	1,342.75	1,777.31	1,651.66	5,377.07	1,793.76	1,561.00	
9356101	GGPlanta de SUMINISTROS VARIOS DE OFICINA	GGPlanta	10.80	81.41	449.84	48.93	394.47	394.47	242.90	638.90	3,818.86	839	759.97	
9356102	GGPlanta de EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y ACTIVOS MENOR LA UT	GGPlanta	351.90	213.13	635.59	1,521.12	403.90		1,808.38	2,284.1		2,244.0	-972.14	
9356103	GGPlanta de MEDICINAS Y ATENCION MEDICA	GGPlanta	9,275.20	5,530.40	2,882.50	2,882.50		1,742.36	544.56	5,500.9	844.57	280.10	829.80	
9356104	GGPlanta de VESTIMENTA Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	GGPlanta	1,098.78	544.74	3,273.65	1,575.73						766.47	1,885.50	
9356105	GGPlanta de ARTICULOS DE LIMPIEZA Y ASEO	GGPlanta	65.85	25.28	65.29						488.26		382.65	
9356109	GGPlanta de OTROS SUMINISTROS VARIOS	GGPlanta	648.94	916.66	1,223.62	5,423.79		10.17	3,932.23		836.36	284.58	44.92	
9359101	GGPlanta de COMBUSTIBLE	GGPlanta	11,627.20	7,800.14	8,905.23	9,651.81	3,850.31	6,518.92	6,994.47	11,296.87	9,083.75	13,020.94	10,461.02	
9359102	GGPlanta de PASAJE	GGPlanta	72.48	86.44	65.00		346.88	84.19	80.95	241.54	691.17	479.90	228.84	
9359103	GGPlanta de ESTACIONAMIENTO	GGPlanta	24.50	39.00			29.37	28.00		15.00	8.00	19.00	14.00	
9359104	GGPlanta de MOVILIDAD	GGPlanta	29.50	182.50	340.60	94.00	522.00	157.00	118.00		712.00	581.00	497.50	
9359105	GGPlanta de AGUA DE MESA	GGPlanta	165.35			127.50			288.20	121.00	482.20	616.52	131.36	
9359106	GGPlanta de REFRIGERIO	GGPlanta	170.00	349.00	771.39		1,157.14	351.78	506.50	404.56	569.71	1,557.55	544.04	
9359107	GGPlanta de IMPRESION, COPIAS, ANILADO, ENVIADO	GGPlanta		26.38	167.86			496.97				266.27		
9359109	GGPlanta de OTROS GASTOS VARIOS	GGPlanta	140.45	150.16	1,131.85		489.51		486.56	748.39	443.78	341.30	498.26	
			1,307.38	1%	1,505.86	3,008.16	2,155.15	1,138.29	1,805.31	943.85	1,629.88	1,418.95	1,177.36	

Fuente: Elaboración propia

ENCUESTA						
<p>Se realizará la siguiente encuesta a fin de conocer las causas que provocan errores y reprocesos en el proceso de producción en la empresa JCB Estructuras S.A:</p> <p>A continuación se designará las valoraciones: 0 (nunca), 1 (Casi Nunca), 2 (A veces), 3 (Frecuente), 4</p> <p>A todo el personal, contestar con la mayor veracidad posible la encuesta, a fin de tomar medidas de</p> <p>ÁREA:</p> <p>FECHA:</p>						
ITEM	CAUSAS	NUNCA (0)	CASI NUNCA	A VECES (2)	FRECUENTE (3)	SIEMPRE (4)
C1	Parada de máquina					
C2	Falta de capacitación					
C3	Falta de un plan de mantenimiento					
C4	Obsolescencia de máquinas					
C5	Ausencia de formatos de control e inspección					
C6	Instalaciones inadecuadas					
C7	Materia prima con defectos					
C8	Carencia de repuestos					
C9	Ventilación inadecuada					
C10	Humedad					
C11	Errores en manipulación de equipos					



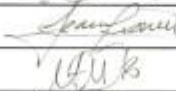
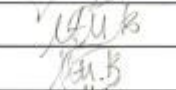


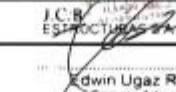

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 5: Matriz de consistencia

TÍTULO	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TPM PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE GRANALLADO, EMPRESA JCB ESTRUCTURAS S.A.C., 2019.	METODOLOGÍA			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	
PRINCIPAL	¿En qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019?	Determinar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.	La aplicación de la herramienta TPM mejora significativamente la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB Estructuras S.A.C. en el año 2019.	Variable independiente: Herramienta TPM Variable dependiente: Productividad	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo-explicativo Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo
SECUNDARIA	¿En qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado?	Evaluar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado.	La aplicación de la herramienta TPM mejora la eficiencia en el proceso de granallado	Variable independiente: Herramienta TPM Variable dependiente: Eficiencia	Población: 102 partes de trabajos Muestra: 102 partes de trabajos Técnicas de recolección de datos: Observación directa de las actividades de la planta y de mantenimiento.
SECUNDARIA	¿En qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia en el proceso granallado?	Evaluar en qué medida la aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado.	La aplicación de la herramienta TPM mejora la eficacia en el proceso de granallado.	Variable independiente: Herramienta TPM Variable dependiente: Eficacia	Entrevista dirigida a los responsables de procesos. Técnicas para el procesamiento de datos: Microsoft Excel y IBM SPSS Statistics

Fuente: Elaboración propia

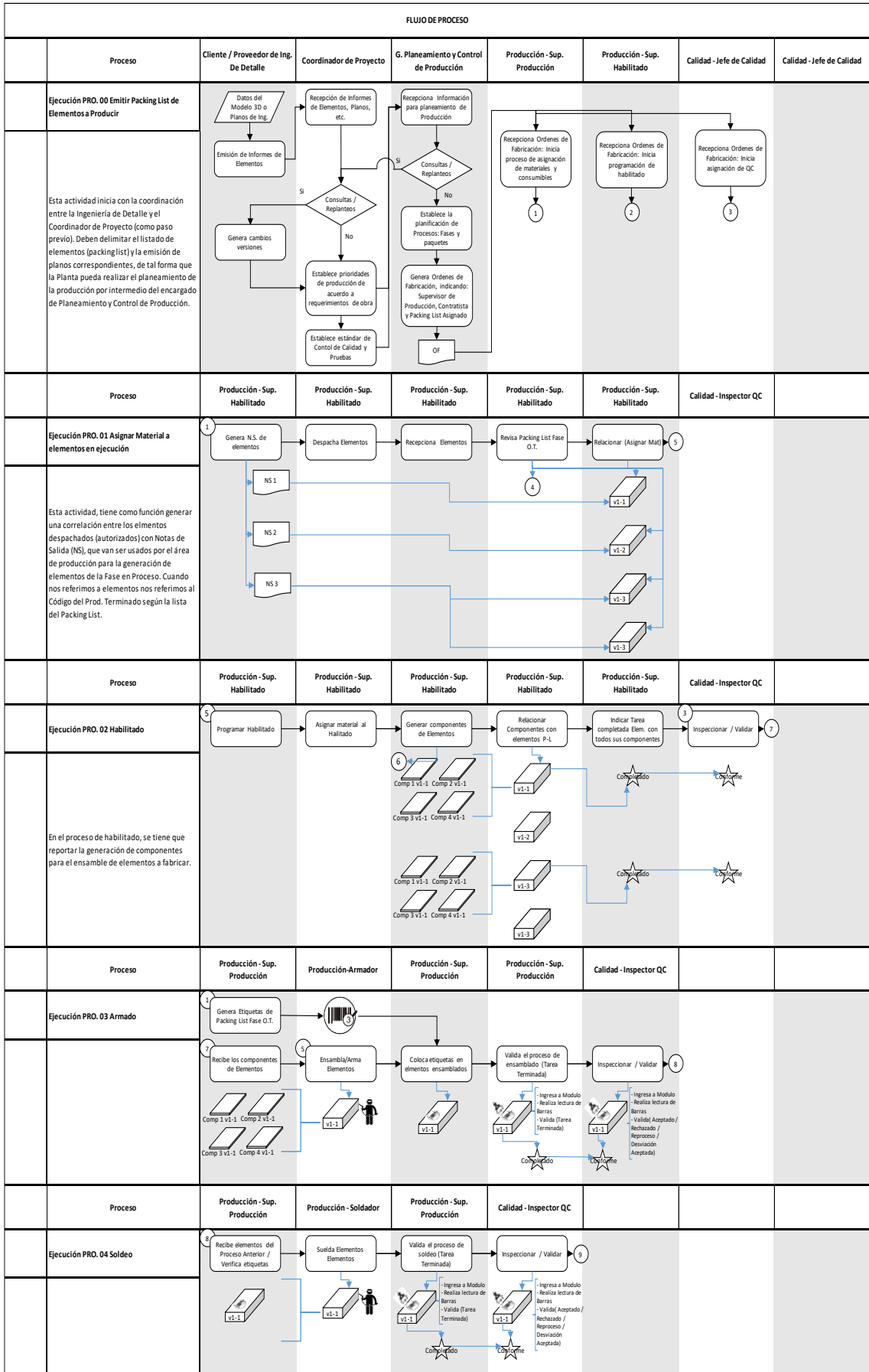
Anexo 6: Check List de validación de instrumentos

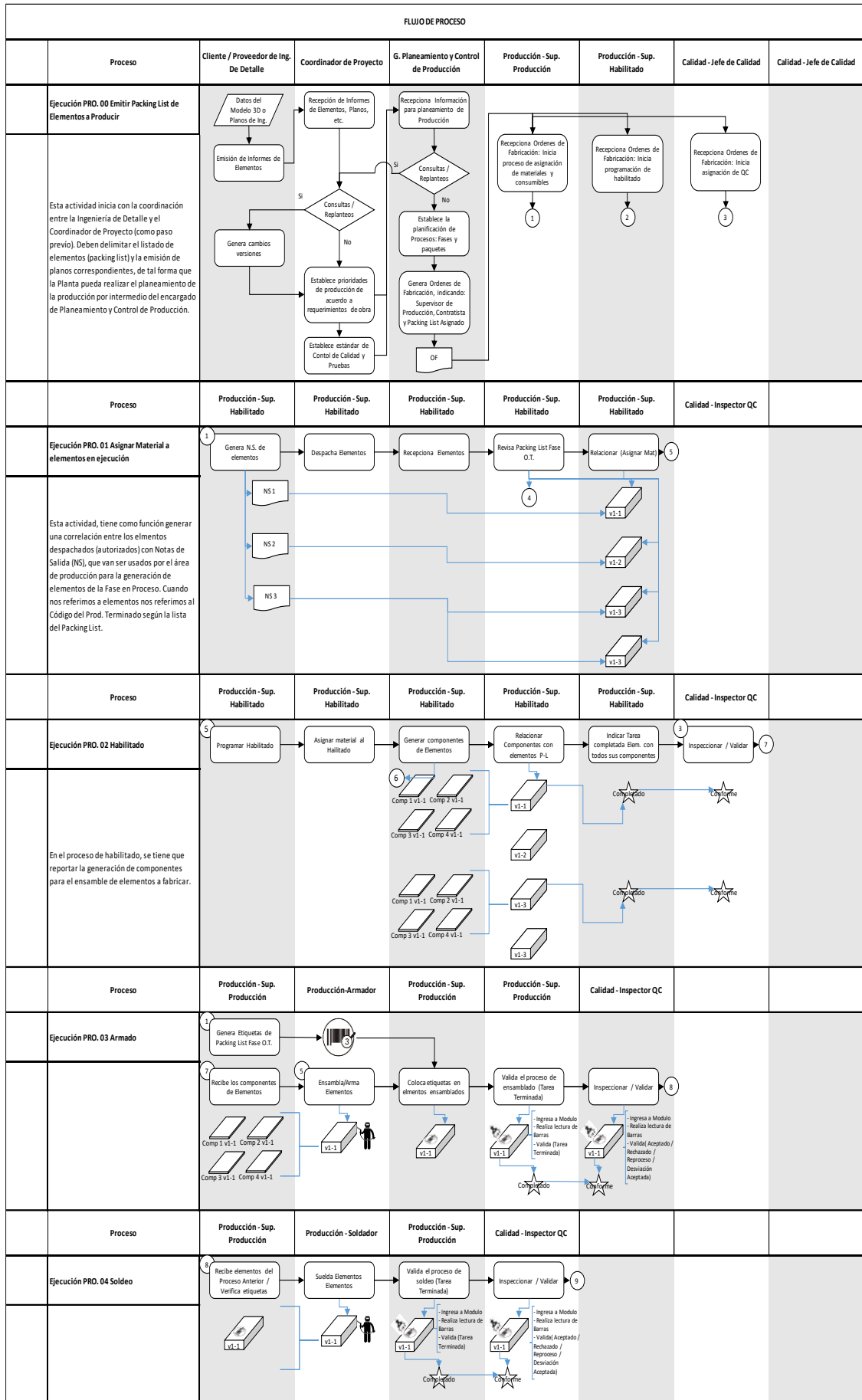
 Universidad Ricardo Palma FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS		CHECK LIST DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS					
INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN	VALIDA		VALIDA		VALIDA	
		SI	No	SI	No	SI	No
1. Check List de observación directa.	Buscó conocer el conocimiento de los procesos.	X		X		X	
2. Encuesta 1	Buscó conocer el área que ocasionaba la baja productividad.	X		X		X	
3. Encuesta 2	Buscó conocer la criticidad de las máquinas.	X		X		X	
4. Formato de inventario de equipos.	Buscó conocer las características del equipo.	X		X		X	
5. Formato de evaluación de cumplimiento	Buscó conocer el estado de la implementación.	X		X		X	
6. Check List de validación de instrumentos	Buscó validar todos los instrumentos incluyendo éste.	X		X		X	
	Apellidos y Nombres	Firma					
Realizado por	Cáceres Roa, Ober Alexander Bachiller Ingeniería Industrial						
	Gamez Puchuri, Jeanpierre Javier Bachiller Ingeniería Industrial						
Revisado por	Fierro Bravo, Maritté Giovanna CIP 63368						
Validado por	Fierro Bravo, Maritté Giovanna CIP 63368						
	Meza Hilaes, Juan CIP 186940						
	Ugaz Rivero, Edwin Gerente Adjunto JCB Estructuras	 					

Edwin Ugaz Rivero
Gerente Adjunto

Fuente: Elaboración propia


Anexo 7: Flujo de proceso






Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Encuesta 2

 ENCUESTA JCB ESTRUCTURAS S.A.C.						
Encuestador	Jeanpierre Javier Gamez Puchuri			Fecha Revisión	15/07/2019	
JCB Estructuras S.A.C. es una empresa del rubro metal mecánico que tiene como procesos principales el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas de acero. En particular, el proceso de la finalidad de la presente encuesta es identificar la máquina más crítica del proceso en relación a la cantidad de veces que falla y cantidades de productos no conformes u observados que arroja.						
A continuación se designará las valoraciones: 0 (nunca), 1 (Casi Nunca), 2 (A veces), 3 (Frecuente), 4 (Siempre).						
Confiamos en la veracidad de su respuesta por su calidad de profesionalismo y madurez.						
ÁREA _____ CARGO _____						
ITEM	CAUSAS	NUNCA (0)	CASI NUNCA (1)	A VECES (2)	FRECUENTE (3)	SIEMPRE (4)
1	Las máquinas de corte plasma suele dejar de funcionar.					
2	Las grúas pórtico suele dejar de funcionar.					
3	La máquina de arco sumergido suele dejar de funcionar.					
4	Los polines de transporte suele dejar de realizar su función.					
5	Las máquinas de soldar suelen dejar de realizar su función.					
6	Las máquinas granalladoras suele dejar de realizar su función.					
7	Las máquinas de recorte de rebabas (esmeriles, buriles) suelen dejar de realizar su función.					
8	Las máquinas compresoras suelen dejar de realizar su función.					
9	Las máquinas de corte plasma suelen arrojar no conformidades u observaciones.					
10	Las grúas pórtico suelen arrojar no conformidades u observaciones.					
11	La máquina de arco sumergido suele arrojar no conformidades u observaciones.					
12	Los polines de transporte suele arrojar no conformidades u observaciones.					
13	Las máquinas de soldar suelen arrojar no conformidades u observaciones.					
ITEM	CAUSAS	NUNCA (0)	CASI NUNCA (1)	A VECES (2)	FRECUENTE (3)	SIEMPRE (4)
14	Las máquinas granalladoras suele arrojar no conformidades u observaciones.					
15	Las máquinas de recorte de rebabas (esmeriles, buriles) suelen arrojar no conformidades u observaciones.					
16	Las máquinas compresoras suelen arrojar no conformidades u observaciones.					
17	Los reprocesos/no conformidades/observaciones suelen darse por errores humanos.					
18	Los reprocesos/no conformidades/observaciones suelen darse por errores de los equipos.					
19	El lugar donde se encuentra ubicada la máquina suele estar correctamente señalado.					
20	El personal encargado de operar el equipo recibe capacitaciones.					
21	Suelen darle mantenimiento preventivo a los equipos.					
22	El personal encargado de operar el equipo reconoce indicios de falla en su máquina.					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Documentación de autorización de aplicación de la herramienta TPM en planta

 JCB ESTRUCTURAS <small>Organización en el tiempo de acción</small>	DOCUMENTO	Código: N.A.
	AUTORIZACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TPM EN PLANTA	Versión: 00
		Fecha Revisión: 03/06/2019
		Página 1 de 1

Señores:

Alta Dirección de JCB Estructuras S.A.C.

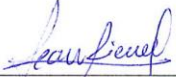
Lima, lunes 03 de junio del 2019

Sirva el presente para solicitarles, de manera formal, la autorización de la aplicación de la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) a la máquina más crítica dentro del proceso productivo en la planta de Jicamarca.

La finalidad de la autorización solidificará el entusiasmo de seguir contribuyendo con la mejora continua de los procesos de fabricación y la continuidad del negocio orientada hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción.

Quedando atento a su amable respuesta, me despido agradeciéndolos de antemano.

Atentamente.




Jeanpierre Javier Gamez
Puchuri
**Bachiller de Ingeniería
Industrial**



J.C.B.
ESTRUCTURAS S.A.C.
EDWIN UGAZ RIVERO
Apoderado

Fuente: Elaboración propia




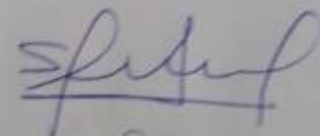
Anexo 11: Conformación Comité TPM

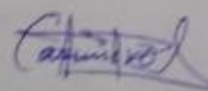
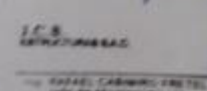
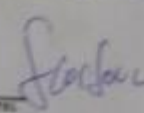
	ACTA	Código: No. Versión: 01
	ACTA DE CONFORMACIÓN DEL COMITÉ TPM	Fecha: 05/08/2019 Página: 1 de 1

De acuerdo a lo estipulado por la filosofía del TPM y por contribución a la mejora continua de los procesos, se conforma el Comité TPM siendo las 12:00 horas del 05 de agosto del 2019 en las instalaciones de planta Acemera, ubicada en Avenida Junín s/n Dñ Lote 13, Sector Villa El Sol, Urua - Huarochiri - San Antonio, el cual se encuentra conformado de la siguiente manera:

- **Presidente del Comité:**
Edwin Ugaz Rivera
- **Secretaría del Comité:**
Jeanpierre Javier Gamet Puchut
Gerard Erik Sandoval Luján
- **Responsable del Comité de promoción del TPM:**
Rafael Casimiro Fretel
- **Colaboradores operativos:**
Eric Terrazo Malpartida
Segundo Córdoba Cruz
Abel Zambrano Yaranga

Firmamos en señal de conformidad.







Nombre del grupo TPM: "TPM GRANALLADORA GR-01"

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Documento de autorización de añadir la política TPM

 JCB ESTRUCTURAS <small>Organización corporativa de acción</small>	DOCUMENTO	Código: N.A.
	AUTORIZACIÓN DE AÑADIR POLÍTICA TPM	Versión: 00
		Fecha Revisión: 03/06/2019
		Página 1 de 1

Señores:

Alta Dirección de JCB Estructuras S.A.C.

Lima, Lunes 16 de setiembre del 2019

Sirva el presente para solicitarles, de manera formal, la autorización de añadir la política TPM en la empresa JCB Estructuras S.A.C. con la finalidad de obtener una gestión temprana de equipos.

La política se detalla a continuación: "La empresa JCB Estructuras S.A.C. se compromete con una gestión temprana de equipos que involucra las áreas de logística y mantenimiento para dar lugar a una compra de maquinaria o vehículos. El área de logística deberá obtener del proveedor los manuales de la máquina o vehículo, cronogramas de mantenimiento, fichas técnicas, planos de la maquinaria o vehículo, planos de montaje para maquinas, despiece de artículos y finalmente garantizar la compra por 1 año donde se obtenga beneficios de mantenimiento por el mismo proveedor."

Quedando atento a su amable respuesta, me despido agradeciéndolos de antemano.

Atentamente.



Jeanpierre Javier Gamez
Puchuri
**Bachiller de Ingeniería
Industrial**



J.C.B.
ESTRUCTURAS S.A.C.
EDWIN UGAZ RIVERO
Apoderado


Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Cronograma TPM

Item	Actividad	Responsable	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Comentarios de alta dirección de la problemática en mantenimiento	Alta dirección																								
2	Diagnóstico del Recurso Humano de la Sección	Jeanpierre Gamez																								
3	Aprobación de la aplicación de TPM en planta	Jeanpierre Gamez																								
4	Elaboración del perfil de puesto (Supervisor de Mantenimiento)	Jeanpierre Gamez, Ober Cáceres																								
5	Selección, reclutamiento y contratación (supervisor de mantenimiento)	Jeanpierre Gamez																								
6	Difusión del TPM	Jeanpierre Gamez																								
7	Diagnóstico actual de las máquinas en planta	Jeanpierre Gamez, Supervisor de Mantenimiento																								
8	Análisis de criticidad de equipos	Jeanpierre Gamez, Supervisor de Mantenimiento																								
9	Búsqueda de proveedores	Jeanpierre Gamez, Supervisor de Mantenimiento																								
10	Conformación del comité TPM	Jeanpierre Gamez, Supervisor de Mantenimiento																								
11	Elaboración de formatos de mantenimiento	Jeanpierre Gamez, Ober Cáceres																								
12	Capacitación en el llenado de formatos TPM	Jeanpierre Gamez																								
13	Definición de indicadores de mantenimiento	Jeanpierre Gamez, Ober Cáceres, Supervisor de Mantenimiento																								
14	Elaboración de material didáctico y capacitación en la filosofía TPM.	Jeanpierre Gamez, Ober Cáceres																								
15	Capacitación del pilar mantenimiento autónomo, mejores enfocados, mantenimiento planificado.	Jeanpierre Gamez																								
16	Capacitación del pilar Educación y entrenamiento, mantenimiento temprano, áreas administrativas.	Jeanpierre Gamez																								
17	Capacitación mantenimiento de calidad y mantenimiento de seguridad y medio ambiente	Jeanpierre Gamez																								
18	Evaluación escrita y en campo a operadores de máquina crítica, jefe del proceso y personal de mantenimiento en planta.	Jeanpierre Gamez																								
19	Levantamiento de observaciones de la máquina crítica	Supervisor de Mantenimiento																								
20	Análisis, comparación de resultados.	Jeanpierre Gamez, Ober Cáceres																								

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Arranque formal TPM

 JCB ESTRUCTURAS <small>Organización con alma de acero</small>	DOCUMENTO	Código: N.A.
	AUTORIZACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TPM EN PLANTA	Versión: 00
		Fecha Revisión: 03/06/2019
		Página 1 de 1

Señores:

Alta Dirección de JCB Estructuras S.A.C.

Lima, Lunes 15 de julio del 2019

Sirva el presente para solicitarles, de manera formal, el visto bueno de inicio de implantación del TPM, que de acuerdo al análisis de criticidad arroja la máquina granalladora número 01 con código GR-01 ubicada en el sector 01 de la planta Jicamarca.

Asimismo, solicitar la autorización de visitar a planta las veces que crea pertinente previa autorización de vosotros.

Quedando atento a su amable respuesta, me despido agradeciéndolos de antemano.

Atentamente.



Jeanpierre Javier Gamez
Puchuri
**Bachiller de Ingeniería
Industrial**



J.C.B.
ESTRUCTURAS S.A.C.
EDWIN UGAZ RIVERO
Apoderado

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Evaluación de capacitación TPM

 JCB ESTRUCTURAS <small>Organización con alma de acero</small>	FORMATO	Código:
	EVALUACIÓN CAPACITACIÓN	Versión: 00
		Fecha Revisión:
		Página 1 de 1

JCB ESTRUCTURAS S.A.C. |

En su compromiso de asegurarse de que las personas que realizan el trabajo tomen conciencia de la Filosofía TPM, la contribución a la eficacia del sistema integrado de gestión incluyendo los beneficios de una mejora de desempeño y las implicancias del incumplimiento de los requisitos del Sistema Integrado de Gestión, evalúa de la siguiente forma el entendimiento de la inducción y/o capacitación:

Apellidos y Nombres:

Cargo:

Puntaje:

Responda correctamente las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué cree usted que es importante implantar la filosofía del TPM en la empresa?

2. ¿Qué es el TPM?


3. ¿Cuáles son las 6 grandes pérdidas dentro de una empresa?

4. ¿Por qué es importante el mantenimiento autónomo?

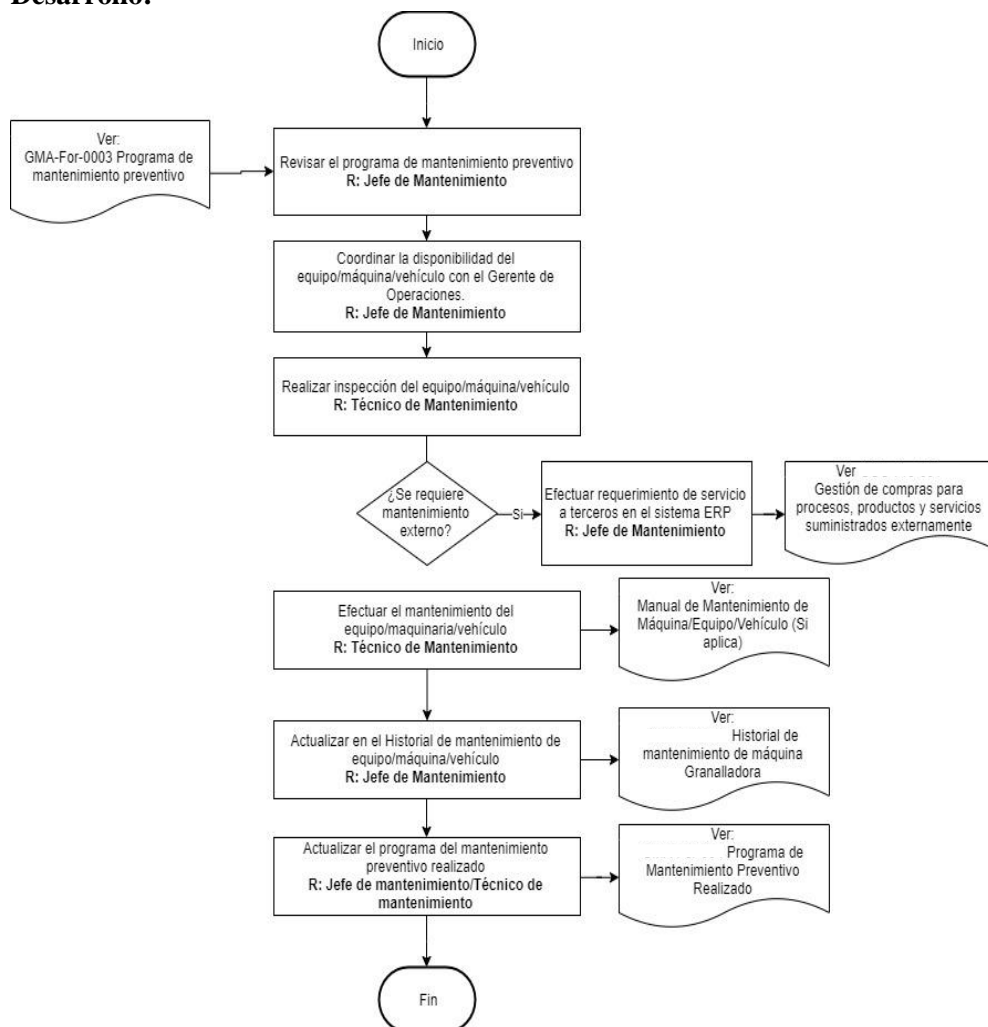
5. ¿Cuál es la evolución de la frase: "Yo opero, tú reparas" al implementar el TPM?

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 16: Procedimiento Mantenimiento Preventivo

 <p>JCB ESTRUCTURAS Organización con alma de acero</p>	PROCEDIMIENTO	Código: OPE- MAN-PR- 01
		Versión: 00
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Fecha : 23/07/2019
		Página 1 de 2


1. **Propósito:** Establecer las actividades necesarias para garantizar el funcionamiento de los equipos críticos utilizados en la instalación para producir la calidad requerida.
2. **Alcance:** Máquina Granalladora (GR-01).
3. **Desarrollo:**



4. Control de cambio

ITEM	FECHA	VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
02	23/07/2019	00	Creación de procedimiento mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia

	PROCEDIMIENTO	Código: OPE- MAN-PR- 02
		Versión: 00
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Fecha : 23/07/2019
		Página 1 de 2

1. **Propósito:** Proporcionar el mantenimiento inmediato a fin de evitar paradas en la fabricación de los productos.
2. **Alcance:** Máquina Granalladora (GR-01).
3. **Desarrollo:**




4. Control de cambio

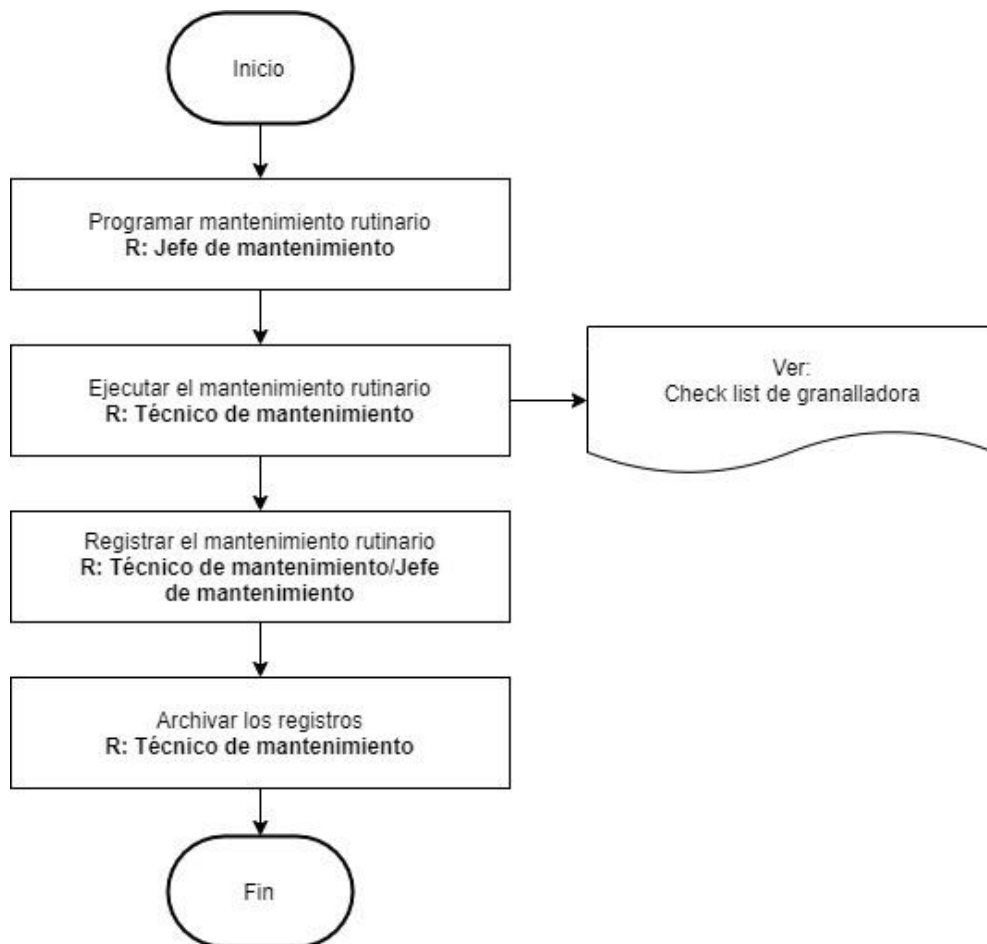
ITEM	FECHA	VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
02	23/07/2019	00	Creación de procedimiento mantenimiento correctivo.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Procedimiento mantenimiento rutinario

 <p>JCB ESTRUCTURAS Organización con alma de acero</p>	PROCEDIMIENTO	Código: OPE- MAN-PR- 03
	MANTENIMIENTO RUTINARIO	Versión: 00 Fecha : 23/07/2019 Página 1 de 2

1. **Propósito:** Asegurar la operatividad de los equipos, máquinas y vehículos de planta a fin de evitar paradas repentinas durante la ejecución de los trabajos.
2. **Alcance:** Máquina Granalladora (GR-01).
3. **Desarrollo:**



4. Control de cambio

ITEM	FECHA	VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
02	23/07/2019	00	Creación de procedimiento mantenimiento rutinario.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Plan de mantenimiento granalladora GR01

GRANALLADORA									
1	Elevador de cangilones (Noria)								
1.0.1	Controlar el tensado de la faja Noria					Semanal			0
1.0.2	Verificar que las tuercas y tornillos que sujetan los cangilones estén bien apretados					Semanal			0
1.0.3	Verificar desgaste de cangilones (no debe exceder los 12mm)					Semanal			0
1.0.4	Verificar estado de la unión empalme de la cinta noria					Semanal			0
1.0.5	Limpiar la base del elevador					Mensual			
2	Sistema de Purificador de Abrasivos								
2.0.1	Inspeccionar el estado de las cortinas de granalla					Mensual			0
2.0.2	Verificar estado de las zarandas, para evitar que ingresen partículas gruesas a las turbinas					Mensual			0
3	Aspirador de polvo								
3.0.1	Verifique la ausencia de humedad en el interior del filtro regulador y el pulmón de aire					Semanal			0
3.0.2	Controlar el manómetro diferencial de presión					Semanal			0
3.0.3	Realizar limpieza de las cañerías de aspiración, para evitar posibles obturaciones de estas					Semanal			0
3.0.4	Controlar funcionamiento del sacudidor					Semanal			0
3.0.5	Limpieza de los filtros de aire					Mensual			0
3.0.6	Cambio de filtros de aire, según su condición					Semestral			0
4	Tablero eléctrico y partes								
4.0.1	Verificar el correcto funcionamiento del amperímetro, botoneras y endavamientos					Mensual			0
4.0.2	Limpieza general					Mensual			0
5	Otros								
5.0.1	Verificar correcto funcionamiento del motor de las turbinas					Mensual			0
5.0.2	Verificar estado de desgaste de las paletas de la turbina					Semestral			0
5.0.3	Mantenimiento motor eléctrico de la turbina					Semestral			0
5.0.4	Verificar correcto funcionamiento del motor eléctrico					Mensual			0
5.0.5	Mantenimiento motores eléctricos					Semestral			0
6	Sistema de lubricación								
6.0.1	Verificar el nivel de aceite del reductor de entrada y salida del material según visor de reductor					Semanal			
6.0.2	el aceite sintético o mineral empleado a utilizar es de grado iso220					Semanal			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20: Validación del plan de mantenimiento

	DOCUMENTO	Código: N/A
	CONFORMIDAD DE FORMATOS DE MANTENIMIENTO	Versión: 00 Fecha Revisión: 30/09/2019 Página 1 de 1

Señor:
Rafael Casimiro Fretel

Lima, 30 de septiembre del 2019

Sirva el presente para solicitarle, de manera formal, la validación y confiabilidad del plan de mantenimiento y documentos de gestión del mantenimiento de la granalladora 01 con código GR-01.

Apelo a su profesionalismo y experiencia en calidad de Jefe de Mantenimiento de JCB Estructuras.

Me despido agradeciéndole el tiempo prestado y los consejos que me brindó durante la implantación.


Atentamente,


Jeanpierre Javier Gamez Puchuri
Bachiller Ingeniería Industrial


Rafael Casimiro Fretel
Jefe de Mantenimiento JCB

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Validación de mejoramiento de proceso de granallado

	DOCUMENTO	Código: N/A
	CONFORMIDAD DE MEJORAMIENTO DE PROCESO	Versión: 00
		Fecha Revisión: 30/09/2019
		Página 1 de 1

Señor:

Ing. Juan Meza Hilares

Lima, 30 de septiembre del 2019

Sirva el presente para solicitarle, de manera formal, la validación y confiabilidad del mejoramiento de proceso en el área de granallado específicamente en la granalladora 01 con código GR-01.

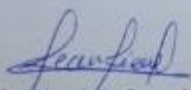
El mejoramiento del proceso está referido al incremento de la eficiencia, eficacia y productividad de la granalladora GR-01 mediante la aplicación de la herramienta TPM.

Asimismo, es conveniente indicar que la implantación de la herramienta TPM inicia en el mes de julio y culminó en el mes de septiembre. Los trabajos realizados fueron ejecutados en su presencia e informados semanalmente del avance en su despacho.


Apelo a su profesionalismo en calidad de Ingeniero Químico colegiado y habilitado y Black Belt en Mejoramiento de Procesos con la finalidad de reafirmar lo indicado en el primer párrafo de la presente.

Me despido agradeciéndole el tiempo prestado y los consejos que me brindó durante la implantación.

Atentamente,



Jeanderson Javier Gomez Puchuri
Bachiller Ingeniería Industrial



.....
JUAN MEZA HILARES
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 186540

Juan Meza Hilares
Jefe de Control y Procesos

Fuente: Elaboración propia



REGISTER No : BB-C01695
RECERTIFY BY : February 2021



BLACK BELT CERTIFICATION

This certificate is hereby presented to

JUAN MEZA HILARES

For his excellent participation in our Black Belt Certification program fulfilling all the requirements established by Lean Six Sigma Institute.

Granted on February 2018, at the San Diego head office in California.

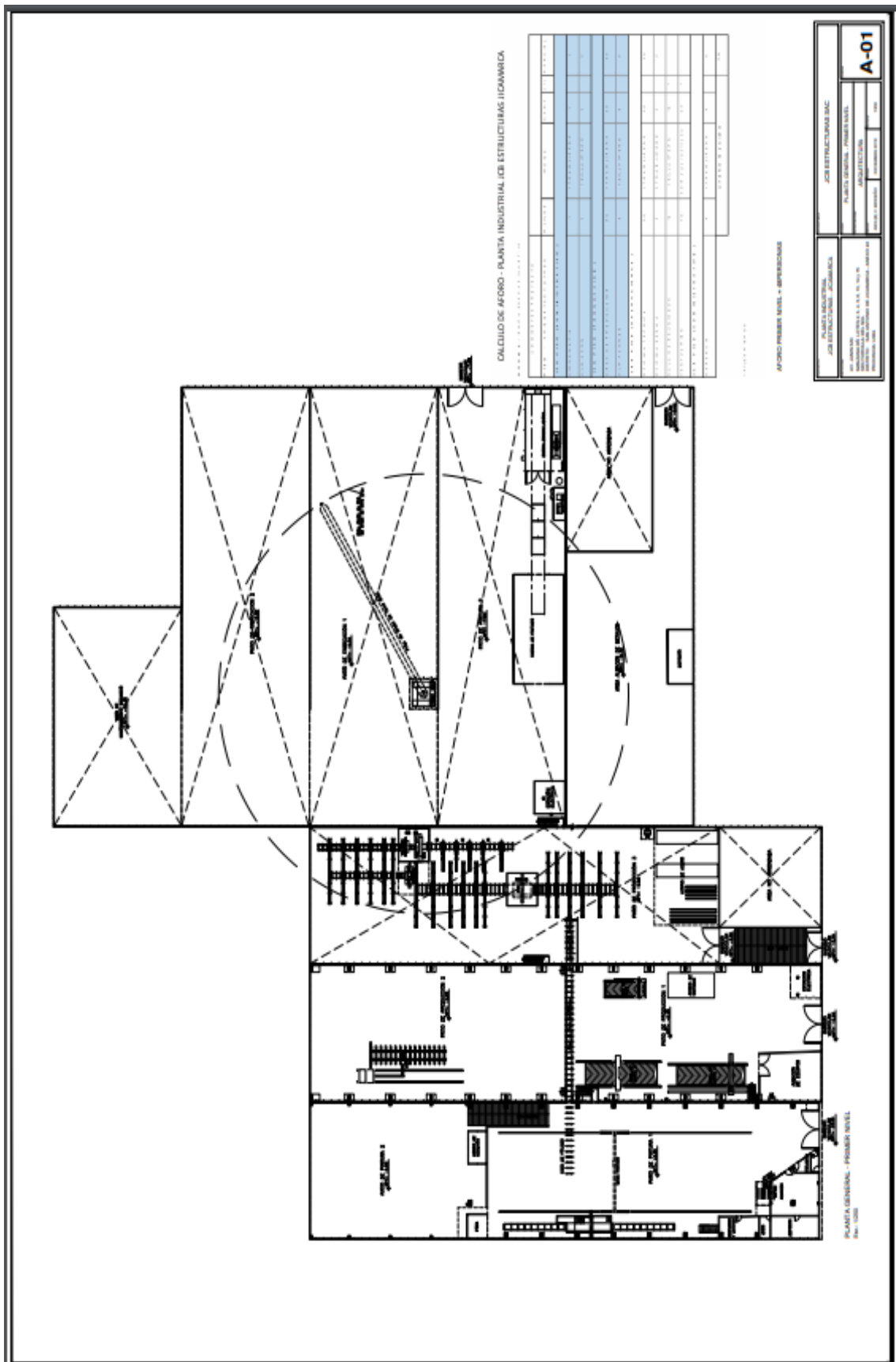


Luis Socconini
Executive Director

JUAN MEZA HILARES
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 188940

Eduardo Escobedo
Operations Manager

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 24: Partes de trabajo del personal de mantenimiento

JOB ESTRUCTURAS				PARTE DE TRABAJO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO			
Nombres y Apellidos:		Fecha:		Código Equipo		Equipos	
Actividad	Inicio	Fin	Código Equipo	Equipos	Detalles	Observaciones	
A9	8:00	2:00			Examen medico		
A4	2:00	3:00	RF-77	Reflector	Se hace conexión de cable limpieza general		
A4	03:00	04:00	PF-98	Reflector	- se cambia transformador - se cambia condensador se hace limpieza general		
A7	04:00	5:00		Sector 06	Se empalma cable de Alimentación 220		

Legendas Actividades:
 A1 Charla de Seguridad
 A2 Consultas en Obra
 A4 Mantenimiento
 A5 Reparación
 A7 Otros no contemplados

Firmas de Recepción: _____
 Vº Bº de Registro: _____

No. 001784



JCB ESTRUCTURAS

PARTE DE TRABAJO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Realizado por: JT Código: 11 & 12 (FO)
 Revisado por: CS Versión Vigente: 0
 Aprobado por: EU Actualizado el: 13/01/2018



Nº 001654

Nombres y Apellidos:		Fecha:		Circuito		Cruz		Segundo		Equipo		Detalles		Observaciones	
Actividad	Inicio	Fin	Código	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo	Equipo
A4	8:00	9:30	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15	MI-15
		9:30													
		1:30													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													
		2:30													
		5:00													

un sistema de extracción de humos causado por el uso de un sistema de extracción de humos causado por el uso de un sistema de extracción de humos...
 para montar la nueva para ensamble...
 filtro hacia sistema...
 de polvo...
 para montaje...
 para ensamble...
 FICHA DE MAQUINARIA

Me
 P

ECHA
 INICIO 07

JOB ESTRUCTURAS

PARTE DE TRABAJO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Nombres y Apellidos:		Fecha:		Código Equipo		Equipo		Detalles		Observaciones	
A4	8:00	12:00	Cordova Cruz Segundo	5/C	STOCKMAN	STOCKMAN	STOCKMAN	Trabado de stockman al Sector 08			
				9C	STOCKMAN	STOCKMAN	STOCKMAN				
				9C	STOCKMAN	STOCKMAN	STOCKMAN				
				TL-01	FILFOR	FILFOR	FILFOR	Trabado de Filfor al Sector 08			
				TL-14	FILFOR	FILFOR	FILFOR				
								Trabado al sector 08			
A4	4:00	02:00	E4-110	ESMERIL	ESMERIL	ESMERIL	ESMERIL	Limpieza general			
								Cambio de carbones			
								Se hecha barniz a midicido			
A4	02:00	03:00	E4-74	ESMERIL	ESMERIL	ESMERIL	ESMERIL	Limpieza general			
								se hecha barniz a inducido			
A4	03:00	5:00	9C	STOCKMAN	STOCKMAN	STOCKMAN	STOCKMAN	Verificación de estado de stockman (3 UND)			
								se encuentra Pedal foto			
								Cilindro Fuera de lugar			

No 001770

No. de Registro

Leyenda Actividades:
 A1 Charra de Seguridad
 A2 Controles en Obra
 A3 Orden y Limpieza
 A4 Mantenimiento
 A5 Reparación
 A6 Comisión Logística
 A7 Otros no contemplados

Firma de Recepción

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Ficha técnica de Granalladora 1

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS			Código: OPE-MAN-FR-01	
				Versión Vigente: 00	
				Actualizado al: 26-07-19	
1. DATOS TÉCNICOS					
CÓDIGO	GR-01	CAPACIDAD	20HP - 220V		
NOMBRE DEL EQUIPO	GRANALLADORA AUTOMÁTICA	VELOCIDAD	360 Kg/min		
FUNCIÓN QUE REALIZA	GRANALLAR	PARTE DEL PROCESO / LÍNEA	RECUBRIMIENTO		
UBICACIÓN	SECTOR 01	MARCA	CYM		
SECCIÓN MÁX. PASAJE PIEZA	1600 x 1200 mm	MODELO	Y310001		
CANTIDAD DE TURBINAS	4	Nº SERIE	20092		
POTENCIA	20HP	PROVEEDOR	LINDERO		
VOLTAJE	220V	CRITICIDAD	CRÍTICA		
2. FECHAS					
FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA LÍMITE DE GARANTÍA	FECHA DE INSTALACIÓN	FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN		OBSERVACIONES
20/05/2010	1 año	25/02/2011	No aplica	Ninguna	
3. COSTOS					
COSTO DE MÁQUINA		S/	594,730.21		
COSTO DE MANTENIMIENTO		S/	17,841.91		

Fuente: Elaboración propia