



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

“Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Román Cayllahua Juan (ORCID: 0000-0003-3461-2198)

ASESOR:

Mgtr. Rodríguez Alegre Lino Rolando (ORCID: 0000-0002-9993-8087)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

Lima - Perú

2019

Dedicatoria

La presente tesis se la dedicada a mis familiares, amigos, todos los docentes en general por confiar en mí y sus esfuerzos por apoyarme día a día; por los ánimos dados todas las veces para lograr mi objetivo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, quien guía mis pasos y me da la fuerza para seguir adelante y hacer frente a las barreras que se me presenten.

A la empresa Quimpac S.A por brindarme su confianza, por formar parte de sus colaboradores y acceso a la información para mi tesis; a mi asesor al Mg. Rodríguez Alegre Lino Rolando por su apoyo durante el desarrollo de la tesis, por sus consejos brindado.

Página de jurado

Declaratoria de autenticidad

Yo Juan Román Cayllahua con DNI N° 43162153, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 18 de diciembre del 2019



Juan Román Cayllahua

DNI: 34162153

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.” la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El autor

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página de jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvi
I. Introducción	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Trabajos previos	11
1.2.1. Internacional	11
1.2.2. Nacional	14
1.3. Teorías relacionadas al tema	16
1.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM).	16
1.3.2. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	17
1.3.3. Beneficios Mantenimiento Productivo Total (TPM).	18
1.3.4. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).	20
1.3.5. Fases para la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).	24
1.3.6. Productividad	25
1.3.7. Factores de Productividad	26
1.3.8. Eficiencia	27
1.3.9. Eficacia	28
1.4. Formulación del problema	28
1.4.1. Problema general	28
1.4.2. Problemas específicos	28
1.5. Justificación del estudio	28
1.5.1. Justificación técnica	28
1.5.2. Justificación económica	29

1.5.3. Justificación social	29
1.6. Hipótesis	29
1.6.1. Hipótesis general	29
1.6.2. Hipótesis específicas	29
1.7. Objetivo	30
1.7.1. Objetivo general	30
1.7.2. Objetivos específicos	30
II. Método	31
2.1. Tipo y diseño de investigación	31
2.1.1. Tipo de investigación	31
2.1.2. Diseño de investigación	32
2.2. Variables, Operacionalización	33
2.2.1. Variable independiente: TPM (Mantenimiento productivo total)	33
2.2.2. Variable Dependiente (VD): Productividad	34
2.3. Población, muestra y muestreo	37
2.3.1. Población	37
2.3.2. Muestra	37
2.3.4. Criterios de selección	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	38
2.4.1. Técnica	38
2.4.2. Instrumento.	39
2.4.3. Validación	39
2.4.4. Confiabilidad	39
2.5. Método de análisis de datos.	40
2.6. Aspectos éticos	40
2.7. Desarrollo de la propuesta	40
2.7.1. Situación actual	40
Fuente: Elaboración propia	63
2.7.2. Propuesta de mejora	63
2.7.3. Implementación de la propuesta	73
2.7.4. Resultados de la aplicación de la metodología de TPM	91
2.7.4.1. Mejora de la variable independiente de TPM	91
2.7.5. Análisis económico – financiero	104

III. Resultados	109
3.1 Análisis Descriptivo	109
3.1.1 Análisis descriptivo de la Variable Independiente	109
3.1.2 Análisis descriptivo de la Variable Dependiente	109
3.2. Análisis Inferencial	111
IV. Discusión	117
V. Conclusiones	119
VI. Recomendaciones	120
Referencias	121
ANEXOS	125
Anexo 1. Producción del mes de agosto de 2019	125
Anexo 2. Check list de los parámetros de las celdas electrolíticas	126
Anexo 3. Planilla de mantenimiento	127
Anexo 4. Planilla de reporte de paradas de las celdas	128
Anexo 5. Reporte de cambio de bombas de Hg	129
Anexo 6. Check list de la inspección de los equipos de las celdas	130
Anexo 7. Planilla de los parámetros de los equipos de las celdas	131
Anexo 8. Planilla de registro de análisis de amalgama de las celdas	133
Anexo 9. Pantallazo de la similitud del turnitin	134

Índice de figuras

Figura 1.	Beneficios del TPM.	1
Figura 2.	Reconocimientos de empresas con el premio TPM en la India.	2
Figura 3.	Producción estimada Vs real de hidróxido de sodio, 2018-2019.	4
Figura 4.	Producción estimada Vs real de hidróxido de sodio, 2018-2019.	4
Figura 5.	Producción estimada Vs real de hidrógeno, 2018-2019.	4
Figura 6.	Frecuencia de fallas mensuales en equipos.	5
Figura 7.	Productividad.	5
Figura 8.	Diagrama de Ishikawa, causas y efecto de fallas en la productividad de hidróxido de sodio, cloro e hidrógeno.	7
Figura 9.	Diagrama de Pareto, prioridades.	11
Figura 10.	Pirámide de solución jerárquica de fallas.	17
Figura 11.	Objetivos del TPM.	18
Figura 12.	Beneficios del TPM.	19
Figura 13.	Cielo deming o PHVA.	21
Figura 14.	Mapa de ubicación de la planta principal de la empresa	44
Figura 15.	Mapa de ubicación de la empresa	45
Figura 16.	Mapa de ubicación de la empresa	45
Figura 17.	Mapa de ubicación de la empresa	46
Figura 18.	Organigrama de la empresa Quimpac S.A	48
Figura 19.	Diagrama del proceso	49
Figura 20.	Proceso de Saturación de Salmuera.	50
Figura 21.	Celdas y grupo rectificador.	51
Figura 22.	Electrolisis con celda de membrana	52
Figura 23.	Celda electrolítica y sus partes	52

Figura 24. Diagrama de flujo de celda	53
Figura 25. Tanques de soda caustica.	54
Figura 26. Resultado en la aplicación del TPM.	55
Figura 27. Eficiencia del mes de julio del año 2019	57
Figura 28. Eficacia de la producción del mes de julio de 2019	59
Figura 29. Eficiencia de mes de agosto del 2019	59
Figura 30. Eficacia del mes de agosto de 2019	61
Figura 31. Concepto de TPM	64
Figura 32. Pilares TPM de implementación en QUIMPAC S.A.	65
Figura 33. Motor de la celda.	66
Figura 34. Dimensiones de producción de soda caustica	68
Figura 35. Ejemplo de proyección	77
Figura 36. Personal después de la reunión	78
Figura 37. Personal después de la reunión	78
Figura 38. Personal en proceso de implementación del mantenimiento autónomo	80
Figura 39. Personal en proceso de implementación de mantenimiento autónomo	81
Figura 40. Sala de celdas lugar de aplicación de TPM	83
Figura 41. Supervisores con el personal de mantenimiento	84
Figura 42. Los mecánicos ejecutando el mantenimiento de bomba	84
Figura 43. Personal de mantenimiento planificado	85
Figura 44. Personal de mantenimiento después del trabajo	86
Figura 45. Mecánico realizando mantenimiento	86
Figura 46. Personal de mantenimiento en el taller	87
Figura 47. Personal de mantenimiento después de realizar el trabajo	88
Figura 48. Personal en la oficina de supervisión	88

Figura 49. Archivos de los formatos de control y check list y planillas de los equipos	91
Figura 50. Cumplimiento de proceso de aplicación de Mantenimiento Autónomo	93
Figura 51. Índice mantenimiento autónomo	94
Figura 52. Índice mantenimiento planificado	95
Figura 53. Grafica de producción antes y después	98
Figura 54. Eficiencia de producción	100
Figura 55. Eficacia de la producción	102
Figura 56. Comparación de producción	103
Figura 57. Comparación de eficiencia de producción	103
Figura 58. Comparación de eficacia de producción	104
Figura 59. Eficacia de productividad	109
Figura 60. Eficiencia de productividad	110
Figura 61. Productividad de soda caustica	110

Índice de tablas

Tabla 1.	Escala de medición	8
Tabla 2.	Matriz de correlación	9
Tabla 3.	Tabla de frecuencia (diagrama de Pareto).	10
Tabla 4.	Fases de implementación de TPM	25
Tabla 5.	Factores de la productividad	27
Tabla 6.	Tipos de diseños	32
Tabla 7.	Matriz de operacionalización de variables	36
Tabla 8.	Juicio de expertos	39
Tabla 9.	Principales sectores de clientes	42
Tabla 10.	Principales políticas de gestión	43
Tabla 11.	Producción del mes de julio del 2019	56
Tabla 12.	Eficacia del mes de julio de 2019	58
Tabla 13.	Eficacia del mes de agosto	60
Tabla 14.	Parámetros a registrar en la celda electrolítica	62
Tabla 15.	Especificaciones del producto de soda caustica	63
Tabla 16.	Alternativas de solución.	63
Tabla 17.	Principales causas en el área de celdas electrolíticas a solucionar	67
Tabla 18.	Cronograma de actividades para la aplicación de TPM	69
Tabla 19.	Fases de implementación de TPM	70
Tabla 20.	Proyección presupuestaria para la implementación	72
Tabla 21.	Costo de preparación de TPM	73
Tabla 22.	Pasos para el establecimiento del Mantenimiento Autónomo	74
Tabla 23.	Parámetros a registrar en la celda electrolítica	75
Tabla 24.	Pasos para el establecimiento del mantenimiento planificado	82
Tabla 25.	Formato de mantenimiento planificado	89

Tabla 26.	Formato de medición de mantenimiento planificado	90
Tabla 27.	Aplicación Del mantenimiento Autónomo	92
Tabla 28.	Medición de índice de mantenimiento autónomo	93
Tabla 29.	Medición de indicador de mantenimiento planificado	95
Tabla 30.	Producción de soda caustica antes y después de la implementación	97
Tabla 31.	Eficiencia de producción antes y después	99
Tabla 32.	Eficacia antes y después	101
Tabla 33.	Comparación de producción antes y después	103
Tabla 34.	Recursos – Materiales.	105
Tabla 35.	Recursos – Mano de obra	105
Tabla 36.	Costo de inversión	105
Tabla 37.	Incremento de la producción	106
Tabla 38.	Sostenimiento de la mejora	106
Tabla 39.	De Margen de Contribución	107
Tabla 40.	Flujo de Caja Mes de Octubre	107
Tabla 41.	Tasa de Retorno	107
Tabla 42.	Análisis de Sensibilidad	108
Tabla 43.	Prueba de normalidad	111
Tabla 44.	Estadísticos descriptivos	112
Tabla 45.	Estadístico de prueba	112
Tabla 46.	Prueba de normalidad	113
Tabla 47.	Estadísticos descriptivos	113
Tabla 48.	Estadísticos de prueba	114
Tabla 49.	Pruebas de normalidad	115
Tabla 50.	Estadístico descriptivo	115
Tabla 51.	Estadístico de prueba	116

Resumen

La presente investigación se basa en la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de producción de soda caustica liquida de 50% de concentración, con la finalidad de solucionar problemas que están afectando a la productividad de soda, el área de celdas electrolíticas es con mayores problemas afectando directamente a la producción, por esta razón se decidió aplicar dos pilares de TPM como mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado.

Por su finalidad la investigación es aplicada, por su nivel explicativo, y enfoque cuantitativo; por su diseño es cuasi experimenta. La unidad de estudio área de celdas electrolíticas del sistema de proceso de producción, la población ha sido definida como la producción diaria de soda caustica liquida 50% de concentración, la muestra es igual a la población, ya que la muestra es de tipo no probabilística, los datos se midieron durante un periodo de 30 días. No se considera muestreo ya que la muestra es igual a la población.

Para la aplicación de TPM en sus dos pilares como el mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado fue una decisión del jefe de planta, supervisores y el investigador por los mismo que era la más adecuada para aplicar en el área de celdas de producción de soda caustica liquida 50% de concentración.

Para la mejora se decidió aplicar la dos de sus pilares de la filosofía de TPM, donde esta aplicación se dio en el área de celdas electrolíticas de producción de soda caustica liquida 50%, acuerdo los análisis al final de la aplicación de estos dos pilares de TPM se logró mejora la producción en comparación con el antes y después de la aplicación de TPM, antes de la aplicación de TPM la producción fue de 5214,622 TM y después de la aplicación en el mes octubre del presente año fue de 5597,158 TM de producción de soda caustica liquida así logrando un incremento de producción en 382,536 TM mensual.

A fin de contrastar las hipótesis de investigación se procedió primero con un análisis de normalidad para verificar el comportamiento de las series de datos aplicando el estadígrafo de Shapiro Wilk y dado que los análisis dieron un comportamiento no paramétrico se utilizó Wilcoxon para la contratación de las hipótesis.

Palabras claves: Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, Productividad, Eficiencia y Eficacia.

Abstract

This research is based on the Application of Total Productive Maintenance (TPM) in the area of production of liquid caustic soda of 50% concentration, in order to solve problems that are affecting the productivity of soda, the area of electrolytic cells. It is with greater problems directly affecting production, for this reason it was decided to apply two pillars of TPM as autonomous maintenance and planned maintenance.

For its purpose, research is applied, for its explanatory level, and quantitative approach; by design it is almost experienced. The unit of study area of electrolytic cells of the production process system, the population has been defined as the daily production of liquid caustic soda 50% concentration, the sample is equal to the population, since the sample is non-probabilistic type, the data was measured over a period of 30 days. Sampling is not considered since the sample is equal to the population.

For the application of TPM in its two pillars such as autonomous maintenance and planned maintenance, it was a decision of the plant manager, supervisors and the researcher for the same that was the most appropriate to apply in the area of liquid caustic soda production cells 50 % concentration

For the improvement it was decided to apply the two of its pillars of the TPM philosophy, where this application was given in the area of electrolytic cells producing 50% liquid caustic soda, according to the analysis at the end of the application of these two pillars of TPM, production was improved compared to before and after the application of TPM, before the application of TPM the production was 5214,622 MT and after the application in the month of October this year was 5597, 158 MT of liquid caustic soda production thus achieving an increase in production by 382,536 MT per month.

In order to contrast the research hypotheses, a normality analysis was first carried out to verify the behavior of the data series by applying the Shapiro Wilk statistic and since the analyzes gave a non-parametric behavior, Wilcoxon was used to contract the hypotheses

Keywords: Autonomous maintenance, planned maintenance, productivity, efficiency and effectiveness.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

Las fallas en los equipos industriales representan uno de las grandes preocupaciones dentro de cualquier organización debido al severo impacto que implican en la producción, afectando tanto a los tiempos y metas, como en el cumplimiento de entrega de pedidos; que se pueden traducirse en cuantiosas pérdidas económicas. (Industrial MRO, 2016).

Por otra parte, muchas empresas aún emplean el mantenimiento reactivo lo que resulta más costoso puesto que genera tiempos muertos no planeados. La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés) resulta de gran efectividad para anticiparse precisamente a esa situación: puede aumentar la productividad y la eficiencia de la planta entre 1,5 y 2 veces; reduce las fallas en los equipos que ocasionan la baja productividad, puede minimizar los costos de producción hasta en un 30% y satisfacer las necesidades de los clientes en un 100%, además de prevenir accidentes laborales (AURYS CONSULTING. 2014).

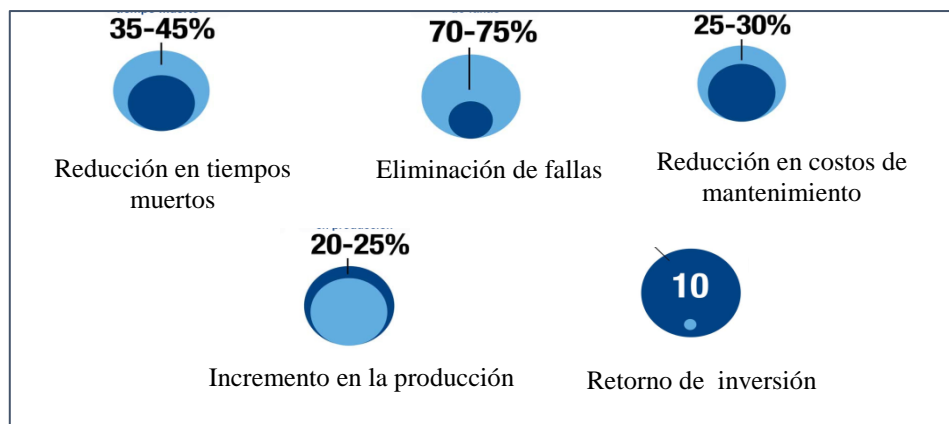


Figura 1. Beneficios del TPM.

Fuente: Aurys Consulting (2014)

Cuatrecasas (2010) define donde el TPM tiene como filosofía el propósito eliminar las pérdidas originadas por el estado de los equipos logrando que las organizaciones produzcan al máximo de su capacidad, incluyendo paradas programadas. Esta situación representa ausencia de avería y de tiempos muertos, cero defectos producto del mal estado de las máquinas y los equipos, cero pérdidas en el rendimiento o en la capacidad productiva motivados al estado de las máquinas y de los equipos.

Durante mucho tiempo se consideró el mantenimiento y la producción en las organizaciones como elementos independientes. Surge entonces así el TPM para integrar ambos departamentos a fines de mejorar la productividad y la disponibilidad de los equipos. Se considera que en las organizaciones donde se implanta y funciona adecuadamente esta filosofía, todo el personal trabaja en el mantenimiento y en la mejora de los equipos.

El TPM se considera como una de las estrategias que emplean en la actualidad las empresas de clase mundial cualquiera que sea su sector productivo. Implican realizar cambios significativos en las actividades cotidianas de la organización adopción de nuevas técnicas, procesos y esquemas junto con la participación del personal que la conforma. Debido a su impacto a nivel de costos, producción, fallas, tiempos de respuestas e inversión; sumados a la fiabilidad de la cadena de suministros, al conocimiento del personal involucrado y a la alta calidad del producto o servicio final el TPM puede hacer la diferencia en una organización respecto a su competencia. Un caso muy palpable a nivel mundial está representado por las empresas de la India que desde hace décadas ha incluido el TPM en sus operaciones y cada año suma más organizaciones; representando un gran potencial para convertirse en la tercera economía mundial para el 2027, siendo reconocidas con los premios TPM fuera del Japón (p. 33).

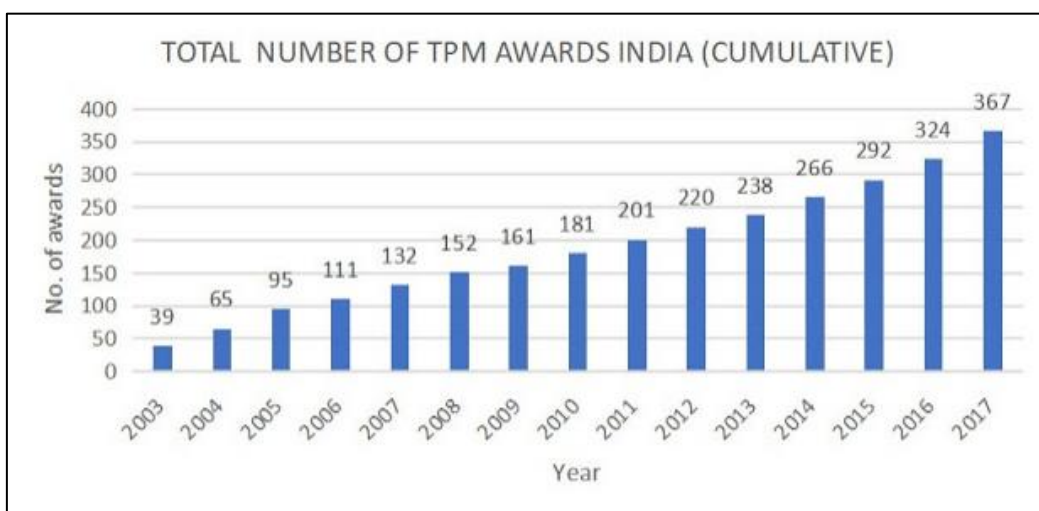


Figura 2. Reconocimientos de empresas con el premio TPM en la India.

Fuente: Cuatrecasa (2010).

Contrariamente a este avance, en comparación con el pasado reciente durante la última década, la cantidad de empresas que emplean la filosofía del TPM ha disminuido considerablemente en Latinoamérica, lo cual además de representar una desventaja en el mundo competitivo y en los resultados de las empresas de la región. Implica un retroceso y

una pérdida de los valores del management que les permite producir. La inestabilidad de las políticas, la ausencia de visión organizacional, corrupción, y las influencias del management de bajo nivel han conducido a las empresas latinoamericanas en desventajas que exigen reinvertir.

Un estudio realizado en el año 2015 cuyo objetivo fue medir la productividad de las empresas del Perú, mostró que, aun cuando esta ha tenido un crecimiento sostenido en promedio del 51% en sus ventas en los últimos tres años, el mismo no refleja en la generación de valor y mejora en la posición competitiva (se observa una reducción cercana al 55% de las empresas en su utilidad de forma sostenida en el mismo periodo evaluado). Las acciones de las empresas han girado en mejoras de su productividad, aumentando sus ingresos sin tomar en consideración los costos y las maneras de optimizar el capital empleado. Otra de las características que muestra el estudio es lo relacionado a las mejoras en la producción en periodos de corto tiempo, sin tomar en consideración iniciativas dirigidas a una mejor sustentabilidad en el mediano y el largo plazo. También se observa que las empresas afirman no poseer sistematizadas sus operaciones. (Aurys Consulting, 2017).

La empresa QUIMPAC, cuya actividad principal comprende la producción y comercialización de soda cáustica, cloro, fosfato bicálcico y otros productos químicos, y en menor medida, sal para uso industrial y doméstico; ha registrado fallas en los equipos en la Planta Química desde diciembre del año 2017, estas fallas de equipos se han generado en el área de celdas electrolíticas que es uno de los más principales áreas del proceso, así influyendo directamente en la disminución de la producción.

Se estima una pérdida promedio mensual de unas 295 toneladas de hidróxido de sodio líquido, en el período comprendido entre noviembre 2018 y abril 2019.

Para la elaboración de graficas de producción se accedió a la base de datos mensuales de producción de planta química de la empresa Quimpac S.A. y se muestran en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7.



Figura 3. Producción estimada Vs real de hidróxido de sodio, 2018-2019.

A sí mismo en el sistema de producción, se ha dejado de producir un promedio mensual de 260 toneladas de cloro.

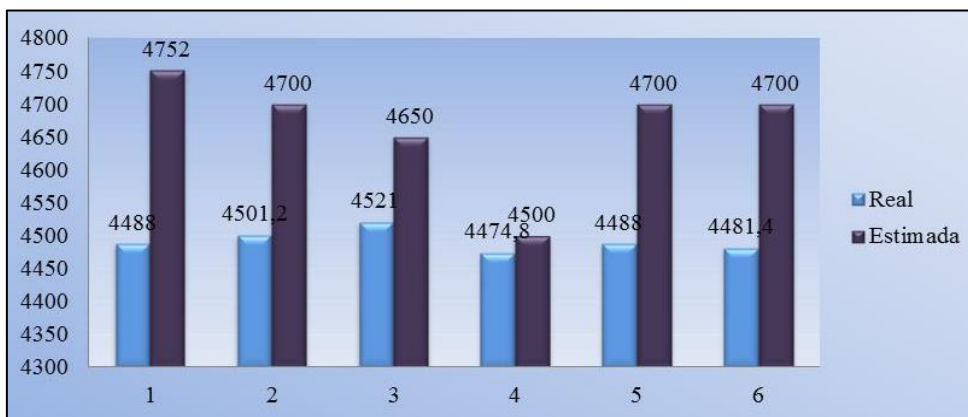


Figura 4. Producción estimada Vs real de hidróxido de sodio, 2018-2019.

Referente a las cantidades de hidrógeno, el promedio mensual que se ha dejado de producir oscila entre las 59 toneladas.

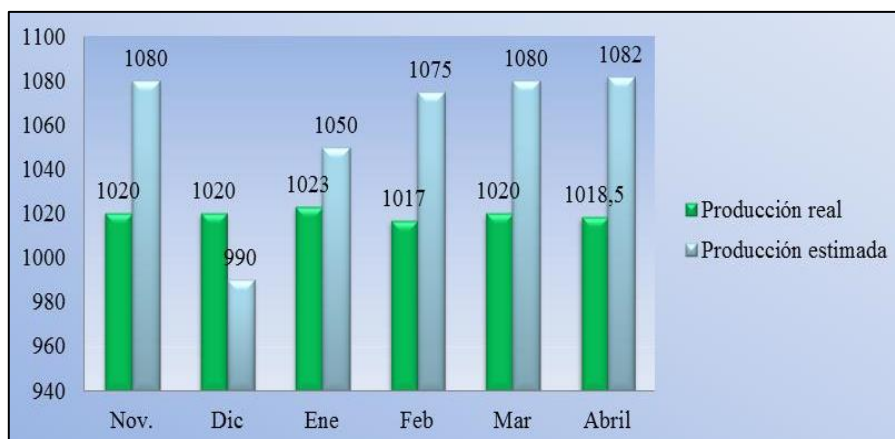


Figura 5. Producción estimada Vs real de hidrógeno, 2018-2019.

Las causas principales de las pérdidas están relacionadas con las fallas de los equipos, siendo las más concurrentes en las bombas y los motores.

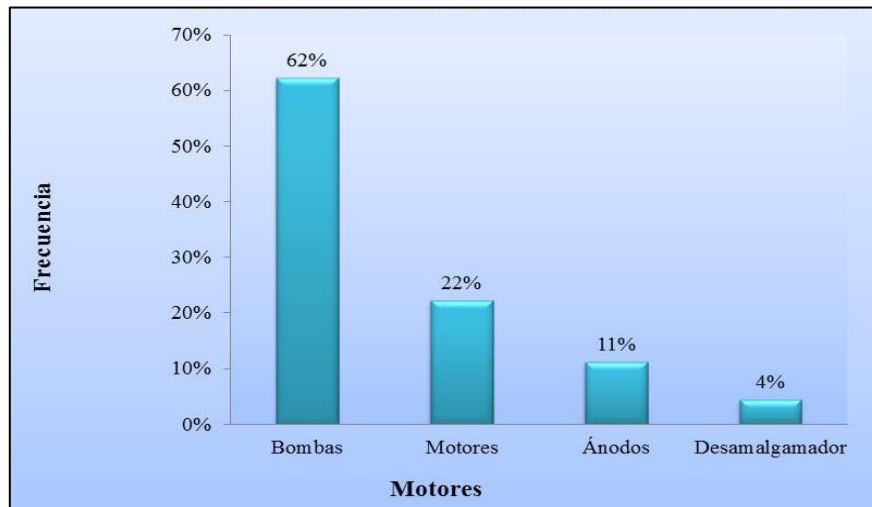


Figura 6. Frecuencia de fallas mensuales en equipos.

Así mismo, la productividad ha variado los últimos 6 meses, siendo el promedio mensual de eficiencia de 88%, eficacia 96% y productividad 85%.

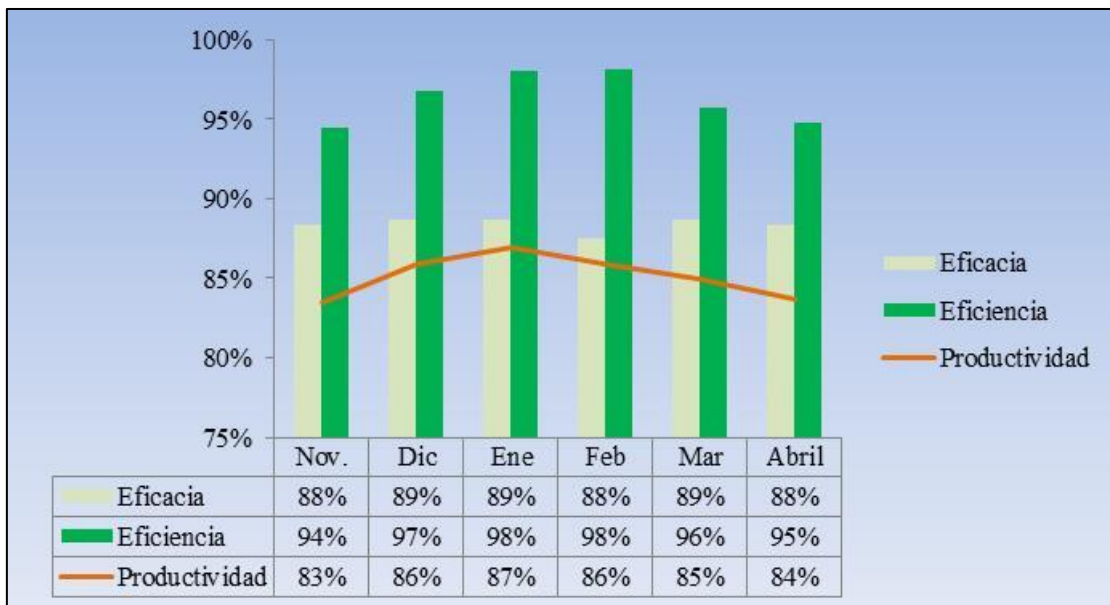


Figura 7. Productividad.

En el diagrama de Ishikawa se identifican las fallas detectadas en el de Planta Química de la empresa Quimpac, ubicada en el Callao, encontrándose lo siguiente: (Ver Figura 8)

- (a) Deficiencia de energía.
- (b) Disminución del flujo de agua osmotizada.
- (c) Disminución del flujo de agua blanda.
- (d) Impurezas en el cloruro de sodio.

- (e) Falta de mantenimiento de moto reductores de las celdas.
- (f) Fallas eléctricas en los motores.
- (g) Falta de repuestos de los motores y bombas.
- (h) Mala reparación de las bombas.
- (i) Falta de mantenimiento de las bombas de Hg.
- (j) Mala calidad de los repuestos.
- (k) Bombas reparadas en servicio.
- (l) Falta de planificación de los procesos.
- (m) Falta de monitoreo en el proceso.
- (n) Falta de motivación personal.
- (o) Incumplimiento de funciones.
- (p) Falta de capacitación del personal.
- (q) Estrés laboral del personal.
- (r) Falta de control de reactivos.
- (s) Falta de planificación.
- (t) Residuos peligrosos.
- (u) Orden y limpieza.
- (v) Fuga de cloro.
- (w) Falta de cátodo móvil (mercurio).

Las causas mencionadas del área de celdas de planta química se obtuvieron de una base información recogida de los tres primeros meses del año 2019, de enero, febrero y marzo, toda la información de las causas es recogida mensualmente por el supervisor del área y para realizar cambios o mantenimiento de los equipos acuerdo a la prioridad.

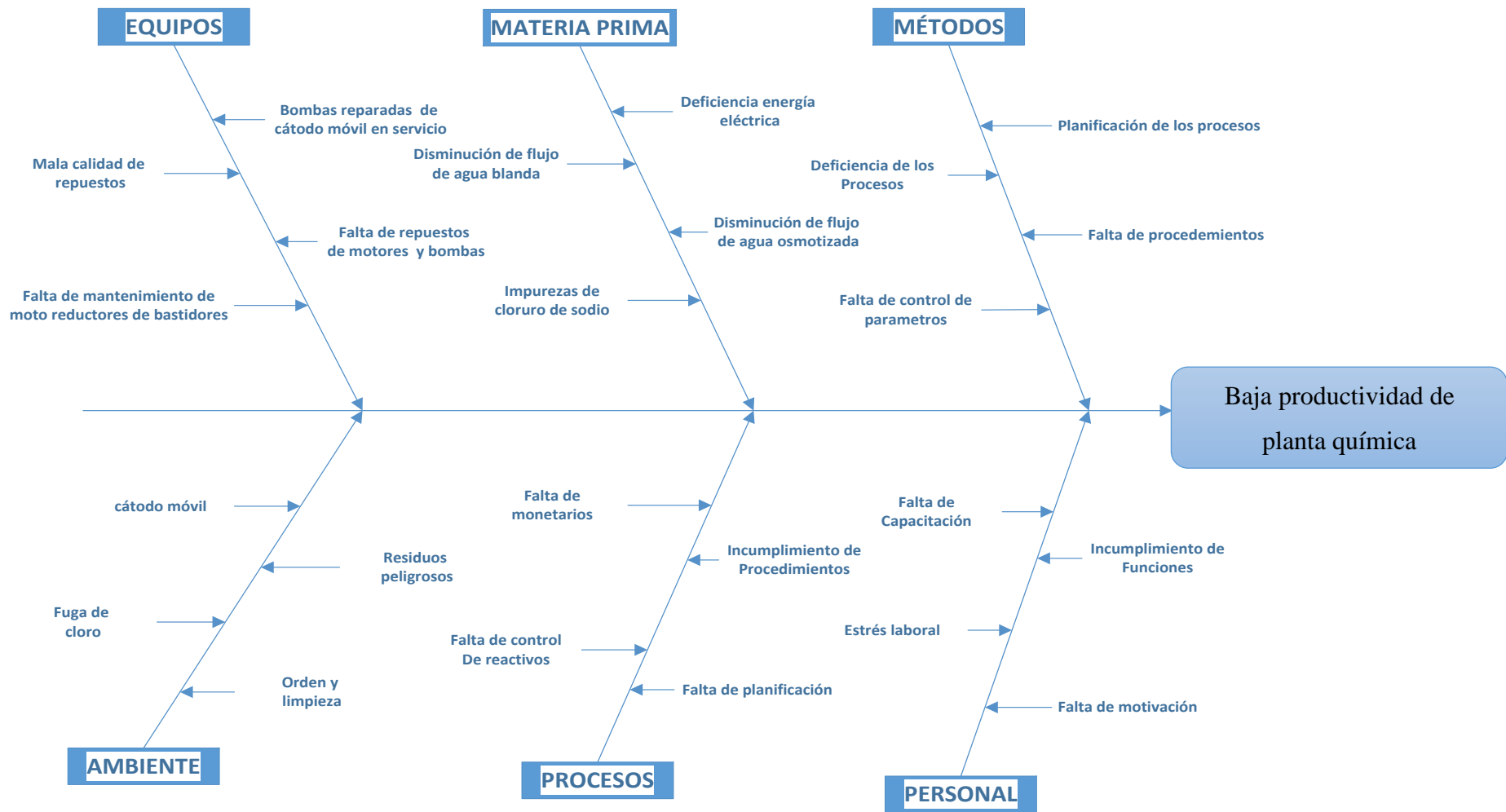


Figura 8. Diagrama de Ishikawa, causas y efecto de fallas en la productividad de hidróxido de sodio, cloro e hidrógeno.

Matriz de Correlación:

Esta matriz nos permite buscar la relación que existe entre una causa con las demás que originan la baja productividad, es decir consiste en enfrentar una causa con las demás y determinar la dependencia de cada causa como la influencia o impacto para la empresa. La relación puede ser nula, débil, media o fuerte conllevando a dar una frecuencia en porcentaje.

Tabla 1. Escala de medición

ESCALA	MEDICIÓN
0	Relación nula
1	Relación débil
3	Relación media
5	relación fuerte

En la **tabla 2**, después de haber analizado la relación que existen entre las diferentes causas, se puede observar cuales son las causas que han resultado con mayor frecuencia o influencia, entre ellas están, falta de mantenimiento a las bombas de Hg, falta de mantenimiento de los motoreductores de las celdas, bombas reparadas en servicio y la falta de repuestos de las bombas y motores, las demás no son tan significativas ya que representan una menor influencia.

Tabla 2. Matriz de correlación

codigo	causas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	INFLUENCIA
C1	Falta de mantenimiento de las bombas de Hg	3	0	3	3	1	3	3	0	0	1	1	3	3	1	3	0	3	0	0	0	0	0	28
C2	Falta de mantenimiento de moto reductores de las celdas	0	3	0	3	1	1	0	0	0	3	0	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	16
C3	Bombas reparadas en servicio	3	0	3	3	1	3	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
C4	Falta de repuestos de los motores y bombas	3	1	3	3	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10
C5	Deficiencia de energía	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
C6	Falta de motivación personal	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
C7	Mala reparación de las bombas	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C8	Disminución del flujo de agua osmotizada	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C9	Disminución del flujo de agua blanda	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C10	Fallas eléctricas en los motores	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C11	Mala reparación de las bombas	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C12	Mala calidad de los repuestos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C13	Falta de capacitación del personal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C14	Incumplimiento de funciones	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C15	Orden y limpieza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
C16	Fuga de cloro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1
C17	Estrés laboral del personal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1
C18	Residuos peligrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1
C19	Falta de planificación de los procesos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1
C20	Falta de monitoreo en el proceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1
C21	Falta de control de reactivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1
C22	Falta de cátodo móvil (mercurio)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1
DEPENDIANCIA		8	2	10	13	4	12	6	0	0	7	2	9	10	5	6	2	6	0	0	0	0	0	95

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de Pareto:

Empleando el diagrama de Pareto como herramienta de análisis se logran identificar los problemas más relevantes que se presentan, clasificándolos según la prioridad. Del mismo modo se localizan las principales causas. “El 80 % de los defectos radican en el 20 % de los procesos, así, de forma relativamente sencilla, aparecen los distintos elementos que participan en un fallo y se pueden identificar los problemas realmente relevantes, que acarrearán el mayor porcentaje de errores”

Tabla 3. Tabla de frecuencia (diagrama de Pareto).

Obs.	causas	total	frecuencia	frecuencia acumulada	80 - 20
C1	Falta de mantenimiento de las bombas de Hg	28	29.47%	29.47%	80%
C2	Falta de mantenimiento de moto reductores de las celdas	16	16.84%	46.32%	80%
C3	Bombas reparadas en servicio	12	12.63%	58.95%	80%
C4	Falta de repuestos de los motores y bombas	10	10.53%	69.47%	80%
C5	Deficiencia de energía	4	4.21%	73.68%	80%
C6	Falta de motivación personal	4	4.21%	77.89%	80%
C7	Mala reparación de las bombas	2	2.11%	80.00%	80%
C8	Disminución del flujo de agua osmotizada	2	2.11%	82.11%	80%
C9	Disminución del flujo de agua blanda	2	2.11%	84.21%	80%
C10	Fallas eléctricas en los motores	2	2.11%	86.32%	80%
C11	Mala reparación de las bombas	2	2.11%	88.42%	80%
C12	Mala calidad de los repuestos	1	1.05%	89.47%	80%
C13	Falta de capacitación del personal	1	1.05%	90.53%	80%
C14	Incumplimiento de funciones	1	1.05%	91.58%	80%
C15	Orden y limpieza	1	1.05%	92.63%	80%
C16	Fuga de cloro	1	1.05%	93.68%	80%
C17	Estrés laboral del personal	1	1.05%	94.74%	80%
C18	Residuos peligrosos	1	1.05%	95.79%	80%
C19	Falta de monitoreo en el proceso	1	1.05%	96.84%	80%
C20	Falta de planificación de los procesos	1	1.05%	97.89%	80%
C21	Falta de control de reactivos	1	1.05%	98.95%	80%
C22	Falta de cátodo móvil (mercurio)	1	1.05%	100.00%	80%
TOTAL		95			

Los números de causas en **tabla 3**, son recogidas de las informaciones anteriores de los tres primeros meses del año 2019 recogidas mensualmente de la planta química.

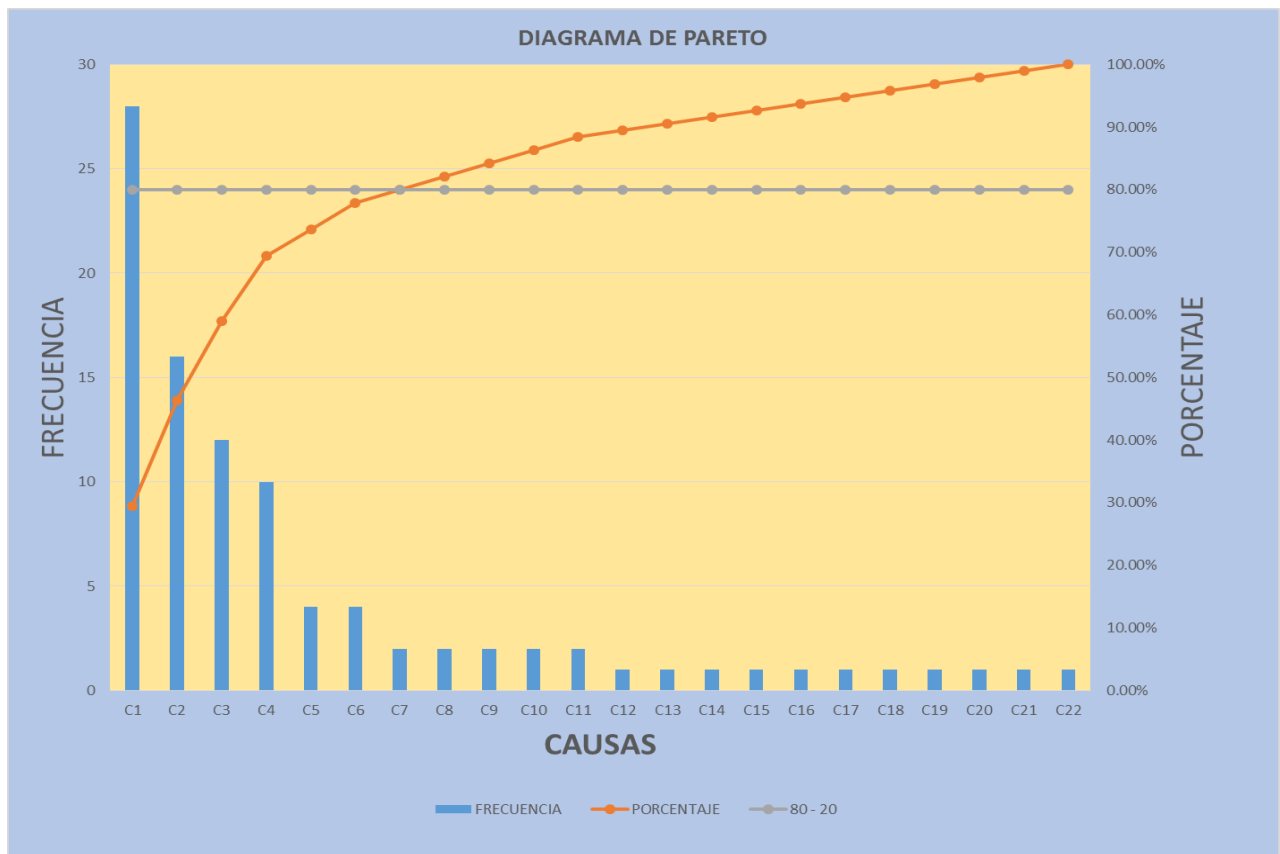


Figura 9. Diagrama de Pareto, prioridades.

El diagrama muestra que las primeras seis causas representan el 80% de los problemas que se presentan en la planta, indicando así los más críticos. Por tal razón se presenta el estudio de mejora continua mediante la aplicación del TPM para reducir los tiempos no programados de paralización de la planta y en consecuencia incrementar la productividad en la empresa Quimpac.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Internacional

VÁSQUEZ Y OSCAR (2016). Impacto del TPM en el desempeño operativo de las empresas industriales del sur de Tamaulipas. El objetivo de la investigación consistió en conocer el impacto directo en el desempeño operativo del mantenimiento de las empresas que han aplicado las prácticas fundamentales del TPM. Estudio Exploratorio. Los resultados indican el cumplimiento de las cuatro hipótesis formuladas, siendo las mismas: 1.- el mantenimiento autónomo y la planificación del mantenimiento; 2.- la cultura integradora; 3.- la tecnología y 4.- el TPM impacta positivamente en el desempeño operacional del área de mantenimiento. Los autores concluyeron que las dimensiones de las prácticas del TPM planteadas tienen un impacto

positivo en el desempeño operativo. La investigación fue un aporte demostrativo de las ventajas del TPM para la planificación y organización del mantenimiento en las organizaciones, logrando resultados favorables en su implementación. (p. 37)

RODRÍGUEZ (2017). Implementación del programa TPM – HPS como herramienta de mejoramiento en las líneas de envase sachet de la empresa Henkel colombiana S.A. Planta Bogotá. El objetivo propuesto en la investigación el de implementar los pilares básicos de la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro de la estrategia corporativa Henkel Productive System (HPS) con el fin de mejorar el comportamiento de los indicadores de producción del área de sachet y corregir las causas que generan las paradas que afectan el proceso de producción. La metodología utilizada fue investigación aplicada. Los resultados indican que después de la implementación mejoras en el indicador O.E.E. el cual paso de 80% a 84%, validándose las mejoras obtenidas en el área de sachet. El autor concluyo que mediante la implementación de la metodología de mantenimiento productivo total, se logró aumentar el índice de producción, disminución de las horas de fallas de las máquinas, así como disminución en las horas de preparación del etiquetado. (p.31)

Cardona (2015). Estudio de casos de implantación exitosa de TPM en industrias ubicadas en el eje cafetero y norte del Cauca. El objetivo de la investigación fue verificar la eficacia del mantenimiento productivo total como filosofía para mejorar la productividad y contribuir en la competitividad de empresas globales. La verificación se realizó en dos empresas, una dedicada al sector en la producción de helados y jugos; y otro industrial tipo metalmecánica; ambas con amplio mercado internacional con sistema de TPM implantado. La metodología empleada es de enfoque cuantitativo tipo de investigación descriptiva. En la empresa alimenticia los resultados arrojaron disminución de los tiempos muertos e incremento de la productividad; lo que generó como consecuencia reducción de costos por mantenimiento. En la empresa metalmecánica concluyó que el resultado más notorio se refleja en la satisfacción del personal, en una planta limpia y ordenada; un agradable ambiente laboral; y a nivel de productividad se logró un incremento del 10% y las fallas de los equipos se redujeron a un 5%. Concluyó que una de las empresas aplicó inicialmente el TPM en la totalidad de la planta, encontrándose con una situación insostenible; posteriormente seleccionó una línea en la cual se realizó la implantación exitosamente. Por otra parte, la empresa metalmecánica implantó el TPM en toda la planta logrando resultados exitosos; la diferencia radica en que ésta última ya tenía una base implantada de mejora continua y el personal ya se desenvolvía en esa cultura.

Por tal razón corrobora que la implantación de la filosofía del TPM, es recomendable aplicarla de manera parcial como piloto, ya sea en una maquinaria o línea de producción. La investigación citada muestra aportes sobre la implementación del TPM con énfasis en la disminución de las paradas no planificadas, siendo una de las causas principales que origina en el descenso de la producción de la empresa objeto de estudio. (p. 29)

Mansilla (2013). Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una industria nacional. El propósito de la investigación fue la implementación del paso 5 del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en dos líneas de producción de chicle de la Industria de Alimentos Dos en Uno: línea 1, correspondiente a chicle masticable sin azúcar, y línea 2, chicle hinchable con azúcar. El estudio de enfoque cuantitativo descriptivo experimental, dio como resultados una reducción en los defectos de calidad en los productos no conformes e incremento de producción de primera calidad (línea 1: 57 % y línea 2: 82 %); se disminuyó las paradas de equipos por fallos de proceso (línea 1: 54 % y línea 2: 2%), cantidad de fallos en el área de calidad (línea 1: 68 % y línea 2: 45 %) y la variación de medida, la causa principal de los fallos (línea 1: 13 % y línea 2: 27 %). Se concluye que se realizó una inspección inicial de la producción en las líneas de producción seleccionadas, demostrándose a través de un análisis estadístico que el proceso estaba en malas condiciones y se debían modificar sus valores, por lo tanto, una vez implementado el paso 5 de la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) (estandarización del proceso) se redujo las pérdidas de fabricación de chicle e incremento de la producción de buena calidad. La investigación descrita permite evidenciar que no es necesario la implementación de toda la metodología, ya que a través de uno de sus pasos se logran resultados satisfactorios (p. 31).

Para Marín y Martínez (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM.

La metodología de la investigación es descriptiva, explicativa y experimental, ya que se describe y se explica las causas por la que sucede algún problema o fenómeno, asimismo se aplica una herramienta de mejora para tener una consecuencia en la eficiencia. En el desarrollo de la propuesta se logra establecer la aplicación de TPM, además se logra que las operarias tengan un ritmo normal de trabajo y comprometidos, además se hicieron capacitaciones al personal de los cambios implantados. Como resultado de la investigación se prevé que mediante la aplicación de TPM, en los pilares de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, por ende, la eficiencia se verá afectada de manera positiva, con la metodología propuesta en el

área de producción, la eficiencia antes era de 57% y en el después es de 78%, además en las operaciones del área de corte, la eficiencia antes era de 62% y en el después es de 74%. En conclusión, la implementación de la metodología de TPM, donde permitió la mejora de distintos procesos en la empresa, buscando la adecuada realización de los procesos cumpliendo los parámetros establecidos, para obtener los niveles de eficiencia óptimos. (p. 30).

1.2.2. Nacional

García y Alfonso (2011). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM). El objetivo planteado en la investigación fue proponer la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para una empresa que elabora alimentos balanceados. Estudio cuantitativo, explicativo, obtuvo los siguientes resultados: ausencia de indicadores que midan la capacidad real producción de la planta, falta de estandarización de sus procesos y falta de mantenimiento de sus equipos y maquinarias con los que trabaja. Se concluye que se desarrolló un plan de mejora que integraba como propuestas: 1.- implementación de un sistema de gestión de mantenimiento asistida por ordenador (GMAO), 2.- método para clasificación de la merma, 3.- trabajos de mantenimiento autónomo, 4.- implementación de las 5S, 5.- programa de capacitación en temas operativos, calidad y seguridad para los colaboradores y 6.- Estandarización de procesos. Así mismo posterior a la implementación se obtuvo un ahorro promedio mensual de S/. 6,731.60 para una inversión inicial de S/: 30,612.63. La investigación sirve de apoyo, ya que demuestra la importancia del diagnóstico inicial con el fin de detectar las causas de la baja producción y que elementos optimizar (p.34)

Para González (2017). Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para la reducción de costos de la empresa Cosmos Agencia Marítima S.A.C. El objetivo de la investigación fue aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) para las embarcaciones de bahía de la empresa Cosmos Agencia Marítima S.A.C. La metodología utilizada fue investigación aplicada. El autor concluyo que se logró generar un nuevo plan de mantenimiento orientado a la optimización de los recursos del área de mantenimiento, proyectándose a partir de su aplicación una reducción de costos. De igual manera se logró realizar una mejora en el proceso de mantenimiento a través de la identificación del análisis de las actividades en el proceso de mantenimiento (p 37)

Para MONTROYA y PARRA, Mejora de productividad en el área de producción de carteras mejorando la eficiencia de producción en una empresa de accesorios de vestir y

artículos de viaje. Tesis (Ingeniero Industrial): Lima. Universidad de San Martín de Porres (2010. 266 p)

La aplicación del proyecto de mejora exigió diversas inversiones tanto en tecnología como en las metodologías aplicadas, estas inversiones fueron en la aplicación de metodología de TPM para un incremento de la productividad. De acuerdo con el análisis de paradas de producción y con la adquisición de maquinaria y viendo los mismos tiempos de la mano de obra, se observó una disminución significativa en los tiempos de paradas de producción del producto patrón, de 110.05 min a 92.08 min, que equivale un 16% de mejora en la eficiencia de producción. Respecto al análisis de la aplicación de metodología de TPM, después de ejecutar las mejoras, se incrementó el 11%, lo cual indica que la mejora fue satisfactoria en corto plazo.

Para Jiménez, Yeiny. Aumento de productividad en línea de fabricación de brochas a través de la reducción de paradas. Tesis (Ingeniero de Producción), Universidad Simón Bolívar

A partir del levantamiento de información ejecutado, fue posible demostrar que hay una gran cantidad de problemas que pueden generar demoras a lo largo de toda la línea de fabricación de brochas, lo cual para buscar soluciones que mostraran resultados permanentes, se hizo el enfoque al mantenimiento planificado. Cualquier falla en el equipo es una demora y lo que la empresa desea es reducirlo en lo posible. Existen varios factores que influyen esta causa lo cual se identificó la necesidad planificar la pronta compra de herramientas y repuestos, al momento de paradas para una reparación o cambio de algún equipo o piezas sea en menor tiempo posibles y donde se incrementara la productividad (2010. 74 p)

Para Vásquez y Oscar (2016). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Total para Incrementar la Disponibilidad de la Maquinaria Pesada en Municipalidad Provincial Cajamarca, 2016. La investigación planteó como objetivo la realización de una propuesta de mantenimiento total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad provincial de Cajamarca. La metodología de la investigación fue aplicada, basada en un estudio descriptivo con un enfoque no experimental. Se concluye que el 54% del área estudiada estaban inoperativos los equipos en función de los días operativos. Mediante la implementación del TPM haciendo una inversión inicial de 237.014 S/. Comenzando con un diagnóstico para los equipos y maquinarias, así como de las necesidades del departamento de mantenimiento, a través de la implementación de fichas (siendo el procedimiento adecuado) para el registro de las actividades de mantenimiento, se obtuvo una mejora en el proceso de

mantenimiento cercana al 40%. Otra de las conclusiones a las que el autor llega es que mediante la implementación de esta propuesta hubo un incremento del 94% de las horas productivas de las unidades. Pasado un mes de la implementación se logró evidenciar variaciones en los indicadores sugeridos siendo estas: incremento de horas operativas (40%), reducción en los tiempos de reparación (27%), incremento del tiempo medio de falla (47%). El análisis de costo beneficio arrojó un VAN mayor de 0 y de S/. S/. 711, 432.01 nuevos soles en un periodo de 5 años, de igual manera un TIR de 88% superior a la tasa COK en 3.96% y un IR cercano al 4.08, lo que demuestra la factibilidad y rentabilidad del proyecto (p. 40).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés) se sustenta en base al pensamiento japonés "Mantenimiento al primer nivel", el cual plantea la implementación actividades y tareas de mantenimiento pequeñas como son: tareas de inspección, tareas de reglaje, tareas de reemplazos pequeños, entre otras, con la finalidad de proporcionar al responsable del área de mantenimiento información relevante la cual es requerida por las demás tareas y actividades para estas últimas se ejecuten en las mejores condiciones y con un mejor conocimiento (Muñoz, Diego 2007 citado por Guevara y Tapia. 2015, p. 9). Esta filosofía indica que el mantenimiento debe orientarse al mantenimiento de instalaciones en un mejor estado, productivo que se refiere al incremento de productividad de la empresa y total referido al involucramiento de todos los colaboradores de la empresa en el proceso.

Para Nakajima (1991) citado por Delgado y Parra (2010):

La innovación principal del TPM radica en que los operarios se hacen parte del mantenimiento básico de su propio equipo, mantiene sus máquinas en buen estado, optimizando su funcionamiento y desarrollando la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que se causen las averías o daños (p. 19).

Donde plantea que en la actualidad el TPM se considera como uno de los sistemas fundamentales orientados al logro de la eficiencia total en la organización, con el fin de alcanzar la competitividad total, en base a la eficiencia en calidad, tiempo y costos de producción.

El TPM se enmarca en el manejo de procedimientos técnicos y actuaciones para garantizar que las máquinas, las instalaciones y la organización puedan desarrollar sus objetivos y metas, basado en un plan de producción hacia la mejora continua (Muñoz, D. 2007 citado por Guevara J. y Tapia E. 2015, p. 9). El compromiso es de cero defectos, cero accidentes y cero

paradas de máquina con la finalidad de mejorar la eficacia del proceso productivo, teniendo como fortalezas la reducción de costos y stocks para de esta manera mejorar la productividad.

Para Acuña (2003). Expone que el TPM también hace énfasis en la concientización de los colaboradores para lograr de estos la ejecución de labores de mantenimiento. La Figura 10, indica la posición del autor, indicando que el mantenimiento debe ejecutarse de forma jerárquica, pues depende del grado de conocimiento de las personas y su nivel crítico. En este sentido se deben dar cinco niveles que inician con los problemas más simples hasta alcanzar los problemas más complejos. El apoyo del proveedor está ubicado al final de la pirámide.

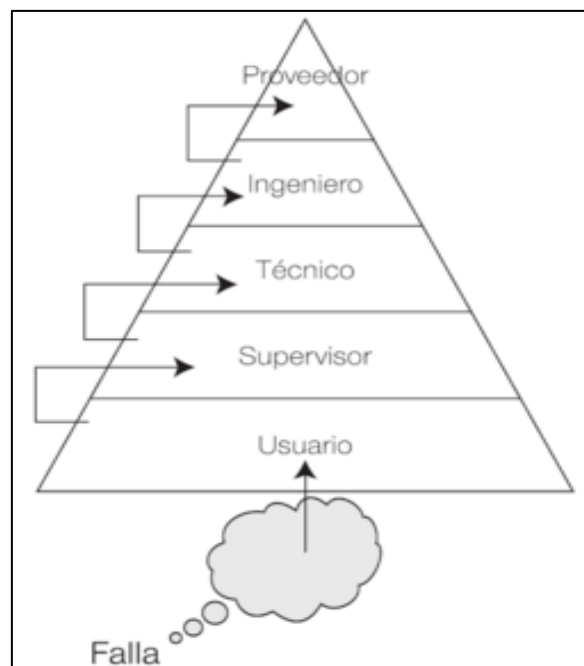


Figura 10: Pirámide de solución jerárquica de fallas.

Fuente: Acuña (2003)

En el mismo orden de ideas, el autor plantea que otra de las bondades del TPM es que se mejora la operación, mediante la eliminación de las paradas innecesarias de la producción, lo que se considera como la forma correcta de hacer que sea más eficiente el mantenimiento, a través de actividades planificadas y programadas, así como el manejo del inventario de forma eficaz. También se busca lograr mantener los estándares y la búsqueda de la mejora por medio de la participación diaria de la organización (p. 49).

1.3.2. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Para NAKAJIMA, Seiichi (1991) citado por Tuesta, Jehyssone (2014, p. 15) el TPM, de acuerdo al Japan Institute For Planning Maintenance (JIPM), plantea cinco objetivos:

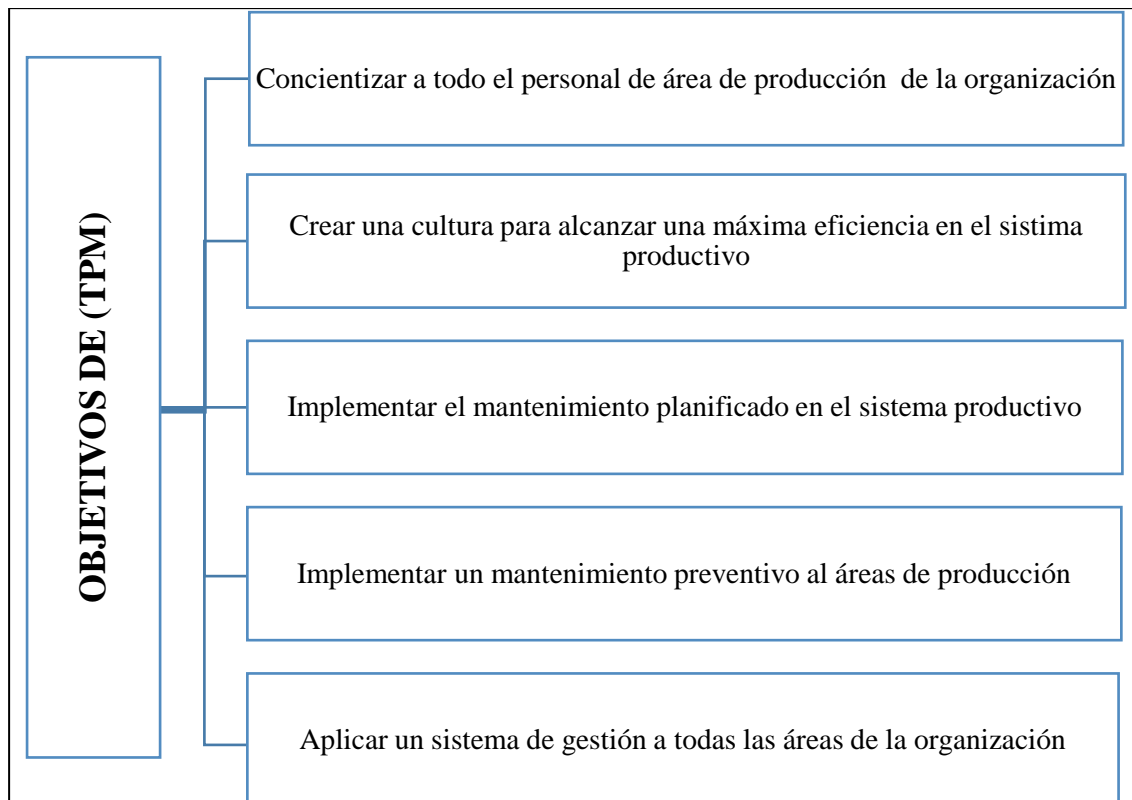


Figura 11. Objetivos del TPM.

Fuente: Elaboración propia

1.3.3. Beneficios Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Con la implementación del TPM, se puede alcanzar la diferencia de una organización respecto a otras organizaciones incluyendo a la competencia, pues se obtiene una significativa reducción de costos, un mejor tiempo de respuesta, mayor confiabilidad en los suministros, un nivel elevado de conocimiento y aprendizaje en los colaboradores, así como un incremento de productividad y de alta calidad del producto final de la empresa.

En la **figura 12**, se observa los beneficios del TPM en la organización, la seguridad y la productividad.

LA ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejoras en su ambiente de trabajo. ✓ Buen manejo del control de las operaciones. ✓ Compromiso organizacional por parte de los trabajadores. ✓ Se crea una cultura basada en la responsabilidad, la disciplina y el respeto por las normas. ✓ Aprendizaje continuo. ✓ Ambientes laborales con alta participación, colaboración e incremento de la creatividad ✓ Canales de comunicación eficaces.
LA SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora las condiciones ambientales. ✓ Se crea una cultura de prevención ✓ Aumento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas. ✓ Internalización del porqué de algunas normas en lugar de como hacerlo. ✓ Prevención y disminución de factores de riesgo. ✓ Eliminación de las fuentes de contaminación y polución.
LA PRODUCTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción y eliminación de pérdidas que afectan la productividad. ✓ Mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. ✓ Reducción de costos de mantenimiento. ✓ Incremento en la calidad del producto final. ✓ Reducción de los costos financieros por recambios. ✓ Mejoras tecnologías en la empresa. ✓ Incremento en la capacidad de respuesta respecto a los movimientos del mercado.

Figura 12. Beneficios del TPM.

Fuente: Elaboración propia.

Para mantener en el tiempo estos beneficios en la organización debe crearse un ambiente adecuado por medio de tres puntos fundamentales:

- (a) Un compromiso por parte de la dirección y gerentes de la organización.

- (b) Una difusión de la información de manera correcta y adecuada en todos los niveles y áreas de la organización respecto al nuevo del plan y los resultados esperados.
- (c) Debe prevalecer la delegación de las responsabilidades en el proceso de toma de decisiones.

1.3.4. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Según Nakajima, Seiichi (1991) el Japan Institute For Planning Maintenance (JIPM) propone que el TPM debe estar soportado en pilares que sirven de apoyo para la construcción ordenada de los sistemas de producción. La implementación debe realizarse en base a una metodología que debe ser disciplinada, efectiva y potente.

1.3.4.1. Mejoras Enfocadas

Son las actividades realizadas con participación de distintas áreas las cuales deben estar comprometidas con proceso de producción cuyo único objetivo es el de la maximización en la efectividad de todos los equipos, los procesos y las plantas, a través de un trabajo que se debe organizar mediante equipos funcionales e inter funcionales, con una metodología específica y que se centre la atención en la erradicación y la eliminación de las pérdidas que existen en la actualidad.

La manera más efectiva para la ejecución de este pilar es a través del Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar). La **Figura 13**, indica la ejecución de dicho proceso.

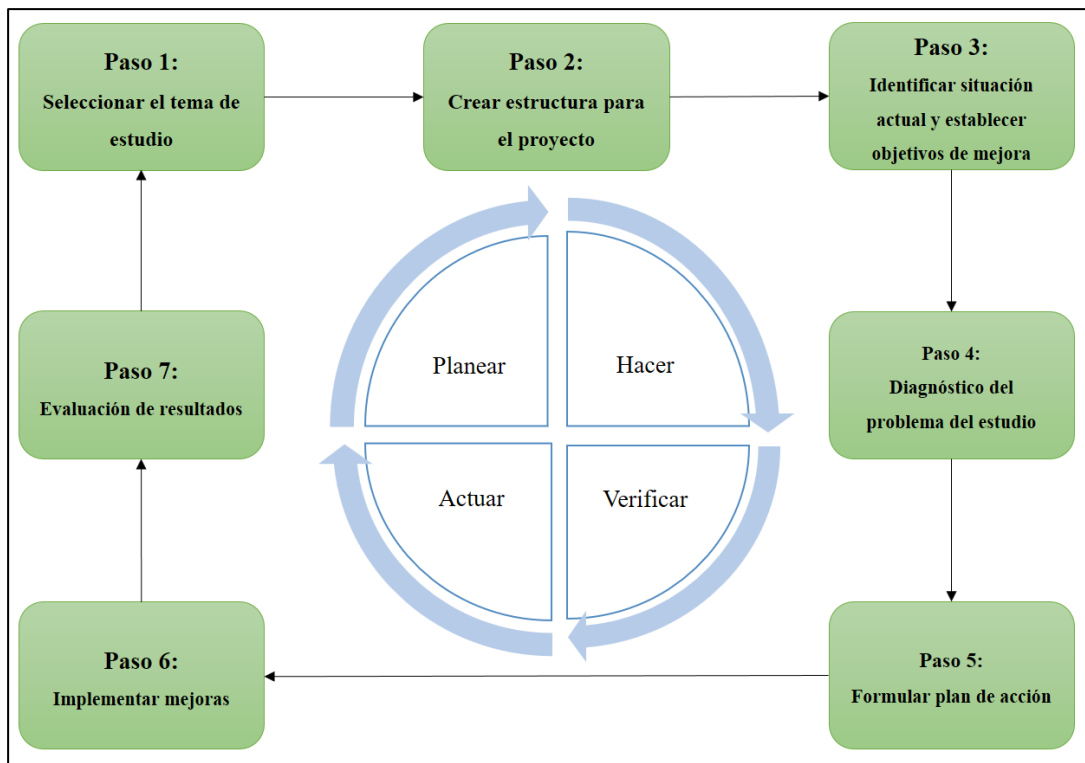


Figura 13. Cielo deming o PHVA.

Fuente: Nakajima, Seiichi (1991).

1.3.4.2. Mantenimiento Autónomo

Para Cuatrecasas y Torrel (2010), el mantenimiento autónomo tiene su base en el conocimiento que posee el operador para controlar el comportamiento de los equipos: aspectos mecanismos, aspectos operativos, actividades de cuidado y de conservación, control y manejo de las fallas, entre otras. En función de este conocimiento el operador comprende lo importante que es la conservación en las condiciones operativas de trabajo, lo importante de la ejecución de las inspecciones de prevención, la participación de manera activa en los análisis de los problemas y la ejecución de las labores de mantenimiento liviano en una primera fase, para que de esta manera este asimile en un proceso progresivo las acciones de mantenimiento de mayor complejidad.

Este mantenimiento está compuesto por diferentes actividades que se desarrollan diariamente por los operadores en los equipos asignados e incluyen siendo estas la inspección, la lubricación, la limpieza, las intervenciones de menor complejidad, los cambios de herramientas y piezas, a través del análisis y estudio de las posibles acciones de mejoras, todo con el fin de aportar soluciones a los problemas que puede presentar el equipo, así como de las acciones conducentes a crear condiciones de funcionamiento mejores. Estas actividades

deberán ser ejecutadas a través de estándares que han sido establecidos previamente a través de la colaboración de los propios trabajadores. Por lo tanto, se debe dar la capacitación y el entrenamiento a los operadores, para que obtengan los conocimientos requeridos para el control y dominio del equipo a operar (p. 38).

1.3.4.3. Mantenimiento Planificado o Progresivo

Según Cuatrecasas y Torrel (2010). Este mantenimiento tiene como objetivo la eliminación, a través de acciones de mejora, de prevención y de predicción, de las causas que ocasionan problemas en el equipo. Para ello es necesario poseer una base de datos de donde se puede obtener el conocimiento a partir de estas, y entonces realizar la programación de los recursos, el desarrollo de mantenimiento basado en tecnología, para de esta manera lograr la coordinación y la motivación en los operarios responsables de dichas actividades.

Este mantenimiento no se puede confundir con el mantenimiento preventivo, ya que este último se orienta a la prevención al aparecer las fallas, detectándolas antes de que ocurran y así lograr corregirlas en el momento para así evitar daños a los equipos. El mantenimiento preventivo se guía por los manuales elaborados por fabricante del equipo y la experiencia, puesto que en los manuales se da la indicación de los cambios periódicos de las partes según las características de su funcionamiento estándar.

El mantenimiento planeado por su parte consiste en un mantenimiento auto dirigido, pues está basado en una serie de actividades sistematizadas cuyo objetivo es el de construir y mejorar de manera continua el proceso, por medio del análisis progresivo los factores y de los resultados, con el uso del método científico que busca la situación o causa que originó la falla.

El fin último de este mantenimiento es lograr en el operario la capacidad de diagnosticar la falla y que las identifique a través de etiquetas con formas, con números y con colores específicos en la máquina que opera, esto con la finalidad de que al llegar el mecánico a realizar la reparación este se dirija directo a la falla para su eliminación. Se ha comprobado la efectividad del sistema de etiquetas a través de formas, de colores y de números puesto que para el mecánico y el operario les es más fácil y rápido la ubicación y visualización de la falla (p. 43).

1.3.4.4. Mantenimiento de Calidad

Para Gómez (2011). El fin último de este tipo de mantenimiento es la mejora de la calidad del producto con la reducción de las variaciones a través del control en las condiciones de los

componentes y de los equipos que dan un impacto importante y directo en la calidad del producto. Puede ser considerado una especie de mantenimiento preventivo, siendo su prioridad el cuidado y control de las condiciones en el producto final.

No se debe confundir con la implementación de herramientas control de calidad como son: sistema ISO, control estadístico del proceso o mejora continua. El objetivo es la ejecución de actividades de mantenimiento orientadas al cuidado que requiere al equipo para que este no genere defectos y fallas en la calidad del producto, apoyándose en las certificaciones de cumplimiento de condiciones de cero fallas de las máquinas y equipos. Así mismo se busca la detección, mediante la observación, en las variaciones que se pueden generar en las características de las máquinas y equipos para de esta manera lograr una prevención de los defectos y poder tomar las decisiones y las acciones anticipadamente a una situación potencial de anomalía, ejecución de estudios de ingeniería de las máquinas y los equipos con el fin de hacer la identificación de aquellos elementos que generan una incidencia alta en la calidad del producto final a través de un control en los elementos identificados para su intervención (p. 33).

1.3.4.5. Prevención del Mantenimiento

Para Gómez (2011). Consiste en todas aquellas actividades orientadas a la mejora, las cuales se ejecutan dentro de la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos. Se busca con ello una reducción en los costos de mantenimiento en el proceso de producción. Este mantenimiento se basa la teoría de la fiabilidad, que tiene un basamento en las bases de datos referidas a frecuencia de las averías y frecuencia de las reparaciones.

1.3.4.6. Mantenimiento en Áreas Administrativas

Según Gómez (2011). Consiste en actividades dirigidas a las áreas de planificación, administración y desarrollo, pues éstas son áreas de apoyo logístico de operaciones, producción y mantenimiento para que ejecuten de manera eficiente y así evitar pérdidas, hacer inversiones de costos necesarios y con el fin de que el producto final este en los estándares de calidad. El apoyo de estas áreas se basa en la entrega oportuna de información (p. 32).

1.3.4.7. Entrenamiento y Desarrollo de Habilidades de Operación

Para Gómez (2011). una implementación exitosa del TPM se requiere de trabajadores con habilidades y destrezas para la identificación y detección de los problemas y fallas en las máquinas y los equipos, capacidad de comprensión del funcionamiento de dichas máquinas y equipos, comprender la relación que existe entre proceso de producción del equipo y las

características de calidad del producto terminado, poder analizar para dar solución a los problemas en el funcionamiento y las operaciones, habilidades de captación, retención y transmisión del conocimiento, y destrezas para el trabajo cooperativo con las áreas que se relacionan con los procesos de producción. Es por ello que la empresa debe invertir en los programas de capacitación y desarrollo de sus trabajadores, pues esto garantizará la efectividad de la implementación y duración en el tiempo del TPM (p. 34).

1.3.4.8. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

Según Gómez (2011). La intensión de este pilar es la creación y mantenimiento de un sistema que permita ambientes laborales con cero accidentes y sin evidencias de contaminación. El objetivo final es el logro de áreas de trabajo confortables y seguras, con la implementación de los métodos diseñados en los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, todo con la finalidad de evitar y prevenir accidentes de trabajo. Se busca que los trabajadores estén en capacidad de realizar acciones denominadas inseguras para de esta manera prevenir y evitar la ocurrencia de accidentes, a través del mantenimiento de adecuadas condiciones de higiene y de las áreas de producción. Otro de los enfoques de este pilar es la protección y conservación del medio ambiente (p. 36).

1.3.5. Fases para la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El TPM se ejecuta en cuatro fases, descomponiéndose en doce etapas que van desde la decisión de aplicar la herramienta hasta la consolidación de la implementación. Cada una de estas etapas está fundamentada en la implantación de los sistemas de calidad, cuya aplicación al mantenimiento es mediante el TPM.

Tabla 4. Fases de implementación de TPM

FASES	ETAPAS
preparación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anuncio de la gerencia de la organización sobre la decisión de implementar TPM 2. Campaña educacional introductoria sobre el TPM 3. Estructura publicitaria de TPM 4. Establecer política y metas para el TPM
introducción	<ol style="list-style-type: none"> 5. Establecer política y metas para el TPM 6. Lanzamiento introductorio
implementación	<ol style="list-style-type: none"> 7. Mejoramiento de efectividad del equipo 8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo 9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado 10. Capacitaciones para mejorar las operaciones del mantenimiento 11. Desarrollar un programa de gestión de implementación de TPM
consolidación	<ol style="list-style-type: none"> 12. Consolidación de TPM y mejora de los objetivos trazados con la productividad

Fuente: Elaboración propia

1.3.6. Productividad

Para Gutiérrez (2010) “la productividad está relacionada con las consecuencias resultantes de un proceso o sistema; no tiene representación una medida de la producción ni de la cantidad de productos fabricados. En ese sentido, la productividad se mide por la relación a partir de los recursos para lograr resultados favorables, pudiendo medirse los resultados obtenidos en cantidades producidas o utilidades y los resultados empleados en cantidad de trabajadores, horas hombre, horas máquina”. Para este autor la productividad se mide en dos componentes de eficiencia (tiempo útil y tiempo total) y la eficacia (unidades producidas entre unidades programadas). (p.21).

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

Según Krajewsky, Ritzman y Malhotra (2008) “la productividad representa una medición indispensable en el desempeño de cualquier organización, la economía y en los procesos. (2008) “es el resultado de la relación del valor de los productos y el valor de los recursos”.

En esta investigación la productividad se calculará a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

Para Vélez (2004), “la productividad de una organización o proceso mejorará mediante el incremento del tiempo disponible en el sistema de producción, para lo cual se requiere disponer de plantas de producción, equipos e instalaciones que sean seguros y confiables; dejando así una clara relación entre productividad y el mantenimiento productivo total”. (pág. 36).

1.3.7. Factores de Productividad

Para García (2011) la productividad es primordialmente una herramienta semejante. Asume gran jerarquía en lo acertado al ascenso de los detalles de vida del personal envuelto, el cual es el elemento definitivo de la competitividad, la productividad es ocuparse más talentosamente, no ocuparse en carácter más perduto. (p.23).

Los factores que incurren en la productividad son diversos,

Sin embargo, pueden clasificarse en dos factores internos y factores externos, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Factores de la productividad

FACTORES INTERNOS	Factores duros o difícilmente modificables	Los productos
		La planta y equipos
		La tecnología
		Las materias primas
		La energía disponible
	Factores blandos o flexibles	El personal
		La organización y sistemas
		Los métodos de trabajo
		Los tipos de dirección y control
FACTORES EXTERNOS	Son de incomparable idiosincrasia, el compromiso con su relación con el medio cultural y financiera	Los requerimientos
		Conciertes ordenados
		Bolsa mundial
		Regímenes de gestión legal
		Instalaciones generales

Fuente: Elaboración propia

1.3.8. Eficiencia

La eficiencia es la relación entre los recursos alcanzado realmente en la meta y los recursos utilizados. El indicador de la eficiencia en realidad expresa que los recursos que han sido utilizados adecuadamente en el tiempo establecido (García, 2011, p.17).

La eficiencia consiste en optimizar los recursos procurando que se aprovechen al máximo. Al optimizarse la productividad se optimiza la eficiencia, es decir se disminuyen o eliminan los despilfarros; las paradas por fallas de los equipos, falta de materia prima o insumos, costos, entre otros. (Gutiérrez, 2014, p. 20).

$$Eficiencia = \frac{\text{recursos alcanzados}}{\text{recursos utilizados}}$$

En la presente investigación se trabajará con el planteamiento de Garcia, 2011) para el cálculo de la eficiencia. En este caso se busca la reducción de los tiempos de paradas de los equipos de las bombas y motores través de la eficiencia medidas por medio de la siguiente relación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo de operación del equipo}}{\text{Tiempo programado del equipo}}$$

1.3.9. Eficacia

La eficacia es la relación que existe entre la producción real y la producción estimada o planificada. Mide la manera en cómo la organización logra sus metas en un tiempo determinado. (García, 2011, p.17).

La optimización de la productividad permite optimizar directamente la eficacia. En ese sentido, es la capacidad de obtener los resultados deseados. (Gutiérrez, 2014, p.20)

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Cómo influye la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el incremento de la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019?

1.4.2. Problemas específicos

Problema específico 1:

¿De qué manera la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementara la eficiencia en el área de Planta Química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019?

Problema específico 2:

¿De qué manera la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementara la eficacia en el área de Planta Química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Justificación técnica

La presente investigación es de gran importancia en la industria para el mantenimiento de la empresa Quimpac S.A, de rubro de productos químicos, donde se dará a conocer de manera técnica el procedimiento adecuado de ejecutar las actividades de mantenimientos realizados, mediante la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para minimizar las fallas e incrementar la productividad de los equipos en la línea de producción de soda caustica.

1.5.2. Justificación económica

La investigación permitirá incrementar la productividad de la empresa a través de la reducción de los tiempos de las paradas diarias de los equipos. Se reducirán los costos de mantenimiento y los diferentes recursos empleados en las paradas no planificadas de los equipos y en consecuencia aumentar las horas de funcionamiento de los equipos.

De la misma manera se capacitará en dos pilares de TPM como son: Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado a todo el personal involucrado en el área de producción de soda cáustica, que incluye operaciones, mantenimiento operativo; así como a los operadores del área de celdas electrolíticas.

1.5.3. Justificación social

La investigación motivará a los trabajadores el interés sobre la importancia de TPM como herramienta para mejorar los equipos en el área de celdas electrolíticas. Así de esta manera mejorará las condiciones de trabajo y mejorar el clima laboral en el área de celdas, en consecuencia, puedan ser más eficientes en sus operaciones. De la misma manera, se minimizarán tiempos perdidos por paralizaciones en los equipos debido a fallas, mejorando continuamente, así brindando un servicio de calidad donde todos hayamos logrado con el objetivo.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementará la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.

1.6.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementará la eficiencia en el área de Planta Química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.

Hipótesis específica 2:

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementará la eficacia en el área de Planta Química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.

1.7. Objetivo

1.7.1. Objetivo general

Evaluar cómo la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.

1.7.2. Objetivos específicos

Problema específico 1:

Analizar como la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la planta química en la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.

Problema específico 2:

Analizar cómo la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la planta química en la empresa QUIMPAC, Callao, 2019.

II. Método

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Cuando se empieza el capítulo de la metodología lo primero que se encuentra el investigador es la definición del tipo de investigación que desea ejecutar. La selección del tipo de investigación establecerá los pasos a seguir del estudio, sus técnicas y métodos que puedan emplear en el mismo. En general determina todo el enfoque de la investigación influyendo en instrumentos, y hasta la manera de cómo se analiza los datos recaudados. Así, el punto de los tipos de investigación en una investigación va a constituir un paso importante en la metodología, pues este va a determinar la orientación del mismo.

Para el presente trabajo de investigación, se le define como:

2.1.1.1. Según su finalidad

La presente investigación es una investigación aplicada, pues busca aplicar teorías existentes a procesos industriales el cual se enfoca en la solución del problema real. De acuerdo a Lozada (2014), tiene por objeto la generación de conocimiento aplicando de forma directa la investigación en los problemas que se presentan en la sociedad o en un sector productivo. Se fundamenta en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, pero realiza el enlace entre la teoría y el producto. Son estudios que aportan un gran valor agregado, ya que se basa en la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica

2.1.1.2. Según el carácter, nivel o profundidad

La investigación a desarrollar es explicativa, pues pretende explicar la relación existente entre las variables de estudio con el fin de su estructura y los aspectos que intervienen en la dinámica de aquéllos. Para Hernández, Fernández y Batista (2014), el interés de la investigación explicativa es el de explicar la ocurrencia de un fenómeno y en las condiciones que se manifiesta o por su relación con dos o Más variables.

2.1.1.3. Según su enfoque o naturaleza de la investigación

La investigación es cuantitativa, ya que el análisis de la información se fundamenta en aspectos observables y medibles, utilizando para ello pruebas estadísticas. Hernández, Fernández y Batista (2014) indican que la investigación cuantitativa es aquella que tiene por objeto analizar una realidad a partir de la generación de mediciones numéricas para ser analizados a través de

la estadística para de esta manera determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado.

2.1.2. Diseño de investigación

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño de investigación es el plan o estrategia preestablecida y que se sigue para lograr obtener la información requerida de la manera más específica posible dentro del proceso de investigación

Los tipos de diseño de investigación que se presenta se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 6. Tipos de diseños

Tipo de diseño de investigación	Comprende	Definición conceptual
Diseño experimental	Pre-experimental	Consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición en una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en estas variables.
	Cuasi experimental	Consiste en la escogencia de los grupos, en los que se prueba una variable, sin ningún tipo de selección aleatoria o proceso de pre-selección.
	Experimental puro	Es aquel en la que se manipula una o más variables independientes para observar los cambios en los variables dependientes de los posibles causas o efectos
Diseño no experimental	Transversal	“La investigación no experimental o expos-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”
	Longitudinal	Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, observando fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

Fuente: elaboración propia

La investigación se basa en un diseño es Cuasi- experimental, ya que se pretende probar el efecto que produce un determinado tratamiento, y se pretende intentar realizar las relaciones de causalidad entre las variables establecidas en el estudio (variable independiente y variable dependiente).

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variable independiente: TPM (Mantenimiento productivo total)

Definición conceptual

2.2.1.1. Definición conceptual

Según Cuatrecasas y Torrel (2010) el TPM se basa en un método que busca un provecho táctico a través del trabajo colaborativo de los trabajadores, mediante pequeñas actividades dirigidas a la mejora de la higiene y la seguridad, el control, programas de lubricación y reparación, p.78

2.2.1.2. Definición operacional

Mantenimiento productivo total (variable independiente). Esta metodología está conformada los pilares. Mantenimiento autónomo el cual es realizar las acciones de limpieza, inspección del equipo y entre otras labores del operario, y el mantenimiento planificado es controlado por el personal técnico del área de mantenimiento para mantener el equipo en buen estado de funcionamiento.

2.2.1.3. Dimensiones

Dimensión 1: Mantenimiento autónomo

Consiste en las actividades realizadas por el trabajador en las máquinas y equipos a los cuales es asignado diariamente, siendo estas: inspección, limpieza, toma de datos de parámetros, entre otras. Así mismo se busca que estudie y analice para aportar soluciones a los problemas que presenta el equipo en marcha. También se requiere que el operario ejecute acciones para mantener en excelentes condiciones el funcionamiento del equipo. Cuatrecasas y Torrel (2010) expresan que el operario que manipula el equipo está calificado para generar y mantener un buen funcionamiento, inspección y medidas preventivas del equipo, lo que agrega valor al proceso productivo en la reduciendo del tiempo y los costos de mantenimiento correctivo. P.86

Dimensión 2: Mantenimiento Planificado

Para Cuatrecasas y Torrel (2010) Consiste en aquellas actividades programadas que se son ejecutadas por el personal calificado en las actividades diarias de mantenimiento. Su objetivo es buscar que el TPM arroje cero defectos, deterioros y accidente. p.93

2.2.1.4. Indicadores y fórmulas de cálculo.

Índice de mantenimiento autónomo.

$$I. M. A = \frac{N^{\circ} \text{ Equipos inspeccionados}}{\text{total de equipos}}$$

Dónde:

M: Mantenimiento

A: Autónomo

Índice de mantenimiento planificado.

$$I. M. P = \frac{N^{\circ} \text{ Equipos con mto. preventivo}}{\text{total de equipos}}$$

Dónde:

M: Mantenimiento

P: Planificado

2.2.2. Variable Dependiente (VD): Productividad

2.2.2.1. Definición conceptual.

Para Gutiérrez (2010) “la productividad está relacionada con las consecuencias resultantes de un proceso o sistema; no tiene representa una medida de la producción ni de la cantidad de productos fabricados. En ese sentido, la productividad se mide por la relación a partir de los recursos para lograr resultados favorables, pudiendo medirse los resultados obtenidos en cantidades producidas o utilidades y los resultados empleados en cantidad de trabajadores, horas hombre, horas máquina”. Para este autor la productividad se mide en dos componentes de eficiencia (tiempo útil y tiempo total) y la eficacia (unidades producidas entre unidades programadas). (p.21).

2.2.2.2. Definición operacional

Productividad (variable dependiente). Una de las metas principales de esta filosofía de TPM es lograr que involucre la eficiencia y eficacia, gracias a esta metodología se podrá lograr el incremento de la productividad, logrando disminuir los tiempos muertos y la disminución de defectos.

2.2.2.3. Dimensiones.

Dimensión 1: eficiencia.

Se define como la relación existente entre los recursos que se alcanzan en la meta vs los recursos utilizados para dicho logro. Es un indicador que expresa la utilización correcta de los recursos dentro de un proceso productivo en un determinado periodo de tiempo (García, 2011). La eficiencia consiste lograr una optimización de los recursos con el fin de evitar desperdicios en los recursos. Al optimizar la productividad se está optimizando la eficiencia, es decir al reducir el despilfarro de los recursos utilizados, como lo son: la reducción de los tiempos, de las paradas de los equipos, la falta de materiales, los costos y entre otros (Gutiérrez, 2014. P.79)

Dimensión 2: Eficacia.

La eficacia es un índice que indica la relación entre los productos alcanzados a producir en la operación vs las metas previstas para los mismos. Expresa un buen resultado del cumplimiento o del logro de un producto o de un servicio en un determinado periodo de tiempo (Gutiérrez, 2014. P.85)

2.2.2.4. Índice y fórmulas de cálculos.

Índice de eficiencia.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Recursos alcanzados (util)}}{\text{Recursos utilizados (total)}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo de operación del equipo}}{\text{Tiempo programado del equipo}}$$

Índice de eficacia.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planificada}}$$

Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicadores	Fórmulas de cálculos	Escala de medición
Mantenimiento productivo total TPM (Variable independiente)	Para Cuatrecasas y Torrel (2010), el TPM se basa en un método que busca un provecho táctico a través del trabajo colaborativo de los trabajadores en sus actividades. (p.78)	Esta metodología está conformada por los pilares, mantenimiento autónomo el cual es realizar las acciones de limpieza, y el mantenimiento planificado es controlado por el personal del mantenimiento del área	Mantenimiento autónomo	Índice de mantenimiento autónomo (I.M.A)	$I.M.A = \frac{N^{\circ} \text{ Equipos inspeccionados}}{\text{Total de equipos}}$	Razón
			Mantenimiento planificado	Índice de mantenimiento planificado (I.M.P)	$I.M.P = \frac{N^{\circ} \text{ Equipos con mtto. preventivo}}{\text{Total de equipos}}$	Razón
Productividad (Variable dependiente)	Para Gutiérrez (2010) En ése sentido, la productividad se mide por la relación a partir de los recursos para lograr resultados favorables, pudiendo medirse los resultados obtenidos en cantidades producidas o utilidades y los resultados (p.21).	Una de las metas principales de esta filosofía de TPM es lograr que involucra la eficiencia y eficacia, gracias a esta metodología se podrá lograr el incremento de la productividad.	Eficiencia	Índice de eficiencia (I.E)	$I.E = \frac{\text{Recursos alcanzados}}{\text{Recursos utilizados}}$	Razón
			Eficacia	Índice de eficacia (I. Ef)	$I.Ef = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planificada}}$	Razón

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Tamayo (2012), indican que la población son todas las personas sujetos o elementos a ser estudiados tomando en cuenta sus características las cuales serán mostradas en el desarrollo de cualquier investigación. (p.147)

Donde se refiere a la cantidad de individuos o elementos en los cuales puede presentarse determinadas características posibles a someterse en un estudio y esto puede ser finito o infinito.

En este sentido, la presente investigación tendrá como población la producción de soda cáustica líquida al 50% de planta química de la empresa Quimpac S.A objeto de estudio, en donde se tomarán la producción de soda caustica líquida al 50% de concentración, químicamente conocido hidróxido de sodio, que se encuentra afectadas por falla de los equipos de sistema de producción en dicha planta, tomando en cuenta la producción los 30 días hábiles del mes sin cortar feriados ni fines de semana.

2.3.2. Muestra

La muestra es definida como un subgrupo de la población sobre el cual se recogerán datos “La muestra se extrae de la población, Asimismo es muy importante porque a través de estos realizaremos análisis de situaciones de una empresa (PARRALES, Verni y TAMAYO, 2012).” (p.52)

En la presente investigación por ser una población finita, manejable, y la muestra de tipo no probabilística, la muestra será igual a la población, es decir la muestra estará representada por la producción de soda caustica líquida al 50%, lo cual será evaluadas en 30 días. Por otro lado, la muestra es de tipo no probabilística ya que la elección de los elementos de la investigación no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación.

2.3.3. Muestreo

Ávila (2010, p. 89) Especifica el tipo de muestra que se emplea es de tipo no probabilístico, esto se da mediante la distribución de los elementos de estudio, donde dependerá de sus características o del criterio del estudiante que está investigando, de modo que carecen de confianza ante un estudio de investigación científica o tecnológico, es por ello que no muestra confianza en cada elemento de la población total que se selecciona como muestra.

En la presente investigación, como la muestra es igual a la población no es necesario realizar un muestreo, ya que el muestreo es la técnica por la cual se escoge a la muestra de la población.

2.3.4. Criterios de selección

2.3.4.1. Criterios de inclusión

En la presente investigación se tomará como criterio de inclusión la producción de soda caustica liquida al 50%, de planta química, donde este producto químico es con mayor demanda de todo los productos químicos de la empresa Quimpac S.A, que funcionen de lunes a domingo en el horario de 08:00 a 17:00 horas.

2.3.4.2. Criterio de exclusión

Por otro lado, como criterio de exclusión se considerará la producción de cloro gas, por tener poca demanda, donde se destina para otros derivados, es decir no es tan significativo porque es destinado para otros derivados a otras plantas.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

Según Valderrama (2013), sostiene que las técnicas de recolección de datos son las diferentes maneras o formas de conseguir información (p.194).

Para la ejecución de la investigación utilizaremos formatos de control para registros de las características de los variables, además de las fichas de control, que permitirán hacer un análisis comparativo de los indicadores presentados en la matriz de operacionalización de variables.

2.4.2. Instrumento.

Según PARRALES, Verni y TAMAYO, (2012), un instrumento de medición es un recurso utilizado por el investigador para registrar datos o información sobre las variables en estudio.

En la presente investigación para determinar el tiempo estándar del proceso se recurrirá al registro de los tiempos empleados en cada actividad. (p.65)

El instrumento de medición para la presente investigación son las check list y planillas de control diaria

Se utilizará para ingresar y guardar los datos de las horas máquina, tiempos de reparación, fallas de los equipos y entre otras cosas.

De esta manera se observará la muestra que hemos tomado y mediremos la eficiencia y eficacia en el área de producción de planta química de la empresa quimpac S.A.

2.4.3. Validación

Según PARRALES, Verni y TAMAYO, (2012, p.200), la validez es el grado en que un instrumento mide con exactitud la variable que busca medir.

Esta validación será verificada a través del Juicio de Expertos, en este caso tres ingenieros con el grado mínimo de Magister de nuestra casa de estudios.

Tabla 8. Juicio de expertos

EXPERTOS		CRITERIOS		
Apellidos y nombres	Pertinencia	Relevancia	Claridad	
Martínez Leguis Fernando	Si	Si	Si	
Bravo Rojas Leónidas	Si	Si	Si	
Pérez Hernández Víctor Ernesto	Si	Si	Si	

Fuente: Elaboración propia

2.4.4. Confiabilidad

Según Garcia, (2010) una pregunta que se debería hacer para establecer la confiabilidad de un instrumento de medición es ¿si se miden fenómenos o eventos una y otra vez con el mismo instrumento de medición, se obtienen los mismos resultados u otros muy similares? Si la respuesta es afirmativa, entonces se puede decir que el instrumento sí es confiable (p. 248).

Para determinar la confiabilidad se empleará el Alfa de Cronbach que se obtendrá a partir del empleo del software estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.

Los datos estadísticos que se utilizarán en el presente proyecto de investigación serán, datos reales recogidas de la empresa Quimpac S.A. conllevando así mi herramienta confiable.

2.5. Método de análisis de datos.

En el presente trabajo se empleará el método hipotético- deductivo, Asimismo, este proyecto es cuantitativo ya que se recolectará datos números actuales del área de celdas electrolíticas de la empresa Quimpac S.A, estos datos van a ser evaluados donde antes se realizará una evaluación de un antes y un después de la aplicación de mantenimiento productivo total (TPM)

Valderrama. S, (2013) sostiene, “Luego de haber obtenido los datos, el siguiente paso es realizar el análisis de los mismos para dar respuesta a la pregunta inicial y, si corresponde, poder aceptar o rechazar las hipótesis en estudio. El análisis a realizar será cuantitativo” (p. 229).

2.6. Aspectos éticos

Los aspectos éticos considerados en la presente investigación demuestran el respeto total a la propiedad intelectual, puesto que cada autor consultado ha sido debidamente citado bajo las normas ISO 690. Los datos de estudio que es la cantidad producida se mantendrán de acuerdo a los parámetros de calidad y a la veracidad de los resultados expuestos, además que va a beneficiar y mejorar el entorno del trabajador, impactara en tener una mejor relación entre la empresa y los trabajadores, por consiguiente, no afectara en contra de la moral de los trabajadores ni la sociedad que los rodea.

2.7. Desarrollo de la propuesta

2.7.1. Situación actual

QUIMPAC, inicia su trayectoria en el año 1964 con la producción y comercialización del producto químicos y refinería de sal para el consumo doméstico e industrial, en 1994 adquiere las salinas de Huacho y Otuma para asegurarse de materia prima para sus sedes en Perú, Ubicándose la sede central en la avenida Néstor Gambeta N.º 8485 Oquendo, Callao Lima Perú.

QUIMPAC, en cuanto el control y aseguramiento de calidad en todas sus líneas de producción está garantizado por su talento humano altamente capacitado para la obtención de los resultados analíticos, están basados en los lineamientos establecidos por el laboratorio central de la empresa donde el laboratorio es altamente equipado para otorgar garantía de resultados de la más alta calidad de los productos que ofrece Quimpac a sus clientes.

Todos los análisis efectuados de los productos terminados en el laboratorio permiten tener un sistema de trazabilidad desde la toma de muestras desde el almacén de los productos terminados con la finalidad de ganar la competitividad en el mercado de los productos químicos y mantener sus clientes nacionales e internacionales.

2.7.1.1. Situación actual de la empresa Quimpac S.A

QUIMPAC, es uno de los más grandes productores de sal y productos químicos del Perú, y uno de los cinco mayores productores de cloro-soda en Sudamérica. Posicionándose en el mercado nacional en la actividad minera no metálica y que comprende la producción y comercialización de sal para uso industrial y doméstico, derivándose del mismo la soda cáustica, cloro líquido, ácido clorhídrico, fosfato bicálcico, cloruro férrico, cloruro de calcio, hipoclorito de sodio y otros productos. Su éxito se refleja en sus cuatro plantas dispersadas al norte, sur y oeste.

QUIMPAC, en lo largo de la historia ha tenido crecimientos económicos, por ejemplo, los activos de la empresa se incrementaron en 2.9% con relación al cierre del año 2002, el cual se alcanzó en mes de septiembre la suma de s/ 478.4 millones, se debe al aumento principalmente al rubro de los activos fijos netos, el cual creció en s/ 17.1 millones, debido a la ejecución de programas de inversiones 2002 – 2004. Sus mejores mercados; es el mercado interno el cual consume el 70% de su producción y 30% es exportado al mercado externo como Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay, Paraguay, Venezuela, Centroamérica, los Estados Unidos y Canadá.

En sus principales clientes, tenemos los sectores que mantiene mucha influencia en territorio nacional, entre ellos:

Tabla 9. Principales sectores de clientes

N°	Sectores
1	Alimentos
2	Bebidas
3	Químico Farmacéutico
4	Textil
5	Petróleo
6	Papel
7	Minera
8	Plástico
9	Metalúrgico
10	Industrial

2.7.1.2. Política del sistema integrado de gestión de QUIMPAC S.A.

QUIMPAC S.A es una empresa industrial, dedicada a la producción y comercialización de sal para el consumo humano e industrial, soda caustica, cloro líquido, fosfato bicálcico, hipocloritos de sodio y calcio entre otros productos químicos.

Contamos con un sistema integrado de gestión (SIG) conformado por los sistemas de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional y BASC, y están comprometidos con lo siguiente:

Tabla 10. Principales políticas de gestión

Nº	Política de Gestión
1	Lograr la satisfacción de nuestros clientes, mediante el cumplimiento de los requisitos.
2	Proteger el ambiente mediante la prevención, control y mitigación de la contaminación ambiental.
3	Proteger la seguridad y salud de las personas que trabajan en Quimpac mediante la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales.
4	Cumplir con las normas legales vigentes aplicables a calidad medio ambiente, seguridad salud ocupacional y otros compromisos que suscribe la empresa.
5	Establecer las medidas de protección apropiada para prevenir actividades ilícitas (narcotráfico, contrabando, lavado de activos, entre otros) y garantizar el comercio seguro de nuestros productos.
6	Asignar los recursos necesarios para mejorar el desempeño del SIG (incrementando la eficacia y eficiencia de nuestros procesos) con la finalidad de alcanzar los objetivos planificados y cumplir con esta política.
7	Desarrollar las competencias de nuestros colaboradores, promover su participación y consulta (en los temas referentes al SIG).
8	La política del sistema integrado de gestión será revisada y comunicada periódicamente, y estará a disposición del público que lo requiera.

2.7.1.3. Misión

QUIMPAC tiene como misión desarrollar excelentes relaciones con sus clientes en mercados locales y regionales, basados en nuestro liderazgo en costos en la costa pacífica sudamericana, y apoyados por las redes de distribución que desarrollamos para nuestros productos químicos y sales.

2.7.1.4. Visión

QUIMPAC tiene como visión ser una empresa líder de la industria química en Sudamérica, a través de la consolidación de nuestras operaciones, la potenciación de sinergias y el desarrollo de nuevos mercados.

2.7.1.5. Valores

Nuestra organización sostiene los siguientes valores; Respeto, Calidad, Innovación, Trabajo en Equipo, Responsabilidad Social.

2.7.1.6. Objetivo

Ubicar a nuestra organización a alcanzar mejores operaciones que accedan lograr una mejor rentabilidad, y que alcancen obtener cero defectos, no generar reproceso y obtener una mejor calidad de producción.

2.7.1.7. Localización de la empresa.

Quimpac S.A cuenta con cuatro plantas, dispersado en el departamento de Lima, el primero y principal planta se encuentra localizada en la ciudad Constitucional del Callao, el segundo en la ciudad de Huacho, el tercero en la ciudad Paramonga y el cuarto en la ciudad de Pisco.

Planta principal:

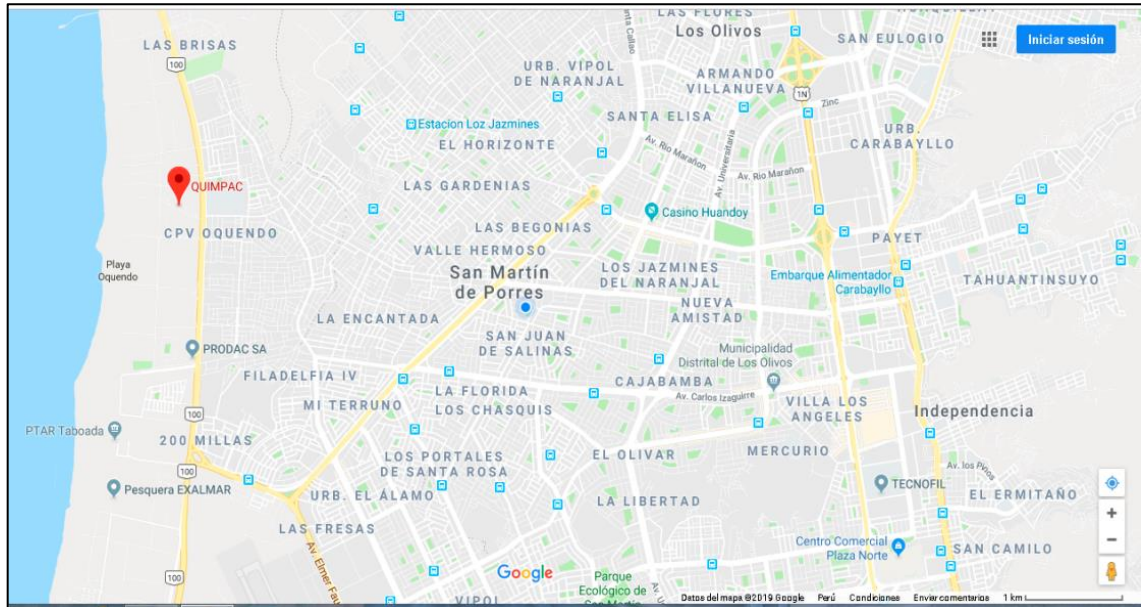


Figura 14. Mapa de ubicación de la planta principal de la empresa

Fuente: La empresa Quimpac. S.A. Se encuentra en Oquendo Callao Av. Néstor Gambeta N.º 8585.

El mapa de ubicación de **figura N°14** es de la planta centra a nivel Perú que se ubica en la provincia constitucional de Callao Oquendo, es la más grande a nivel de sus sucursales a nivel nacional, Quimpac es la única empresa en rubro químicos que se encuentra abasteciendo con todos los productos a sus clientes a nivel nacional e internacional.

Sucursales:

a) Huacho.



Figura 15. Mapa de ubicación de la empresa

La empresa Quimpac. S.A. Se encuentra en Salinas – Huacho, km 130 al Norte de Lima

b) Paramonga.

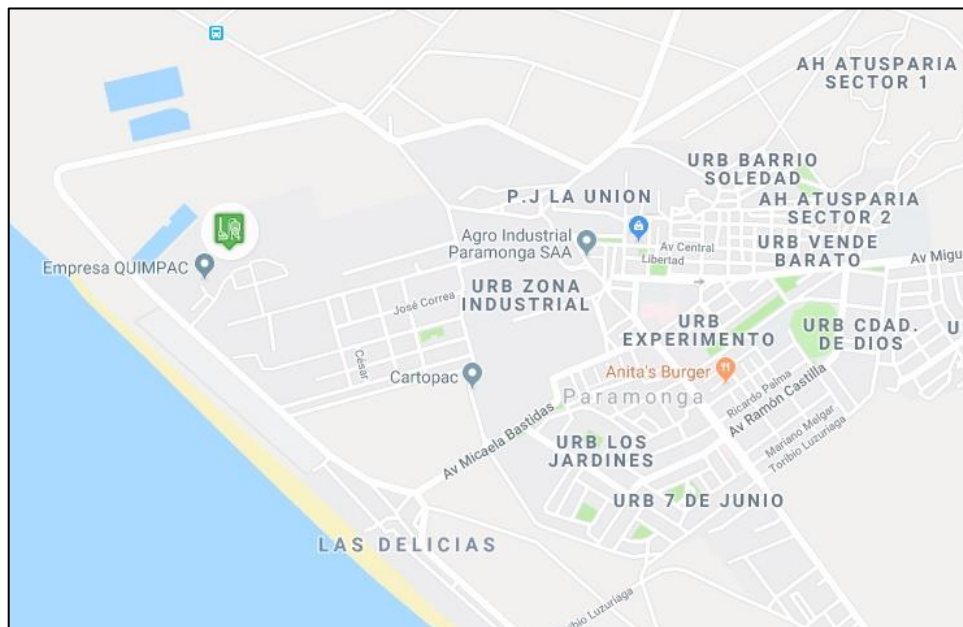


Figura 16. Mapa de ubicación de la empresa

La empresa Quimpac. S.A. Se encuentra en Salinas – Huacho, km 210 al Norte de Lima

c) **Otuma.**

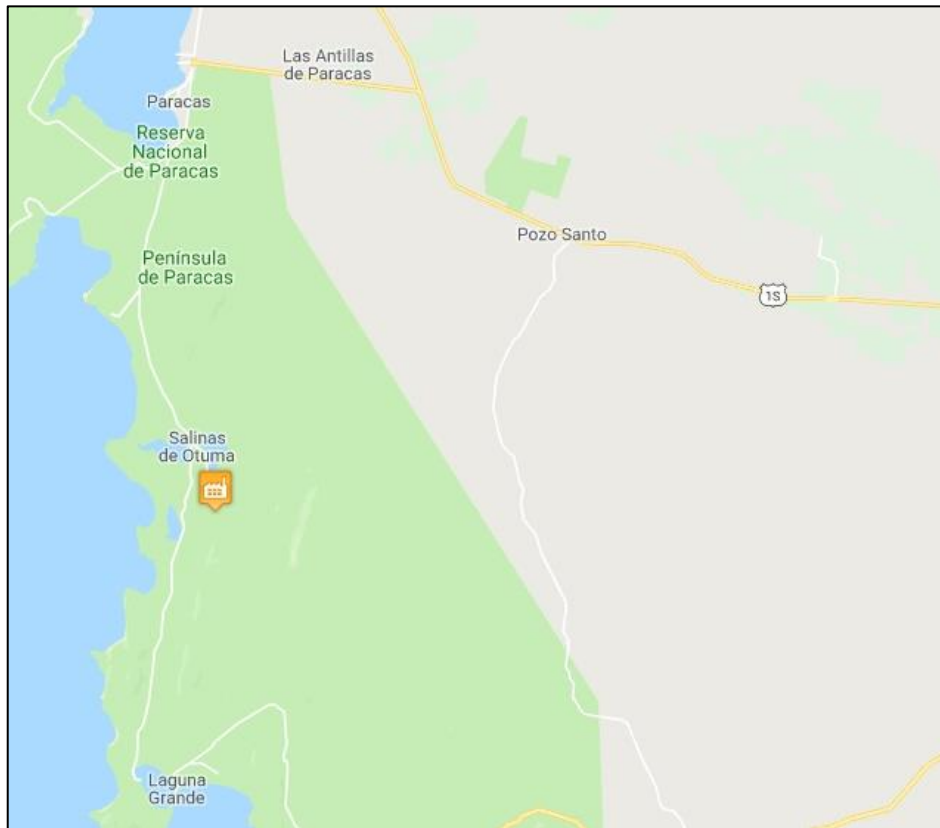


Figura 17. Mapa de ubicación de la empresa

La empresa Quimpac. S.A. Se encuentra Pisco (km 280 al Sur de Lima)

2.7.1.8. Organización de la empresa QUIMPAC S.A

Quimpac S.A. mantiene una estructura típica vertical jerarquizada, en donde el más alto nivel se encuentra la Junta General de Accionistas donde participan 6 directores, luego una Presidencia del Directorio Ejecutiva que tiene órgano asesor a Auditoría Interna y como apoyo a Contraloría General, tal como se muestra en la fig. 16.

Dado que existen plantas productivas en Callao, Huacho, Pisco y Paramonga, existen la Gerencia Central Paramonga que contempla la parte productiva, La Gerencia Central de Producción y Operaciones en Callao, que incluye la Gerencia de Operaciones que es la encargada de los nuevos proyectos tanto de nuevos productos como infraestructura y la Gerencia de Producción que incluye la operación de las plantas de Oquendo como Refinería, Química, Fosbic, Álcalis (Paramonga), y Mantenimiento. También en línea se encuentran la Gerencia de Finanzas, Gerencia de Sistemas, Gerencia de Administración y RRHH, la Gerencia de Comercialización de productos Químicos, Sal y Fosbic. Actualmente a raíz de la implementación del ERP SAP R/3 y la decisión de enfocar la dirección a las unidades de

16 negocios, va a traer cambios estratégicos apropiados para garantizar que el trabajo sea consistente con la redefinición de los sectores de negocios.

Es por ello que se van a crear jefaturas funcionales interdisciplinarias para una mejor gestión, salvaguardando el trabajo en equipo y el desarrollo disciplinario de los trabajadores de la empresa, además el óptimo funcionamiento y organizacional que mantiene las diferentes gerencias.

La influencia que la empresa Quimpac S.A. mantiene en el sector industrial de los productos de elaboración química Cloro-Sal es casi única y monopólica, siendo que no tiene un rival en el mercado interno con las capacidades de elaboración, y eso se debe a un arduo trabajo organizacional por parte del directorio y todas las gerencia y subgerencias, que asumen una gran influencia del sector empresarial latinoamericano

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA QUIMPAC S.A.

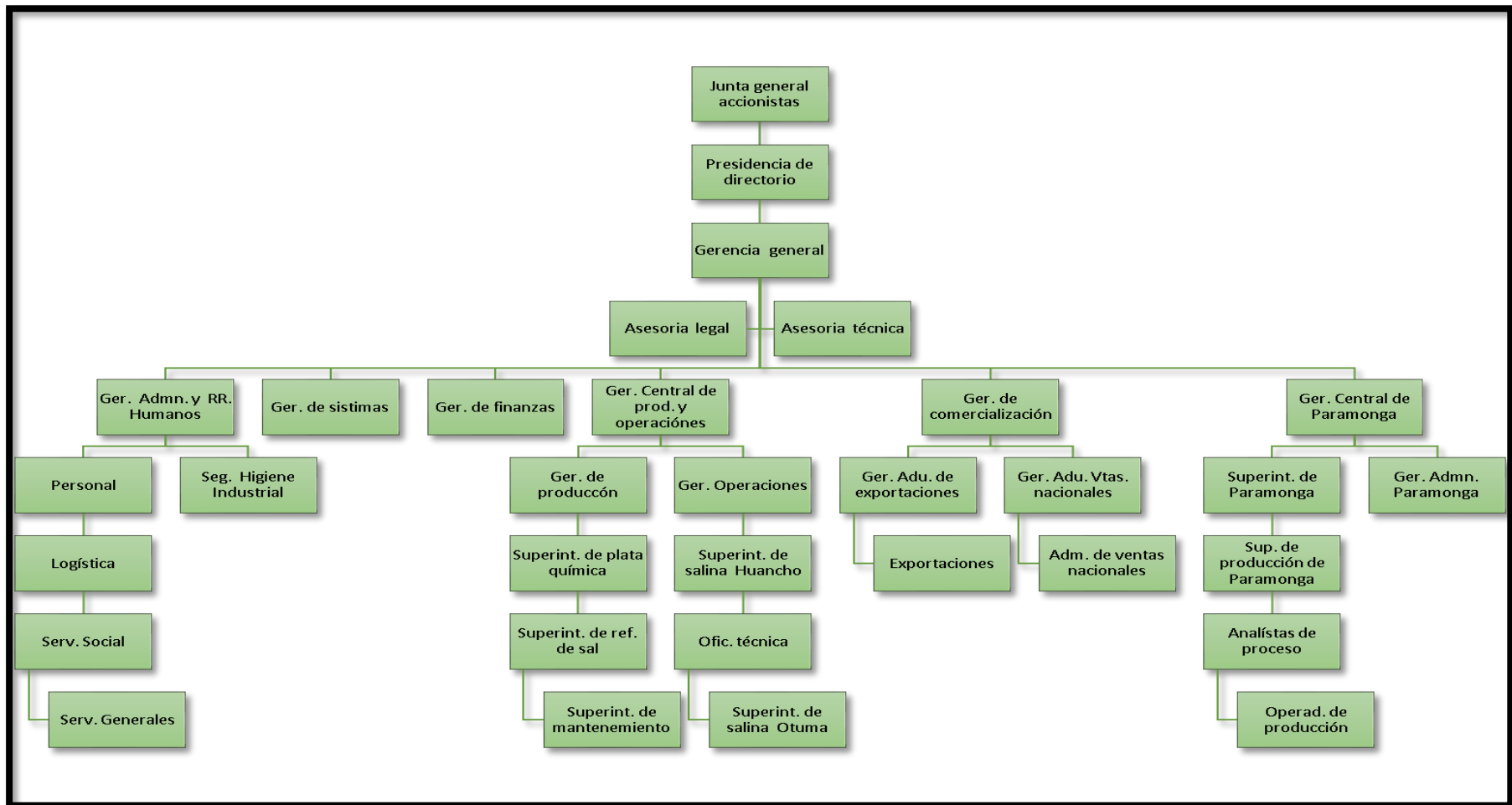


Figura 18. Organigrama de la empresa Quimpac S.A

2.7.1.9. Actividades del proceso productivo

El proceso de producción de productos químicos como soda caustica, cloro gaseoso e hidrogeno molecular, a continuación, se describen todo el proceso de producción, a continuación, se muestra diagrama del proceso.

El proceso está formado por lo siguiente:

- (a) Saturador de Salmuera
- (b) Reactores
- (c) Decantador
- (d) Tanque Pre-filtro
- (e) Filtros
- (f) Tanque de Salmuera Depurada
- (g) Celdas Electrolíticas
- (h) Tanque de Almacenamiento
- (i) Despacho al Cliente

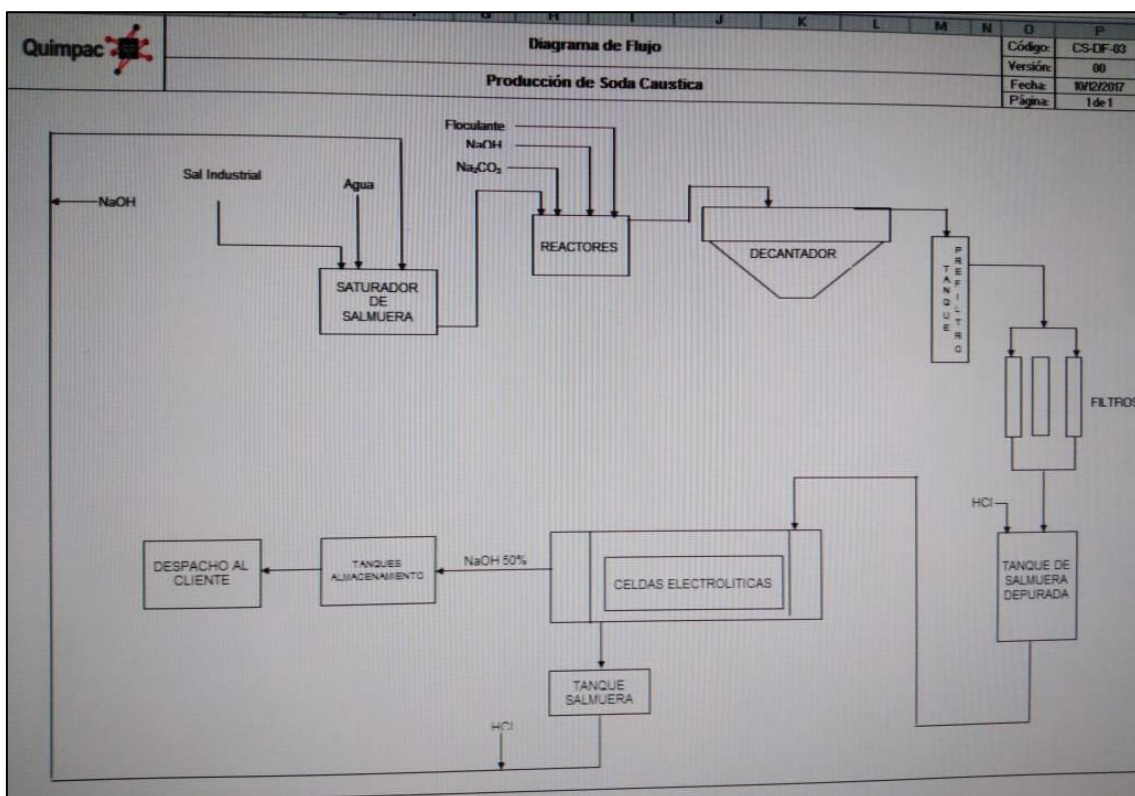


Figura 19. Diagrama del proceso

Fuente: Quimpac S.A (2019).

(a) Saturador de salmuera.

En esta primera etapa del proceso de producción de soda caustica, cloro gaseoso e hidrogeno se inicia primero ingresa agua blanda al saturador luego se adiciona sal industrial químicamente conocido como cloruro de sodio en la naturaleza, a continuación, pasa a siguiente epata.

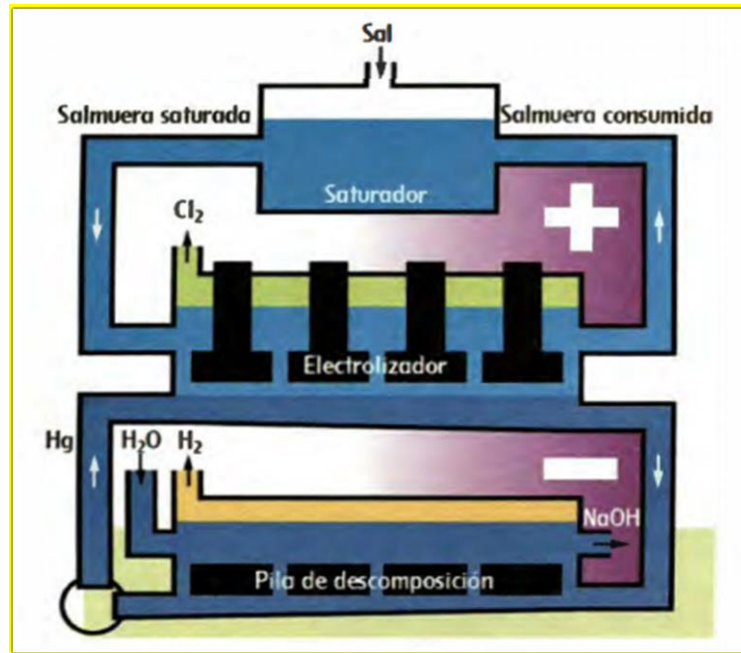


Figura 20. Proceso de Saturación de Salmuera.

Fuente: Vargas, J. (2010). Estrategia de Control en la Planta de Fosfato Bicalcico Dihidratado (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. (p. 6).

(b) Reactores:

Una vez la salmuera saturada en los reactores se les adiciona los siguientes químicos primero carbonato de sodio Na_2CO_3 luego pasado 20min de homogenización se le adiciona hidróxido de sodio $NaOH$ y floculante para poder decantar los sólidos formados en la reacción y pasa al decantador.

(c) Decantador:

La mezcla realizada en los reactores ingresa al decantador y en esta esta epata se le deja decantar todos los sólidos formados para poder retirar y la salmuera decantada pasa a la siguiente etapa

(d) Filtros:

La solución decantada pasa por los filtros para poder retener todos los sólidos que no se ha podido decantar para obtener una salmuera pura (depurada), luego pasa a los de tanques de salmuera depurada

(e) Celdas electrolíticas:

En esta etapa se forma los productos finales mediante una reacción electroquímica,

Donde se cuenta con 40 celdas electrolíticas donde las celdas constan de cátodo móvil (mercurio) y ánodo de titanio y el flujo de salmuera que ingresa hacia celdas es 320 mc/h, distribuyéndose a 8 mc/h ingreso a cada celda, y se suministra corriente eléctrica para una disociación de los componentes de cloruro de sodio,

Donde se separan sodio y cloro, cloro es directamente enviada hacia la planta de licuado que es otra planta y sodio en las se forma una amalgama con mercurio luego ingresa al desamalgamador donde se le adiciona agua desmineralizada, al encontrarse con el agua ocurre otra reacción química y se separa sodio mercurio con agua forman hidróxido sodio e hidrogeno molecular, hidróxido de sodio es enviado al tanque de almacén, e hidrogeno en enviado hacia la planta de ácido clorhídrico

A continuación, se le muestra imágenes de las celdas electrolíticas y grupos rectificadores.

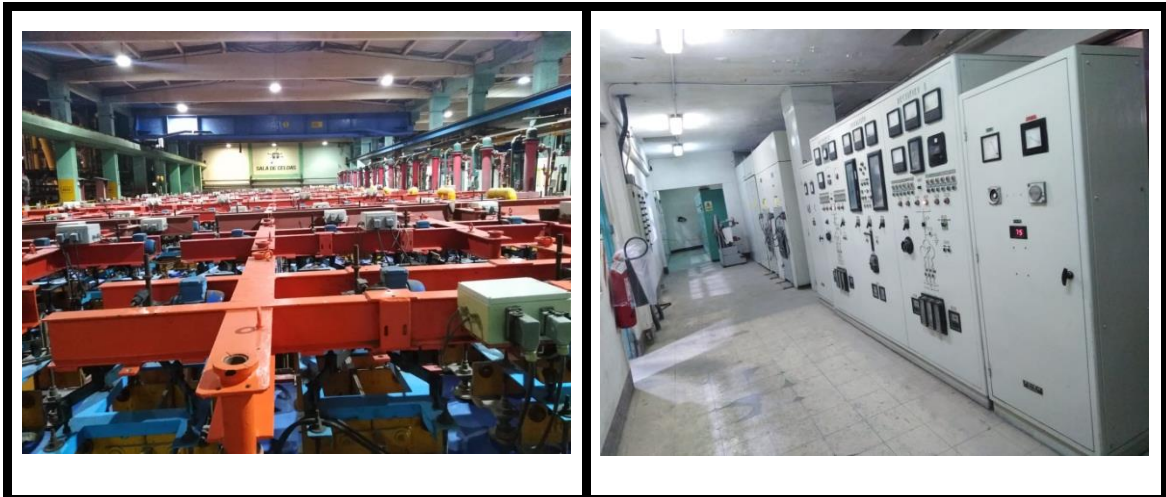


Figura 21. Celdas y grupo rectificador.

Fuente: Quimpac S.A (2019).

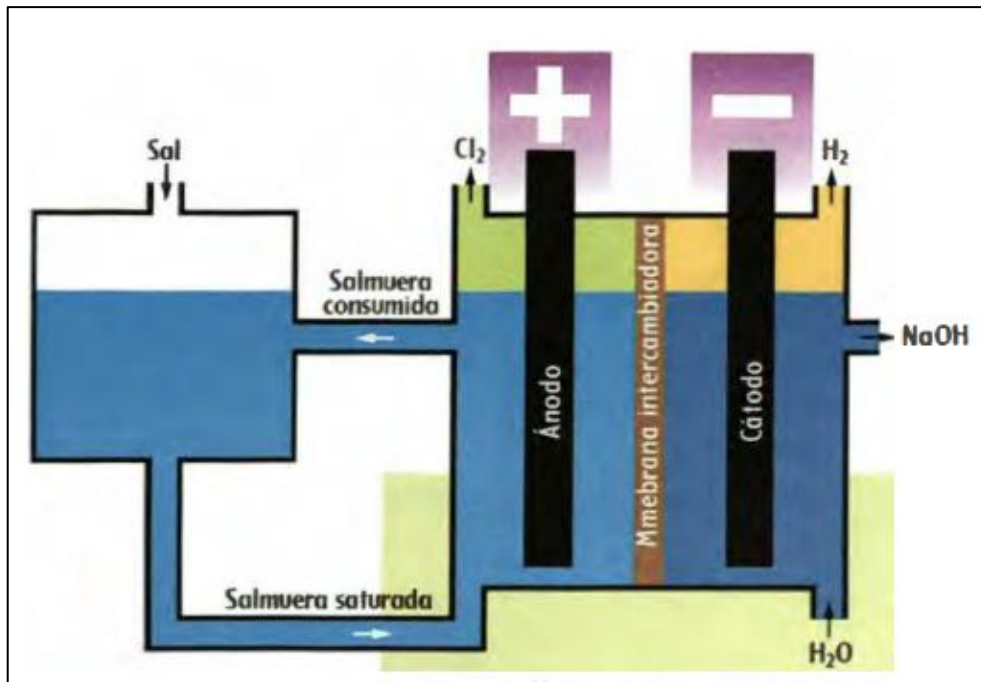


Figura 22. Electrolisis con celda de membrana

Fuente: Vargas, J. (2010). Estrategia de Control en la Planta de Fosfato Bicalcico Dihidratado (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. (p. 8).

Concepto de celda electrolítica: También conocida como celdas electroquímicas, que en su proceso sufre una reacción redox cuando se aplica energía eléctrica. Es sumamente utilizada con frecuencia para descomponer los compuestos químicos, que se le conoce como proceso electrólisis, que cuando se aplica la energía eléctrica; aumenta la energía química. Una celda electrolítica tiene tres componentes, un electrolito y dos electrodos.

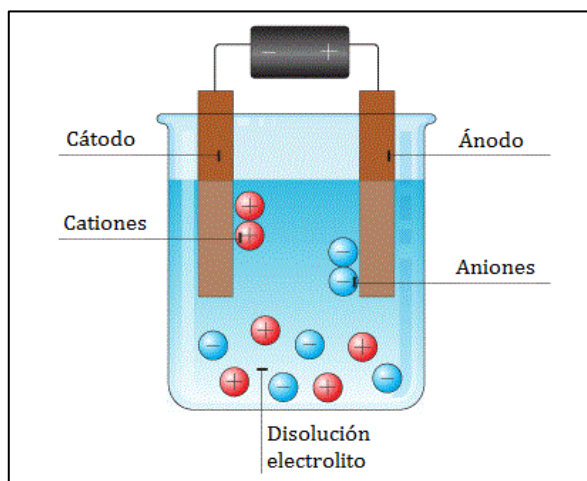


Figura 23. Celda electrolítica y sus partes

Fuente: Que es una celda electrolítica y como está formada. (s.f.) Recuperado de <https://www.visualavi.com/una-celda-electrolitica-esta-formada/>

Funcionamiento de la celda electrolítica: El área cuenta con 40 celdas electrolíticas donde las celdas reciben un flujo 320 de salmuera tratada en un circuito cerrado y recirculación de cátodo móvil (el mercurio) y es suministrado por un corriente de 150 K.A, y el ingreso de agua desmineralizada, done mediante una reacción electroquímica entra en disociación el cloruro de sodio (salmuera), luego se separan cada componente que, formando producto final, y estos productos son hidróxido de sodio, cloro gaseoso e hidrogeno molecular.

Las funciones principales de cada uno de las partes de la celda electrolítica.

- (a) La bomba: Se encarga de hacer recircular el mercurio (el cátodo móvil) por la celda y es el encargado de hacer amalgama de sodio por medio de reacción química y pasar por el desamalgamador donde se formará hidróxido de sodio
- (b) Cuba del mercurio: Es donde se almacena mercurio y es bombeado hacia la celda electrolítica y retornando a la misma cuba.
- (c) Ánodo de titanio: Son unas láminas especiales titanio encargos de separar cloro de salmuera mediante la reacción electroquímica
- (d) Corriente eléctrica: Es encargado de separar estos iones de la salmuera, la producción en basado vasado directamente proporcional a la corriente eléctrica.

A continuación, se muestra la imagen de diagrama de flujo de funcionamiento de celda.

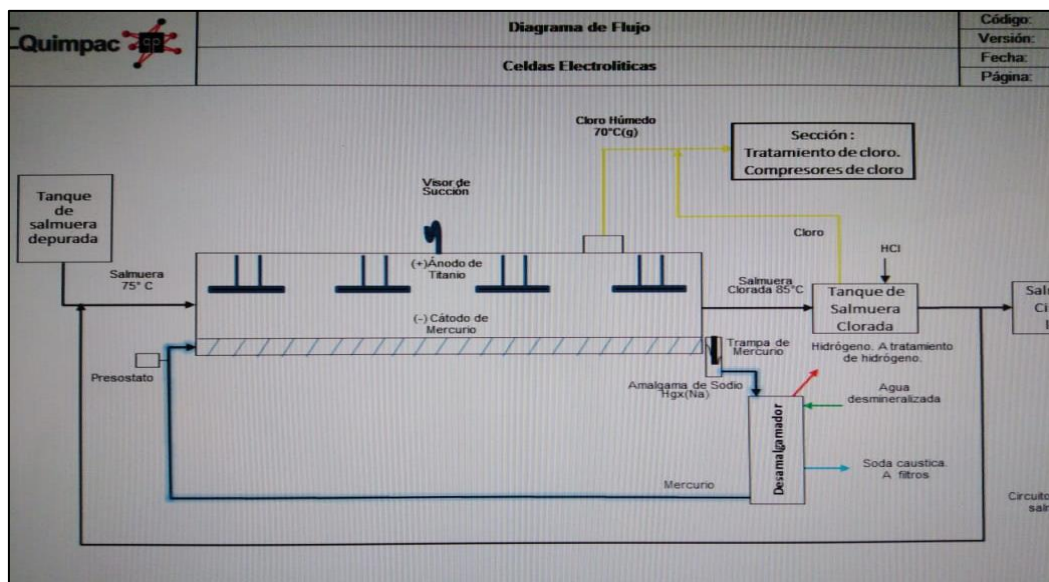


Figura 24. Diagrama de flujo de celda

Fuente: Quimpac S.A. (2019)

(f) Almacén de producto terminado NaOH

Esta es etapa final del proceso de producción de NaOH contamos con 5 tanques de almacén de 2000 m³ cada una y el despacho de las ventas se realizan de estos tanques de almacén.

A continuación, se muestra las imágenes de los tanques de soda caustica producto final.



Figura 25. Tanques de soda caustica.

Fuente: Quimpac S.A.

2.7.1.1. Pre test antes de iniciar la implementación

En pre test de la producción de soda caustica, cloro e hidrogeno se mostrará el comportamiento o la variación de la producción mensual y se compara la producción mensual; para dar paso a la implementación de mantenimiento productivo total (TPM).

En la siguiente imagen, veremos una aproximación en la producción, cuando se aplica el TPM, para obtener resultados favorables, consiguiendo más productividad y mejora en la calidad e imagen institucional.

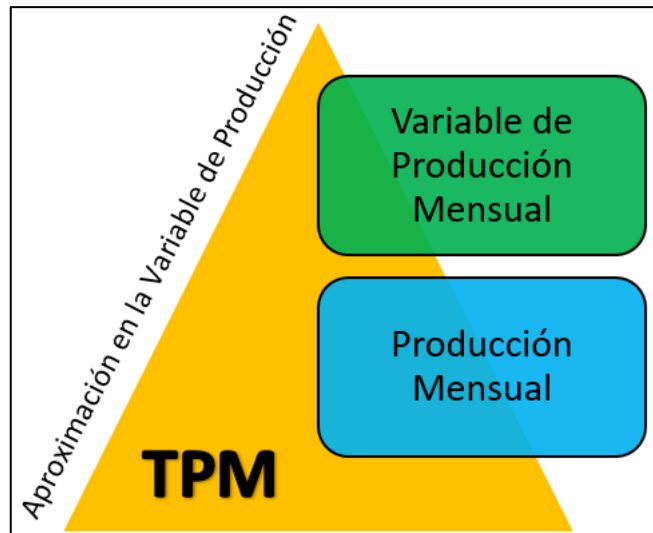


Figura 26. Resultado en la aplicación del TPM.

De la misma forma mostraremos la producción del mes de julio de 2019 de la empresa Quimpac S.A. el cual será un ejemplo en la aplicación del TPM, teniendo el resultado de una aproximación en la producción mensual, consiguiendo un aumento productivo y mejoras en el equipo de trabajo.

A continuación se muestra la hoja de producción del mes julio del presente, donde se observa claramente que no hay una producción constante si no está variado, esta variación de producción de soda caustica en la planta química y la baja producción son por los equipos que fallan en el área celdas electrolíticas por falta de mantenimiento en específicamente las bombas de mercurio de las celdas, cuando una bomba falla automáticamente sale la celda fuera de servicio y deja de producir, ese tipo de paradas ocasionan la baja productividad de la planta química.

Tabla 11. Producción del mes de julio del 2019

Fecha	Kwh-dia	Tm NaOH/Dia	Kwh/tm NaOH	Kwh/ECU	kAhC	% eficiencia	Cl ₂ TM/Dia
1	193846,60	69,613	2784,63	3137,61	49017,53	95,15	61,78
2	459821,90	154,342	2979,24	3356,89	110648,23	93,46	136,98
3	502662,10	168,952	2975,18	3352,31	120782,29	93,72	149,94
4	522356,30	175,521	2976,03	3353,28	125789,01	93,49	155,77
5	349480,70	119,018	2936,37	3308,58	85212,94	93,58	105,63
6	498470,10	168,684	2955,05	3329,64	120488,70	93,80	149,71
7	581794,40	195,479	2976,25	3353,52	139196,22	94,09	173,49
8	490960,50	166,594	2947,05	3320,62	118491,11	94,20	147,85
9	487954,20	165,056	2956,29	3331,04	118094,31	93,64	146,49
10	485003,40	164,245	2952,93	3327,24	117335,35	93,79	145,77
11	508514,70	171,268	2969,12	3345,48	122101,71	93,98	152,00
12	517412,60	175,270	2952,09	3326,30	124590,81	94,25	155,55
13	407000,40	141,646	2873,36	3237,59	100978,45	93,98	125,71
14	554017,50	184,836	2997,35	3377,29	132987,63	93,12	164,04
15	521420,60	176,033	2962,06	3337,53	125545,38	93,94	156,23
16	506933,40	169,977	2982,36	3360,41	122282,99	93,13	150,85
17	518593,70	176,162	2943,85	3317,01	124948,23	94,46	156,34
18	487029,70	164,333	2963,68	3339,35	117630,92	93,60	145,85
19	496607,00	165,573	2999,32	3379,52	119016,77	93,21	146,95
20	511559,10	171,353	2985,41	3363,84	122569,88	93,67	152,08
21	584669,60	192,721	3033,76	3418,32	138618,10	93,15	171,04
22	510241,40	170,348	2995,29	3374,97	122369,10	93,27	151,18
23	508650,00	170,064	2990,93	3370,07	122573,64	92,96	150,93
24	512169,00	173,044	2959,76	3334,94	123674,25	93,75	153,58
25	519724,90	172,912	3005,72	3386,73	125176,13	92,55	153,46
26	520261,40	173,037	3006,65	3387,77	125571,95	92,33	153,57
27	530050,00	177,408	2987,75	3366,47	128263,31	92,67	157,45
28	603470,70	195,182	3091,84	3483,76	144361,22	90,59	173,22
29	598669,10	196,823	3041,66	3427,23	143391,93	91,97	174,68
30	520319,90	177,001	2939,64	3312,27	125784,56	94,28	157,09
31	507603,00	172,127	2949,00	3322,82	122834,39	93,89	152,76
Total	#####	5214,622	2969,99				4627,98
Promedio	500557,03	168,214	2975,72	3352,93	120655,71	93,41	

Fuente: Base datos de la hoja de producción de la soda de la empresa Quimpac S.A (2019).

En la **tabla N°11** se muestra la hoja de producción del mes julio del presente año donde se observa algunos días con baja producción, son días de producción algunas celdas fuera de

servicio por fallas en los equipos en celdas paradas, es razón que la producción no se mantiene constante, para mantener la capacidad de producción constante se aplicara la filosofía de TPM dos pilares como el mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, por ende se podrá lograr mejorar la producción y sus índices de eficacia y eficiencia de la productividad.

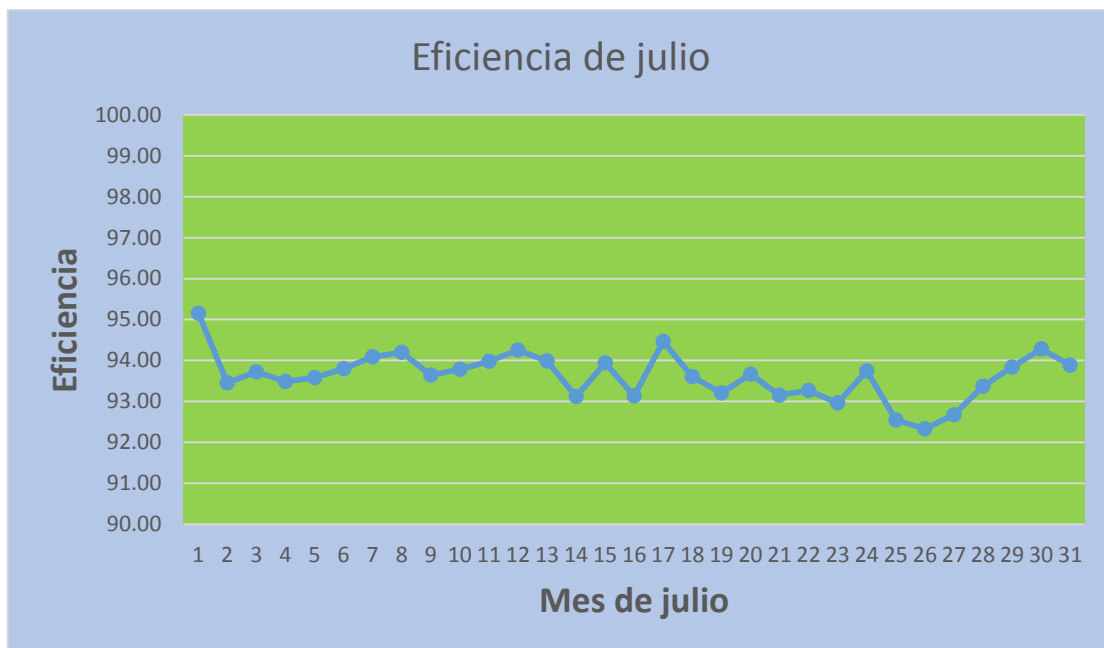


Figura 27. Eficiencia del mes de julio del año 2019

Fuente: Base datos de hoja de producción de la empresa Quimpac S.A.

En la **figura N° 27** se muestra una eficiencia bastante variada de producción por la constante ocasiones de fallas de los equipos; el cual genera la baja producción de soda caustica en paralelo; cloro gaseoso e hidrogeno.

De la misma forma el índice de eficacia variado por los mismos problemas en los equipos en las celdas ocasionada por falta de mantenimiento, a consecuencia d estas paradas de las por problemas en los equipos se tomaron las decisiones de los responsables de producción para aplicar dos pilares de TPM que son los más adecuados para poder mejora esta situación, que son los más adecuados para este tipo de problemas en el área de celdas electrolíticas

Tabla 12. Eficacia del mes de julio de 2019

Eficacia del mes de julio de 2019			
mes	prod. Planf	prod. Real	eficacia
1	200	69,613	35%
2	200	154,342	77%
3	200	168,952	84%
4	200	175,521	88%
5	200	119,018	60%
6	200	168,684	84%
7	200	195,479	98%
8	200	166,594	83%
9	200	165,056	83%
10	200	164,245	82%
11	200	171,268	86%
12	200	175,270	88%
13	200	141,646	71%
14	200	184,836	92%
15	200	176,033	88%
16	200	169,977	85%
17	200	176,162	88%
18	200	164,333	82%
19	200	165,573	83%
20	200	171,353	86%
21	200	192,721	96%
22	200	170,348	85%
23	200	170,064	85%
24	200	173,044	87%
25	200	172,912	86%
26	200	173,037	87%
27	200	177,408	89%
28	200	195,182	97%
29	200	196,823	98%
30	200	177,001	89%
31	200	172,127	86%
total		5214,622	

Fuente: Base datos de la hoja de producción de NaOH

En la gráfica de eficacia se observa que hay días del mes en los que hay baja producción y durante el mes hay bastante variación de producción de NaOH, eso nos indica que el problema es constante afectando directamente a la producción de planta química.

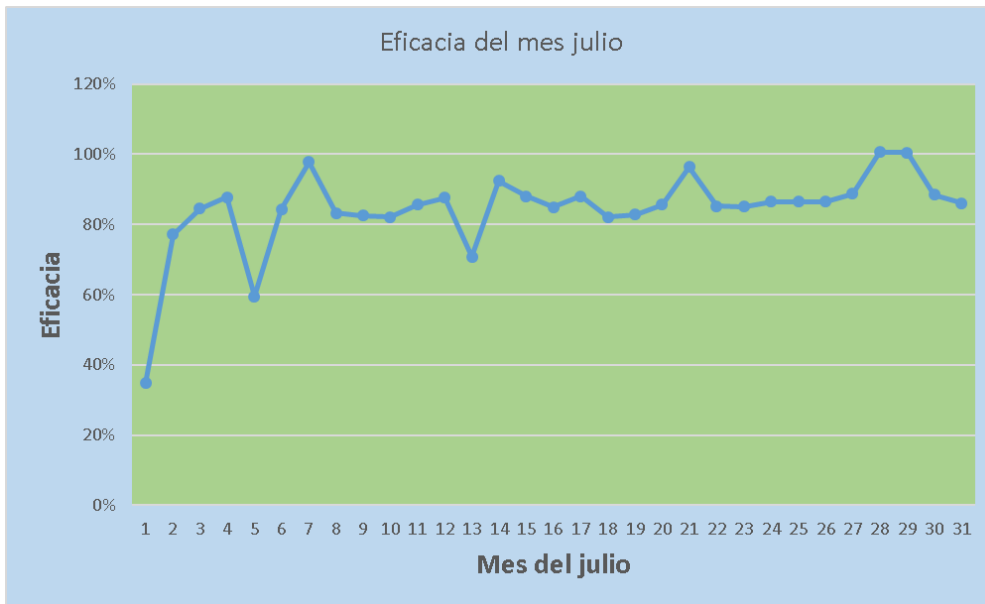


Figura 28. Eficacia de la producción del mes de julio de 2019

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se la hoja de producción del mes de agosto con los mismos problemas de baja producción de soda caustica y con la misma variación de producción día a día.

En la tabla que se encuentra en **anexo 01** se visualiza una hoja de producción del mes de agosto del presente año, observándose que hay algunos días con baja producción en el mes, los días con baja producción son a consecuencia de que algunas celdas están fuera de servicio por problemas en los que compone la celda por falta de mantenimiento que no se da en las bombas de las celdas electrolíticas que genera mayores paradas, conllevando a la baja productividad de la planta química de la empresa Quimpac S.A.



Figura 29. Eficiencia de mes de agosto del 2019

Fuente: Base datos de hoja de producción de la empresa Quimpac S.A.

Tabla 13. Eficacia del mes de agosto

Eficacia del agosto de 2019			
mes	prod. Planif	prod. Real	eficacia
1	200	175,139	87,57%
2	200	177,658	88,83%
3	200	177,369	88,68%
4	200	199,697	99,85%
5	200	175,436	87,72%
6	200	173,715	86,86%
7	200	171,818	85,91%
8	200	172,811	86,41%
9	200	173,631	86,82%
10	200	173,828	86,91%
11	200	200,304	100,15%
12	200	168,120	84,06%
13	200	173,158	86,58%
14	200	57,450	28,73%
15	200	5,380	2,69%
16	200	65,571	32,79%
17	200	136,874	68,44%
18	200	174,838	87,42%
19	200	6,542	3,27%
20	200	100,554	50,28%
21	200	140,244	70,12%
22	200	136,335	68,17%
23	200	142,125	71,06%
24	200	141,176	70,59%
25	200	165,988	82,99%
26	200	139,072	69,54%
27	200	14,164	7,08%
28	200	124,851	62,43%
29	200	156,556	78,28%
30	200	172,468	86,23%
31	200	155,474	77,74%
promedio		4348,346	

Fuente: Base datos de la hoja de producción de NaOH

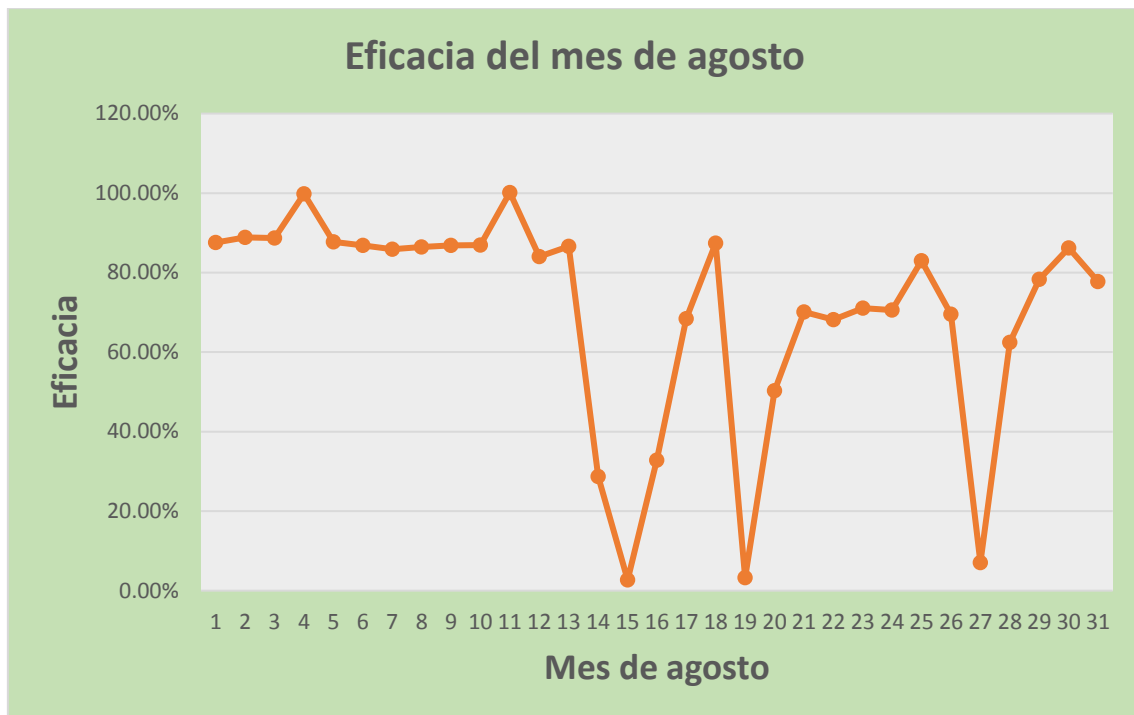


Figura 30. Eficacia del mes de agosto de 2019

Fuente: Base datos de hoja de producción de la empresa Quimpac S.A.

En la **figura 30** se muestra la eficacia de la producción para mayor análisis, donde se observa que la eficacia está bastante variada, eso nos indica que la producción no se mantiene constante a consecuencia de los problemas en los de celdas donde se encuentra fuera de servicio sin producir, a menor cantidad de celdas en servicio la producción será menor

En la siguiente **tabla 14** se muestran los parámetros de control de los equipos en el área de celdas electrolíticas, donde estos parámetros nos indican posibles fallas que se pueda dar en los equipos de las celdas electrolíticas estos parámetros son controlados median un sistema software. Estos parámetros de control de proceso tienen sus rangos máximos y mínimos

Tabla 14. Parámetros a registrar en la celda electrolítica

Nº	Parámetros de los equipos
1	Amperaje de bomba
2	Nivel de mercurio en la cuba
3	Presión de cátodo móvil
4	Desajuste de pernos de bomba
5	Inspección de limpieza
6	Fuga de mercurio
7	Análisis de amalgama

Fuente: Elaboración propio


(a) Control de parámetros de celdas electrolíticas.

Por consiguiente; en el **anexo 03** se muestra el control de los parámetros de las celdas electrolíticas, las cuales deben ser supervisadas constantemente para una eficiente producción y mayor control del proceso, siendo que se debe aplicar el TPM para tener una prevención eficiencia en la producción.

(b) Especificaciones técnicas:

Según el autor Prokopenko (1989), nos menciona y nos habla sobre la calidad del producto, las especificaciones técnicas de un producto, tendrán la capacidad de satisfacer las necesidades de los clientes (p.198).

Tabla 15. Especificaciones del producto de soda caustica

	Especificaciones técnicas						
	Concentración en peso de soda caustica -celdas electrolíticas						
Planta	Oquendo 1						
Área	Planta Química						
Subproceso	Punto de control	parámetros	Unidades	Límite mínimo	Límite máximo	valor optimo	
Desamalgamador	.....	factor	.....	1	-2	
	.....	carga	KA	.....	150	150
	Salida	NaOH	%		49	50	50
		Temperatura	°C		100	130	120
		flujo H2O	L/h		280	320	300
Colector de sosa caustica	Colector de NaOH	NaOH	%		49	50	
		Na2CO3	%		0.25
		NaCl	ppm		75

Fuente: Elaboración propia

2.7.2. Propuesta de mejora

Una vez que se ha terminado el análisis del área de celdas electrolíticas de producción de soda caustica de planta química de la empresa Quimpac S.A, en sus equipos que ocasionan baja productividad, por esta razón se decidieron ver alternativas de solución que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16. Alternativas de solución.

MATRIZ A DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN					
Alternativas	CRITERIOS				total
	solución a la problemática	costo de aplicación	facilidad de aplicación	tiempo total de aplicación	
TPM	2	2	2	1	7
5'S	1	0	1	1	3
SMED	1	1	1	1	4
No bueno (0), bueno (1), muy bueno (2)					
criterios establecidos con los supervisores y el jefe de planta					

En conclusión acuerdo al matriz de alternativas de solución se llegó a un acuerdo entre los supervisores el jefe de planta, aplicar el TPM en el área de celdas electrolíticas y enfocarse en dos de sus pilares de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado de la metodología del TPM (Total Productive Maintenance).



Figura 31. Concepto de TPM

El TPM es una técnica de mejora que permite asegurar la utilización y seguridad de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante el empleo de los conceptos de: prevención, sin defectos, sin accidentes, y participación total de los trabajadores. Por ello, se necesita realizar mantenimiento preventivo el área de celdas de la planta química, siendo el más importante de todo el sistema de proceso de producción de soda caustica, cloro e hidrogeno, se elaborará el plan de mantenimiento para esta línea de producción por parte del área mantenimiento.

Por falta de implementación de las metodologías como el TPM, el proceso de producción es baja, y por consiguiente contrae series de dificultades en la etapa de proceso por fallas en los equipos.

Dentro de la elaboración del plan de mantenimiento se realizará de acuerdo a la prioridad que se necesita para que el sistema de producción no se detenga, siendo la mejor opción de implementación que se dará en la empresa de Quimpac S.A, para mejorar su

capacidad de producción, y por ende su comercialización y liderazgo en el mercado interno e internacional.

Es por esta razón este proyecto tiene el objetivo de reducir costos en los procesos de producción de soda caustica que es el producto principal de la empresa Quimapc S.A, con la aplicación de la filosofía de mantenimiento del TPM (Mantenimiento Productivo Total), para esta investigación científica nos enfocaremos en dos pilares fundamentales como el mantenimiento de autónomo y mantenimiento planificado.

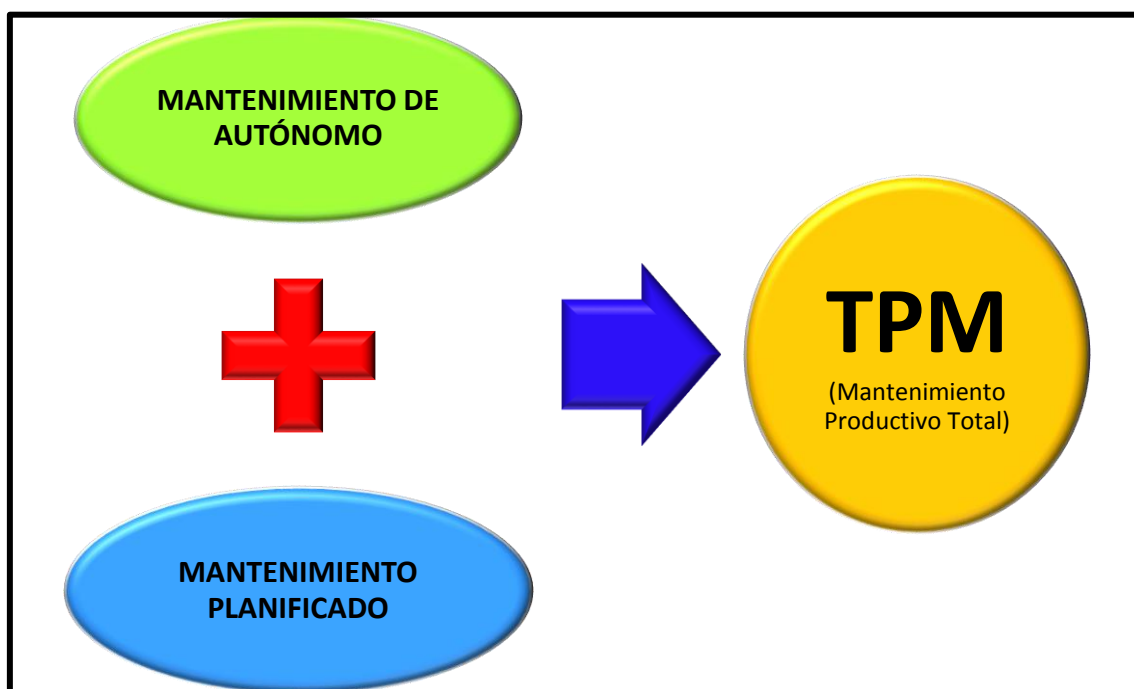


Figura 32. Pilares TPM de implementación en QUIMPAC S.A.

Fuente: Elaboración propia

Por cada contingencia de producción es una pérdida organizacional y económica, el cual debe ser abordada de forma urgente y primordial por la empresa Quimpac S.A para mejorar su capacidad de producción de soda caustica, cloro e hidrogeno.

Se puede apreciar en **anexo 4 y 5**, tenemos el reporte de registro de las paradas y cambio de bombas de mercurio de las celdas electrónicas por problemas en las bombas de mercurio y motoredutores de las celdas, siendo así en la **figura 33** se muestra un motor y bomba de la celda sucia, sin protección de contacto con el agua, es por estas razones los equipos se encuentran como en forma abandono sin mantenimiento, sin protección y sin ningún cuidado, por tanto, estos equipos tienden fallar en poco tiempo después de su

mantenimiento correctivo generando una parada de celdas y reflejando una baja de producción de soda caustica liquida de 50% de concentración.

En estas situaciones se encuentra los equipos de las 40 celdas electrolíticas por estas razones se tomaron la decisión de aplicar en TPM en el área de celdas, para mantener con mantenimiento las bombas de las 40 celdas, donde reflejara la mejora de producción, de la misma forma los controles de sus parámetros de trabajo, para llegar tener una larga vida útil de los equipos y mantener una producción estándar.



Figura 33. Motor de la celda.

El área de celdas electrolíticas; es el área principal de producción de soda caustica, cloro e hidrogeno de la planta química de la empresa Quimpac S.A, y esta área consta de 40 celdas electrolíticas; cada celda contiene sus respectivas bombas de mercurio, motores y motoreductores, bastidores de ánodos de titanio entre otros componentes.

Los equipos que falla de las celdas en el proceso de la producción, afectan directamente a la producción de soda caustica de la planta química, cuando una celda sale fuera de servicio por estés problemas dejando inmediatamente de producir y afectando la producción diaria.

Acuerdo los análisis de los problemas en el área de celdas electrolíticas se terminaron las principales causas que afectan la producción o que generan la baja productividad de soda

caustica, se muestran en la **tabla 17** los principales problemas a solucionar en el área de celdas electrolíticas.

Tabla 17. Principales causas en el área de celdas electrolíticas a solucionar

MATRIZ DE CAUSAS PRINCIPALES DE BAJA PRODUCTIVIDAD EN EL AREA DE CELDAS		
Problema	Causas de baja producción	Alternativa de solución
Baja productividad de soda caustica en planta química	Falta de mantenimiento de las bombas de Hg	implantación de programa de mantenimiento
	Falta de mantenimiento de moto reductores de las celdas	implantación de programa de mantenimiento
	Bombas reparadas en servicio	gestionar la compra de bombas nuevas
	Falta de repuestos de los motores y bombas	solicitar compra de repuestos al almacén
	Deficiencia de energía	mantenimiento los rectificadores de energía
	Falta de motivación personal	incremento de sueldo y/o bonos

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de implementación de estos dos pilares de TPM, se recogerán todo el comportamiento de los parámetros mediante check list y planillas. Para los siguientes análisis de datos de los parámetros.

Se tomarán todo el dato de producción antes y después de la implementación de TPM en el área de celdas electrolíticas, donde estos serán la cantidad de producción mensual, eficiencia y eficacia y serán analizados a través de SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) para obtener los resultados de la implementación de los dos pilares de TPM, para saber en cuanto mejoro la producción con la aplicación de esta metodología

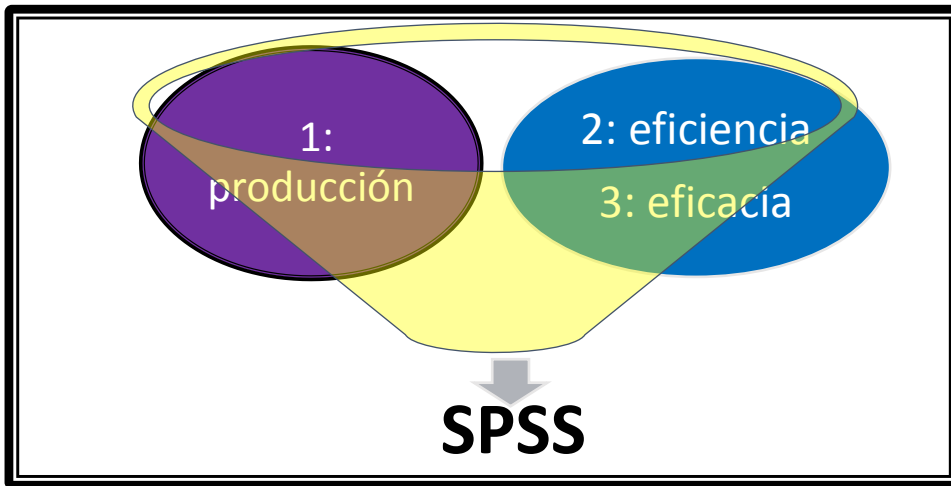


Figura 34. Dimensiones de producción de soda caustica

La aplicación eficiente del TPM dentro de la empresa QUIMPAC S.A. acarrearía gastos, que deben ser enfrentado por parte de la empresa, por ello presentaremos un cuadro de proyección de gastos y costos la implementación del Mantenimiento Productivo Total.

Por ello la propuesta de mejora para la presente investigación está encaminada en la aplicación de los dos pilares de TPM como es el mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, que se le conoce como herramienta de calidad, que tiene un uso de mejoramiento continuo, en la mejora de producción y calidad del producto de la empresa QUIMPAC S.A.

La aplicación de los dos pilares de TPM se dará puntualmente a las bombas de mercurio, motoreductores de las 40 celdas electrolíticas

Por ello, se presentará el esquema de ejecución de TPM tomando el diagrama de GANTT, donde se detallará las acciones necesarias para obtener la mejora de los productos,

En el siguiente cuadro se especifican los cronogramas de actividades a desarrollarse durante el desarrollo de presente investigación de la aplicación de TPM, dos pilares.

Acuerdo al cronograma de actividades de la filosofía de TPM de la propuesta de la mejora serán desarrollados las principales partes, donde el cual detallara las actividades como se va a desarrollar en la implementación de los dos pilares de TPM.

Tabla 18. Cronograma de actividades para la aplicación de TPM

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA APLICACIÓN DE TPM EN EL AREA DE CELDAS DE PLANTA QUÍMICA																														
ACTIVIDAD	Abril			Mayo				Junio				Julio				Agosto			Septiembre				Octubre							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.Observación																														
1.1 Reunión con Gerente General	■																													
1.2 Observación de las condiciones diseño de puesto de trabajo		■																												
1.3 Observación de clima laboral		■																												
2.Recolección de datos para identificar el problema																														
2.1 Entrevista a los trabajadores de la empresa			■	■																										
2.2 Identificar cada actividad de los procesos				■	■																									
2.3 Realizar diagramas de procesos					■																									
2.4 Identificar los principales problemas						■	■																							
2.5 Definir los objetivos para la mejora							■	■																						
3.Medición y Análisis																														
3.1 Analizar la lluvia de ideas								■																						
Realizar Diagrama Ishikawa								■																						
Medir y analizar las principales causas " Diagrama Pareto "									■																					
Medir y analizar las alternativas de mejora y evaluarlas									■																					
Buscar fuentes para respaldar mi propuesta									■	■	■																			
Plantear el tipo de método de investigación										■	■																			
Definir los indicadores a medir que ayudaran a la mejora											■	■																		
4.Desarrollo de la propuesta																														
Situación actual de la empresa												■	■	■	■															
Análisis de los resultados de sus indicadores														■	■	■														
Propuesta de Mejora															■	■	■													
Plantear el proyecto																■	■	■												
Reunión con alta dirección para presentar el proyecto																	■	■												
Aprobación y visto bueno para realizar el proyecto																		■	■											
5.Ejecución de la propuesta																														

Fuente: Elaboración propia

Donde este trabajo se enfocará específicamente en dos pilares acuerdo los análisis que son más adecuados para la aplicación en el área de celdas electrolíticas, se debe implementar etapas de mejoras, analizando todos los problemas que presenten en la empresa por ello hemos optado en aplicar el TPM, para garantizar la mejora de la producción de la soda-caustica, aplicando dos pilares de TPM que son Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado.

Tabla 19. Fases de implementación de TPM

FASES	ETAPAS
preparación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anuncio de la gerencia de la organización sobre la decisión de implementar TPM 2. Campaña educacional introductoria sobre el TPM 3. Estructura publicitaria de TPM 4. Establecer política y metas para el TPM
introducción	<ol style="list-style-type: none"> 5. Establecer política y metas para el TPM 6. Lanzamiento introductorio
implementación	<ol style="list-style-type: none"> 7. Mejoramiento de efectividad del equipo 8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo 9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado 10. Capacitaciones para mejorar las operaciones del mantenimiento 11. Desarrollar un programa de gestión de implementación de TPM
consolidación	<ol style="list-style-type: none"> 12. Consolidación de TPM y mejora de los objetivos trazados con la productividad

Fuente: Elaboración propia

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total debe estar compuesta por etapas de implementación en la empresa QUIMPAC S.A.

Este tipo de proceso cuenta con cuatro fases de implementación de la filosofía de TPM que está estructurado, a continuación se le detalla a cada fase.

- **FASE 1:** Declaración de la superintendencia de producción para aplicar el Mantenimiento Productivo Total en el área de celdas electrolíticas.

Después de varias reuniones entre la gerencia general y la gerencia de producción que en sus manos está la responsabilidad del mantenimiento, producción y control de calidad de la empresa Quimpac S.A. La gerencia general toma la decisión en la implementación del Mantenimiento Productivo Total, brindando las facilidades de la ejecución el proyecto. Antes de todo se debe tener un reporte de fallos, informes de producción y contingencias en el proceso de producción.

- **FASE 2:** Difusión por medio de charlas y reuniones de conversatorios con el personal de mantenimiento, producción, con los supervisores del área de celdas donde se aplicara los dos pilares de TPM.

La comisión que creará para la implementación del Mantenimiento Productivo Total, realizará charlas introductorias sobre dicha implementación al personal de mantenimiento y operadores, estas charlas o reuniones que se dará serán dadas por los supervisores que son responsables e impulsores para implementación de éstos dos pilares de TPM.

- **FASE 3:** Se crearán las responsabilidades de todo el personal involucrado para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total, en este parte de implementación de TPM será liderado por los supervisores de producción y el área de mantenimiento de celdas electrolíticas.

Se establecerá y se creara una estructura de responsabilidades para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total, están conformados por los supervisores de producción y el área de mantenimiento, dando las responsabilidades al personal acuerdo a sus habilidades y conocimientos para este reto de implementación de TPM, y siempre con constantes charlas o conversatorios de concientización al personal sobre el tema de implementación de TPM durante el proceso de aplicación.

- **FASE 4:** los supervisores como los líderes o impulsores de aplicación de TPM de los dos pilares establecerán las políticas y objetivos trazados que se maneja en el área de celdas electrolíticas, establecerán las metas claras, concientizar e involucrar a todo el personal para el logro de implementación de esta filosofía de TPM.

Se darán constante reuniones los supervisores directamente con todos los colaboradores, el objetivo de este proyecto está basado directamente para la mejora de productividad de soda caustica en planta química.

Se elaborará un Plan de mantenimiento planificado, para la implementación de estos dos pilares de TPM y se establecerá horas y días fijas para las reuniones con los encargados del proyecto para dar un reforzamiento en cuanto el conocimiento de la filosofía de TPM a todos los colaboradores involucrados para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos trazados.

Todos los pasos de ejecución se detallarán en parte implantación de la propuesta a detalle con las evidencias de ambos pilares de TPM y se dará a que resultados se llegó después de la implementación y el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio de la implantación.

2.7.2.1. Costos de las propuestas de la mejora

a) Costo – beneficio

Tabla 20. Proyección presupuestaria para la implementación

ITEM	RECURSOS	CANT	COSTOS UNIT S/	COSTOS TOTAL S/
1	PREPARACIÓN			
1.1	Boletines Informativas	50	s/ 0.50	s/ 25.00
1.2	Reuniones con la gerencia y jefaturas	1 al mes	s/ 100.00	s/ 100.00
1.3	Reuniones con los trabajadores	2 veces al mes	s/ 50.00	s/ 100.00
2	INTRODUCCIÓN			
2.1	Reuniones con las gerencias	1 al mes	s/ 100.00	s/ 100.00
3	IMPLANTACIÓN			
3.1	Capacitaciones de los operarios y mecánicos	1al mes	s/ 100.00	s/ 100.00
3.2	Charlas por parte de los supervisores	2 veces al mes	s/ 50.00	s/ 100.00
3.3	Operarios para la ejecución del TPM	10 operadores	s/ 1000.00	s/ 10,000.00
3.4	Compra de repuestos de los equipos	10 piezas al mes	s/ 500.00	s/5,000.00
3.5	Compras de EPP's	5	s/ 100.00	s/ 500.00
4	CONSOLIDACIÓN			
4.1	Auditoría interna	Una vez al mes	s/ 100.00	s/ 100.00
4.2	Otros gastos	No especifica	s/ 100.00	s/ 100.00
Total		s/ 16,225.00		

Fuente: Elaboración propia

b) Proyección de preparación:

Tabla 21. Costo de preparación de TPM

MESES - 2019	BOLETINES INFORMATIVOS	REUNIONES CON LOS GERENCIA	REUNIONES CON LOS TRABAJADORES.
JULIO	s/20.00	s/ 100.00	s/ 50.00
AGOSTO	s/ 20.00	s/ 100.00	s/ 50.00
SETIEMBRE	s/ 20.00	s/ 100.00	s/ 50.00
OCTUBRE	s/ 20.00	s/ 100.00	s/ 50.00
TOTAL	s/ 80.00	s/ 400.00	s/ 100.00

2.7.3. Implementación de la propuesta

Frente a las bajas en la producción que atraviesa la empresa, se propone un cronograma de implementación para la aplicación del TPM.

Además, se debe implementar etapas de mejoras, analizando todos los problemas que presenten en la empresa por ello hemos optado en aplicar el TPM, para garantizar y garantizar el mejoramiento de la producción de la soda caustica, siendo que debe estar compuesta por el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado.

2.7.3.1. Implementación de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento Autónomo es un método que fomentará y coadyuvará en los logros de las empresas, para orientar en el camino idóneo y del mantenimiento a los equipos que compone las celdas electrolíticas como son bombas de mercurio y motoreductores de las celdas, donde el mantenimiento autónomo mejorara el funcionamiento de los equipos en mejores condiciones, así alargando el tiempo de vida útil, teniendo en cuenta que las mejoras reflejara en la eficiente de producción.

Tabla 22. Pasos para el establecimiento del Mantenimiento Autónomo

Nº	PASOS	DETALLES
1	Limpieza Básica	Limpieza general de polvo o cualquier tipo de contingencia.
2	Medidas contra los Problemas	Prevenir suciedad, polvo o cualquier tipo de contingencia.
3	Estándar de limpieza y lubricación	Establecer estándares de gasto de mantenimiento y engrase si es que lo requiere.
4	Inspección general de los equipos	Descubrir y corregir defectos menores de los equipos en coordinación con los supervisores
5	Inspección Autónoma	Crear y emplear chequeos de inspección a los equipos en general
6	Orden y Organización	Sistematizar a fondo el control del mantenimiento.
7	Implementación de Gestión	Implementación de políticas y metas.

Fuente: Elaboración propia

Por tal razón, el mantenimiento autónomo es un pilar del TPM que busca que los operadores sean responsables de los mantenimientos que requieran los equipos comprometidos en el proceso de producción, en nuestro caso en el área de celdas electrolíticas que ayude en la mejora de producción de la soda caustica.

El personal operario y técnicos del mantenimiento de las celdas de la planta química, en especial del área de las celdas de la empresa Quimpac S.A, deben ser los únicos responsables en las contingencias que presentan las celdas electrolíticas, por ello deben ser ellos quienes deben promover y poner en práctica estos pilares del TPM. La existencia del compromiso de todo el personal operario y personal técnico de mantenimiento del área debe ser efectiva e idónea, aplicando la implementación del Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento autónomo de los equipos que conforman las bombas de las 40 celdas electrolíticas, motorreductores y limpieza general de todas celdas electrolíticas, se debe realizar a través de la designación de responsabilidades en el personal, según sus habilidades y nivel de conocimiento.

Durante el proceso de implementación de estos dos pilares de TPM se recogerán todo el comportamiento de los parámetros mediante chech list y planillas, el cual servirá para el

análisis de datos de los parámetros, se recogerán los datos, como nos indica en la **tabla N°23** y todas las observaciones.

Tal como se indican los parámetros de los equipos que componen las celdas, estos parámetros controladas y tomadas los datos día a día por los operadores a cargo de estas actividades en el área de celdas electrolíticas de planta química.

Tabla 23. Parámetros a registrar en la celda electrolítica

PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS	
1	Amperaje de bomba
2	Nivel de mercurio en la cuba
3	Presión de cátodo móvil
4	Desajuste de pernos de bomba
5	Inspección de limpieza
6	Fuga de mercurio
7	Análisis de amalgama

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, bajo esta investigación se desarrollará la aplicación como pilares de mantenimiento productivo total (TPM), el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado, por ser primordiales en el mantenimiento productivo total (TPM) por ser la mejor opción en la aplicación en un corto plazo, en el área de celdas electrolíticas de la empresa QUIMPAC S.A

El mantenimiento autónomo es una de las fases de la preparación de las condiciones de inducción, en la instrucción del personal de todos los colaboradores del área, en la metodología del TPM. Es factible que el mantenimiento autónomo sea implementado en el área de la empresa que hay mayores problemas en cuanto en los equipos que componen las celdas y afectando la producción, siendo que; si se opta en aplicar en toda la empresa, corre riesgo de tener una incapacidad de aplicación que acarrea el fracaso total.

Por consiguiente, una serie actividades que se realiza diariamente por los operarios encargados del área de celdas electrolíticas, podría la detención de posibles fallas antes que sean graves y que afecta la producción de planta química de la empresa QUIMPAC S.A en Oquendo 1

Por ello; se debe desarrollar la capacidad de encontrar anomalías para prevenir contingencias en las celdas electrolíticas que no debe salir fuera de servicio y dejar de producir, se debe optar en tener una limpieza general e inspección del estado de los equipos y entre otros en funcionamiento.

La implementación de mantenimiento autónomo debe ser supervisada por el jefe o supervisor del personal del área, para que todas las actividades se lleven conjuntamente en coordinación con los supervisores del área, donde los operadores responsables tendrán el Check List, para registro de las actividades diarias para un mayor seguimiento de las actividades realizadas.

2.7.3.2. Actividades de Mantenimiento Autónomo.

Los operarios del área de celdas electrolíticas son los únicos responsables de poner en práctica estos dos pilares del mantenimiento productivo total, que debe ser vigilada y supervisada por un operador o jefe capacitado y/o con conocimientos en el área de celdas electrolíticas. Por lo tanto; ellos son los encargados de realizar las distintas actividades de proyección de mantenimiento u/o de ejecución, de acuerdo a sus conocimientos o habilidades, por ejemplo:

- Actividades Básicas Rutinarias
- Limpieza e Inspección de los equipos
- Verificación de los Niveles de Hg y de las bombas
- Otras actividades, de acuerdo a las contingencias presentadas.

Para lograr, que el TPM funcione con la mejor organización, se debe realizar capacitaciones a los operarios y/o jefes que serán encargados de realizar las actividades del TPM en las celdas electrolíticas, por medio del mantenimiento autónomo.

Podemos decir que la implementación del mantenimiento autónomo como pilar del TPM, traerá mejoras no solo a las máquinas en este caso a las celdas electrolíticas, sino también para los mismos trabajadores por las capacitaciones constantes. Cabe recalcar que la implementación del mantenimiento autónomo no se verá reflejado inmediatamente, pero se tendrá la prevención de seguimiento adecuados de las celdas electrolíticas, siendo que se podrá diseñar estrategias adecuadas y poder así elevar la productividad. Dicha implementación generará un clima laboral eficiente e interacción entre los trabajadores del área de producción y de mantenimiento, siendo reflejado de forma positiva para la empresa,

por ejemplo, si en una empresa tenemos 10 máquinas de producción de cualquier producto, y cada una de esta produce 1000 diario, teniendo un total de 10000 unidades por día, siendo que en 18 días del mes se han malogrado 1 maquina cada día, tenemos una pérdida de 18000 unidades por mes. Si se aplicaría el TPM, tendríamos un menor riesgo de sufrir anomalías o desperfectos mensuales, reduciendo las perdidas e incrementando las ganancias.

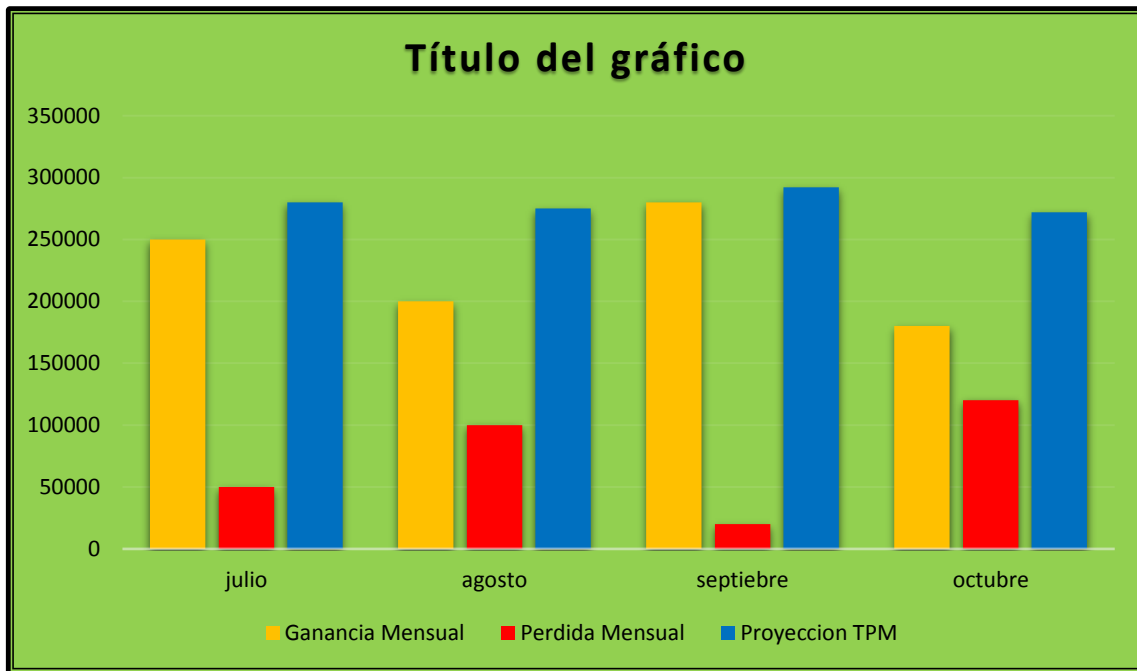


Figura 35. Ejemplo de proyección

2.7.3.2.1. Ejecución del mantenimiento autónomo

Para empezar con la ejecución del mantenimiento autónomo, tenemos que brindar al personal calificado en la nueva implementación del TPM una concientización y formación en la aplicación del TPM, siendo que estos serán los encargados de concientizar a sus compañeros de trabajo para la prevención y un planificado mantenimiento de las bombas donde se encuentran las celdas electrolíticas

2.7.3.2.1.1. Concientización y capacitación al personal

Para poder aplicar el TPM se debe en primer lugar concientizar al personal idóneo y a los empleados que laboran en toda la planta. Para dar pase a los implementos que se necesita para aplicar el TPM.

Quimpac S.A. realizo capacitaciones al personal idóneo, con trayectoria en la empresa y experiencia, como muestra en la siguiente imagen:



Figura 36: Personal después de la reunión

Fuente: Sala de reuniones de la empresa Quimpac S.A. (2019).



Figura 37. Personal después de la reunión

Fuente: Sala de reuniones de la empresa Quimpac S.A. (2019).

Entre los temas abordados en la capacitación y preguntas que se preguntó:

- 1) ¿Qué es TPM y calidad del proceso?
- 2)Cuál es el objetivo de la aplicación de TPM
- 3) Los beneficiados con la aplicación del TPM
- 4) Herramientas que usan el mantenimiento autónomo
- 5) Lo que va a mejorar el mantenimiento autónomo
- 6) Lo que comprende la calidad del proceso.

2.7.3.2.1.2. Formación del personal sobre el uso correcto del chek list.

La correcta aplicación del TPM se debe realizar una formación para involucrar al personal para que desenvuelva sus habilidades, conocimientos y experiencia, para mejorar competitividad y lograr eficiencia para poder sobrellevar con más interés el cumplimiento de su propia labor. Esos conocimientos pueden ser de muchos tipos, con la orientación a culminaciones individuales y organizacionales. Para obtener que dichas capacitaciones den resultados favorables se debe depender de la situación actual y donde se requiera mayor conocimiento. Siendo que la eficiencia de las capacitaciones es que contribuye al desarrollo e incrementa la productividad y calidad de los productos; y por consiguiente mayor vida útil de las celdas electrolíticas.

2.7.3.2.1.3. Planilla de control de mantenimiento

Las observaciones detectadas dentro del mantenimiento de las celdas electrolíticas, deben ser registradas en los formatos check list de mantenimiento que se encuentra en el **anexo 06**, para luego ser cambiadas o reparadas con una planificación o programación, en la próxima intervención del mantenimiento o supervisión de las celdas electrolíticas, se tendrá en cuenta las observaciones y en la cual se procederá con anticipación el cambio respectivo si lo requiere. Las observaciones también serán incluidas en planilla de análisis de amalgamas y planilla de registro de sus parámetros que se encuentra en el **anexo 7** donde se nos permitirá un mayor control de las celdas electrolíticas.

También se encuentra en el **anexo 08**, la planilla de registro de los datos de los análisis de amalgama de las 40 celdas electrolíticas es un parámetro de control para hacer seguimiento de alguna falla de los equipos que es parte de las celdas y así poder identificar para tomar acciones dependiendo del caso se dará el mantenimiento sea preventivo o correctivo, de esa forma mantener en servicio constante las celdas y alcanzar una buena producción.

2.7.3.2.2. Durante la aplicación del mantenimiento autónomo

Después de realizar la capacitación al personal impulsador de este nuevo método, se realizó la implementación del mantenimiento autónomo en el área de las bombas que contiene las celdas electrolíticas, esta prueba sirvió para conocer las respuestas del personal ante una contingencia que se pueda presentar en las bombas.



Figura 38. Personal en proceso de implementación del mantenimiento autónomo

Fuente: Sala de celdas de la empresa Quimpac S.A. (2019).



Figura 39. Personal en proceso de implementación de mantenimiento autónomo

Fuente: Sala de celdas la empresa Quimpac S.A. (2019).

2.7.3.3. Mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado es un conjunto de actividades programadas y realizados por los profesionales técnicos en mantenimiento, eléctrico e instrumentación con experiencia en el área de celdas electrolíticas de la empresa Quimpac S.A.

Se muestra en **anexo 3**, donde se registra los datos en una planilla de mantenimiento, estas tareas son realizadas por el área de mantenimiento y también se muestra la **tabla N°25** de un plan de mantenimiento planificado.

A continuación se muestra en la siguiente tabla pasos para el establecimiento del mantenimiento planificado que se desarrolló en el área de celdas electrolíticas de planta química.

Tabla 24. Pasos para el establecimiento del mantenimiento planificado

Pasos	Detalles
1	Identificar el punto de partida del estado de equipo
2	Eliminar deterioro y dar el mantenimiento al equipo
3	Mejorar el sistema de registros de control
4	Mejorar el sistema de mantenimiento periódico
5	Desarrollo del sistema de mantenimiento predictivo
6	Desarrollo del sistema de mantenimiento general del área

Fuente: Elaboración propia

2.7.3.3.1. Ejecución del mantenimiento planificado

Una vez hecho el plan de mantenimiento, es necesario planificar la ejecución de ese plan.

La planificación diaria es muy sencilla: se trataría de realizar inspecciones diarias, que no es más que determinar la hora en realizarse y quien será el responsable de llevarlas a cabo por cronograma. Para certificar que una labor se realizara es necesario.

A continuación, se detallan las actividades de la ejecución para implantar el pilar de mantenimiento planificado de TPM en esta área de celdas electrolíticas que anterior mente no tenía estos planes de mantenimiento es por eso todo el equipo que compone las celdas no tenían mantenimiento programado solo se desarrollaba el mantenimiento correctivo.

- ✓ Recolección de Datos de la Situación Inicial del Área de la Celda Electrolíticas, en donde tenemos que tomar en cuenta que la forma correcta de recolección de datos y revisión general de los equipos para iniciar con el mantenimiento planificado, recoger toda la información encontrada y donde esta información será analizada para luego hacer un cronograma de los equipos.



Figura 40. Sala de celdas lugar de aplicación de TPM

Fuente: Imagen propia

Continuando con los trabajos de mantenimiento en el área de celdas electrolíticas, en donde los especialistas de la materia, donde los mecánicos, electricistas e instrumentistas manejan toda información de los equipos y ellos son los encargados de este pilar de TPM en área de celdas electrolíticas, para tener un control de su vida útil, los señores encargados del mantenimiento planificado llevarán todo programado su mantenimiento de los equipos y así poder manejar o mantener los más tiempo en servicio

Todos los trabajos de mantenimiento realizados cronogramados por el supervisor de mantenimiento que se encuentra a cargo de hacer cumplir el mantenimiento planificado con toda coordinación de otras áreas relacionadas para realizar los trabajos de mantenimiento.



Figura 41. Supervisores con el personal de mantenimiento

Fuente: Imagen propia

El mantenimiento planificado se dará primero en las bombas de las 40 celdas electrolíticas y es por eso los señores del mantenimiento los mecánicos ejecutando cambio de bomba y repuestos y otros mantenimientos que requiere el equipo y así sucesivamente se dará mantenimiento a todo acuerdo a los cronogramas que maneja el jefe o supervisor del área de mantenimiento



Figura 42. Los mecánicos ejecutando el mantenimiento de bomba

Fuente: Imagen propia

Mantenimiento planificado en su proceso de ejecución, el mantenimiento se está llevando con éxito con todas las coordinaciones de los supervisores y más importante con el compromiso de los señores mecánicos, electricistas, instrumentistas y auxiliares, como se muestra en la imagen el personal esta con el mayor compromiso con esta implementación de la filosofía de TPM.



Figura 43. Personal de mantenimiento planificado

Fuente: Imagen propia

En este proceso de implementación de mantenimiento planificado están más enfocados los supervisores del área de celdas electrolíticas para que la implementación que se dé con éxito y poder mantener la implantación de la filosofía de TPM en esta área así con tiempo extender a mas áreas con la experiencia y resultados favorables que se consiguió en estas áreas de celdas de la planta química de la empresa Quimpac.



Figura 44. Personal de mantenimiento después del trabajo

Con mayor compromiso personal calificado en esta área de celdas electrolíticas está reflejando el resultado de implementación de este pilar de TPM y con mismo involucramiento de personal en general esta área para obtener los buenos resultados, en siguiente imagen se observa otro panorama del área



Figura 45. Mecánico realizando mantenimiento

Fuente: Imagen propia

Se detectaron una serie de observaciones que para el futuro contribuirá a tener un estándar en los tiempos de cada actividad del proceso, los cuales serán plasmadas en hoja de tabla de

observaciones por los supervisores del área, se dará las coordinaciones para dar las responsabilidades fijas al personal de mantenimiento para poder mantener este pilar de TPM.



Figura 46. Personal de mantenimiento en el taller

Se logra una mejora significativa de la productividad del proceso de soda caustica con la implementación de los pilares de TPM como el mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, Gracias al compromiso de involucrarse de todo el personal del área de celdas electrolíticas que es el área más importante de todas las áreas de la planta química de la empresa Quimpac.



Figura 47. Personal de mantenimiento después de realizar el trabajo



Figura 48. Personal en la oficina de supervisión


Plan anual de mantenimiento planificado

Tabla 25. Formato de mantenimiento planificado

Ítem	Ubicación	Equipo	Tipo	Actividades	Tiempo	Frecuencia	Responsable
1	Área de celdas	Celda electrolítica	Eléctrico	Desenergizado del motor	20 min	4 meses	Técnico eléctrico
2				Desenergizado de moto reductores	35 min	6 mese	
3				Verificación del amperaje	15 min	4 veces al mes	
4				Activar y desactivar los térmicos en los paneles	20 min	2 veces al mes	
5			Mecánico	revisión de las bombas y su reparación	3 horas	4 meses	Técnico mecánico
6				Lavado de desamalgamador	4 horas	6 meses	
7				lavado de intercambiador de calor	3 horas	6 meses	
8				Cambio de cabezales de la celda	5 horas	7 meses	
9				Cambio de laterales de la celda	5 horas	7 meses	
10				Cambio de ánodos de titanio	4 horas	12 meses	
11			Instrumentación	Calibración de los termómetros de las celdas	30 min	6 meses	Técnico instrumentista
12				Revisión de transmisores de presión	20 min	6 meses	
13				Revisión de las válvulas neumáticas	35 min	6 meses	
14				Cambio de rotámetros de nivel de agua	40 min	12 meses	

Fuente: Elaborado por el equipo de mantenimiento

Tabla 26. Formato de medición de mantenimiento planificado

 QUIMPAC S.A.		MEDICIÓN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO	
RESPONSABLE DE LOS EQUIPOS			Kevin Gonzales (técnico mecánico)
TOTAL DE BOMBAS			20
Item	Fecha	Código de bombas	Tipo de trabajo
1	01/06/2019	MS1001	trabajo mecánico
2	02/06/2019		
3	03/06/2019	MS1004	trabajo mecánico
4	04/06/2019		
5	05/06/2019	MS1007	trabajo eléctrico
6	06/06/2019		
7	07/06/2019		
8	08/06/2019	MS1010	trabajo mecánico
9	09/06/2019		
10	10/06/2019		
11	11/06/2019	MS1012	trabajo de instrumentación
12	12/06/2019		
13	13/06/2019	MS1014	trabajo de instrumentación
14	14/06/2019		
15	15/06/2019	MS1016	trabajo eléctrico
16	16/06/2019		
17	17/06/2019	MS1019	trabajo eléctrico
18	18/06/2019		
19	19/06/2019	MS1021	trabajo eléctrico
20	20/06/2019		
21	21/06/2019	MS1024	trabajo mecánico
22	22/06/2019		
23	23/06/2019		
24	24/06/2019	MS1027	trabajo mecánico
25	25/06/2019		
26	26/06/2019		
27	27/06/2019	MS1028	trabajo mecánico
28	28/06/2019		
29	29/06/2019		
30	30/06/2019		
Total de bombas con mantenimiento preventivo			12
Total			60%

Fuente: Elaboración propia

2.7.4. Resultados de la aplicación de la metodología de TPM

2.7.4.1. Mejora de la variable independiente de TPM

Sabiendo que la variable TPM está compuesta con el control del mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, estas dos dimensiones, más conocidos como pilares de la filosofía de TPM, en la actualidad una metodología muy importante utilizada por grandes compañías internacionales en los países desarrollados, para poder llevar el control idóneo de toda la información del mantenimiento de los equipos, en este caso concreto del área de celdas electrolíticas, siendo el factor de fortaleza y proyección de riesgo en toma de decisiones y acciones en el mantenimiento de los equipos, siendo que; cualquier desperfecto de los equipos de las celdas electrolíticas serán descubiertas y arregladas anticipadamente a tiempo, para no afectar la producción de la soda caustica liquida al 50% de concentración como producto principal de planta química

Teniendo conocimiento de las fortalezas de TPM, será fácil su aplicación de manera que; se tendrá más ordenada la información de los equipos próximos en ser cambiados o arreglados. Teniendo toda la información de los controles de los parámetros y así poder detectar algunas anomalías que represente deficiencia en los equipos de las celdas, así afectando la producción.

Por ello. Se debe tener la información actualizada de los datos en sus respectivos formatos, para realizar los manteniendo preventivo, sin afectar la producción.



Figura 49. Archiveros de los formatos de control y check list y planillas de los equipos

Fuente: Archiveros según código de equipo, empresa Quimpac S.A. (2019).

Tabla 27. Aplicación Del mantenimiento Autónomo

N°	Semanas	N° DE BOMBAS PROGRAMADAS	N° DE CELDAS ELECTROLÍTICAS PROGRAMADAS	BOMBAS SIN INSPECCIONAR	BOMBAS INSPECCIONADAS SEMANALMENTE	% de Mantenimiento Autónomo
1	1/08/2019	40	8	30	10	25%
2	8/08/2019	40	8	25	15	38%
3	15/08/2019	40	8	20	20	50%
4	22/08/2019	40	8	12	28	70%
5	29/08/2019	40	8	6	34	85%
6	5/09/2019	40	8	8	32	80%
7	12/09/2019	40	8	10	30	75%
8	19/09/2019	40	8	8	32	80%
9	26/09/2019	40	8	2	38	95%
PROMEDIO						66%

Fuente: Elaborado por el equipo de mantenimiento

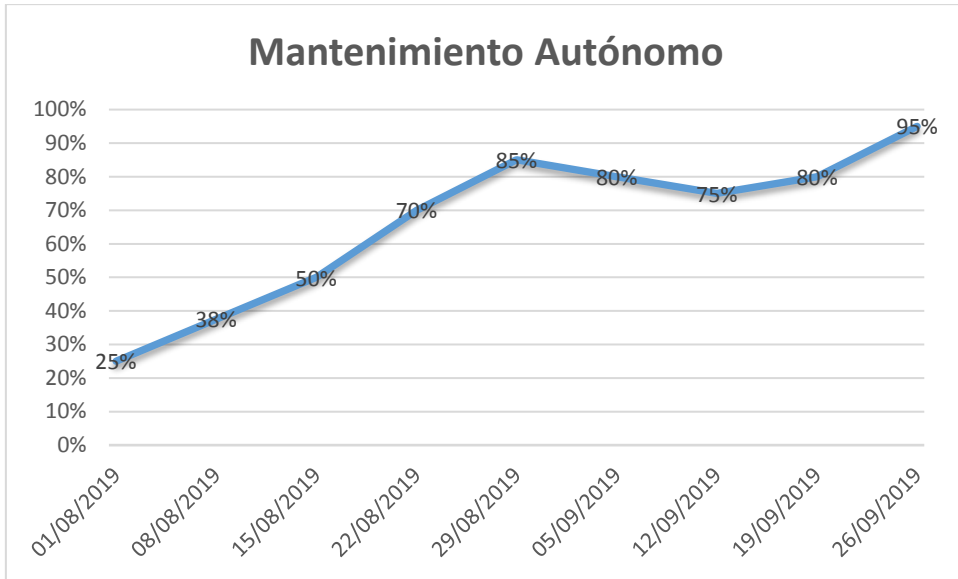


Figura 50. Cumplimiento de proceso de aplicación de Mantenimiento Autónomo

Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar cómo ha subido el porcentaje del Mantenimiento Autónomo en la aplicación de los meses agosto y septiembre, que en la tabla 26 se encuentra detallado de forma semanal.

2.7.4.2. Indicadores de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Mantenimiento autónomo

Tabla 28. Medición de índice de mantenimiento autónomo

ÍTEM	I.M.A = N° de bombas inspeccionadas/total de bombas				
	N°	Semanas	bombas inspeccionadas	total de bombas	porcentaje de índice
1		02/10/2019	20	40	50,00%
2		09/10/2019	20	40	50,00%
3		16/09/2019	25	40	62,50%
4		23/09/2019	25	40	62,50%
5		30/09/2019	25	40	62,50%
6		07/10/2019	30	40	75,00%
7		14/10/2019	30	40	75,00%
8		21/10/2019	38	40	95,00%
9		28/10/2019	38	40	95,00%

Fuente: Elaboración propia

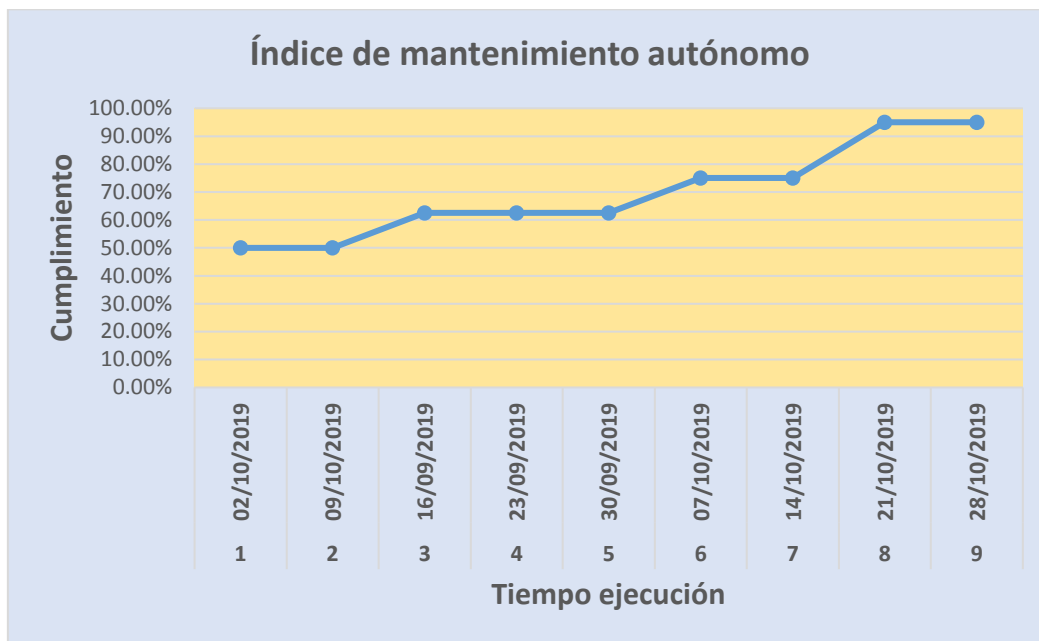


Figura 51. Índice mantenimiento autónomo

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en grafica ha repercutido poco a poco la mejora durante la aplicación del mantenimiento autónomo gracias a la colaboración y el empeño de todo el personal operario del área de celdas, donde esta área inicialmente no contaba con este tipo de mantenimiento, esta implementación se ha dado primero en exclusivo en las bombas de las 40 celdas electrolíticas donde se generaba mayores problemas y afectando directamente a la producción de soda caustica de planta química

Índice de mantenimiento planificado.

Tabla 29. Medición de indicador de mantenimiento planificado

ÍTEM	I.M.P = Equipos con mtto preventivo/total de equipos			
N°	Semanas	bombas con mtto preventivo	total de bombas	índice
1	02/10/2019	5	40	12,50%
2	09/10/2019	5	40	12,50%
3	16/09/2019	10	40	25,00%
4	23/09/2019	10	40	25,00%
5	30/09/2019	20	40	50,00%
6	07/10/2019	20	40	50,00%
7	14/10/2019	30	40	75,00%
8	21/10/2019	30	40	75,00%
9	28/10/2019	35	40	87,50%

Fuente: Elaboración propia

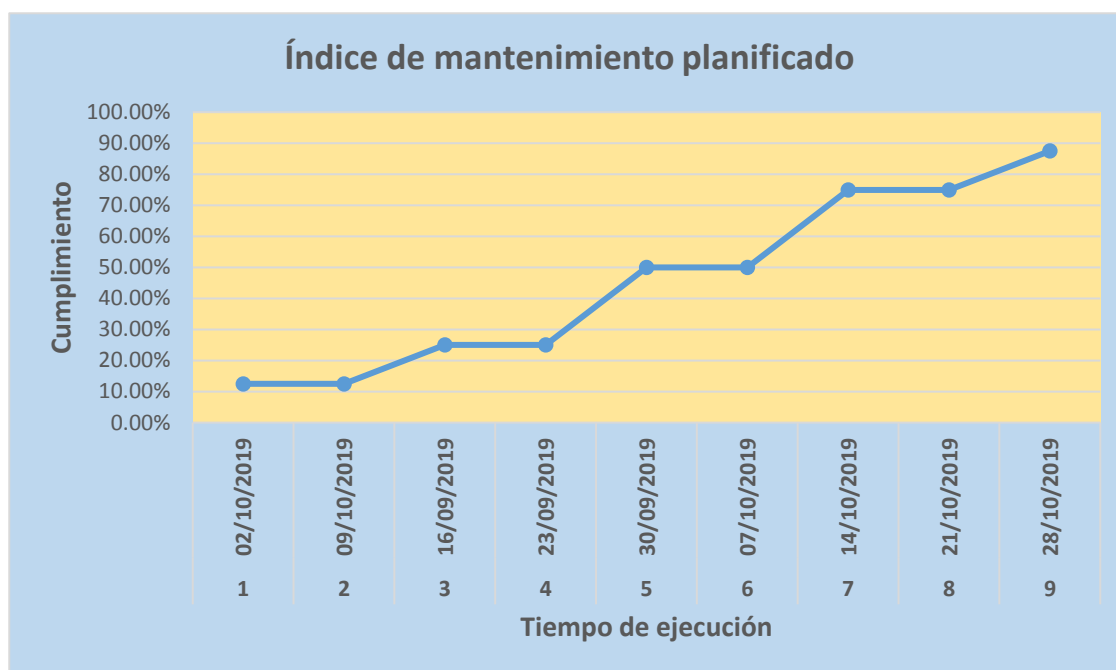


Figura 52. Índice mantenimiento planificado

Fuente: Elaboración propia

En esta implementación de la metodología de TPM nos enfocamos en dos pilares como el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado y estamos ejecutando estos dos

pilares en el área de celdas electrolíticas, como se observa en figura N°26 el cumplimiento de la ejecución del pilar de mantenimiento planificado se estaba llevando a cabo gracias todo el personal de mantenimiento por el involucramiento de cada uno para cumplimiento de esta implementación de TPM y todo el empeño de los supervisores las áreas producción y de mantenimiento.

2.7.4.3. Indicadores de la variable dependiente.

En esta se dará a conocer a indicadores de la productividad de soda caustica de planta de la empresa Quimpac, se dará a conocer la cantidad de producción mensual, eficiencia del corriente como la materia prima principal y la eficacia de la producción.

Tabla 30. Producción de soda caustica antes y después de la implementación

Cuadro comparativo de producción del mes julio y octubre			
Días	prod. Julio	prod. Octubre	Diferencia de prod.
1	69,613	182,927	113,314
2	154,342	182,964	28,622
3	168,952	200,419	31,467
4	175,521	180,176	4,655
5	119,018	167,574	48,556
6	168,684	178,827	10,143
7	195,479	175,437	-20,042
8	166,594	180,045	13,451
9	165,056	179,684	14,628
10	164,245	200,495	36,250
11	171,268	176,570	5,302
12	175,270	177,943	2,673
13	141,646	179,241	37,595
14	184,836	170,402	-14,434
15	176,033	176,604	0,571
16	169,977	173,394	3,417
17	176,162	173,541	-2,621
18	164,333	177,011	12,678
19	165,573	180,702	15,129
20	171,353	177,033	5,680
21	192,721	166,418	-26,303
22	170,348	179,214	8,866
23	170,064	183,616	13,552
24	173,044	201,051	28,007
25	172,912	181,352	8,440
26	173,037	172,864	-0,173
27	177,408	181,710	4,302
28	195,182	182,062	-13,120
29	196,823	177,252	-19,571
30	177,001	179,041	2,040
total	5042,495	5395,569	353,074

Fuente: Base de datos de hoja de producción

En esta tabla se da a conocer la producción antes la implantación de TPM del mes julio del presente año y después de la implementación del mes octubre del presente año.

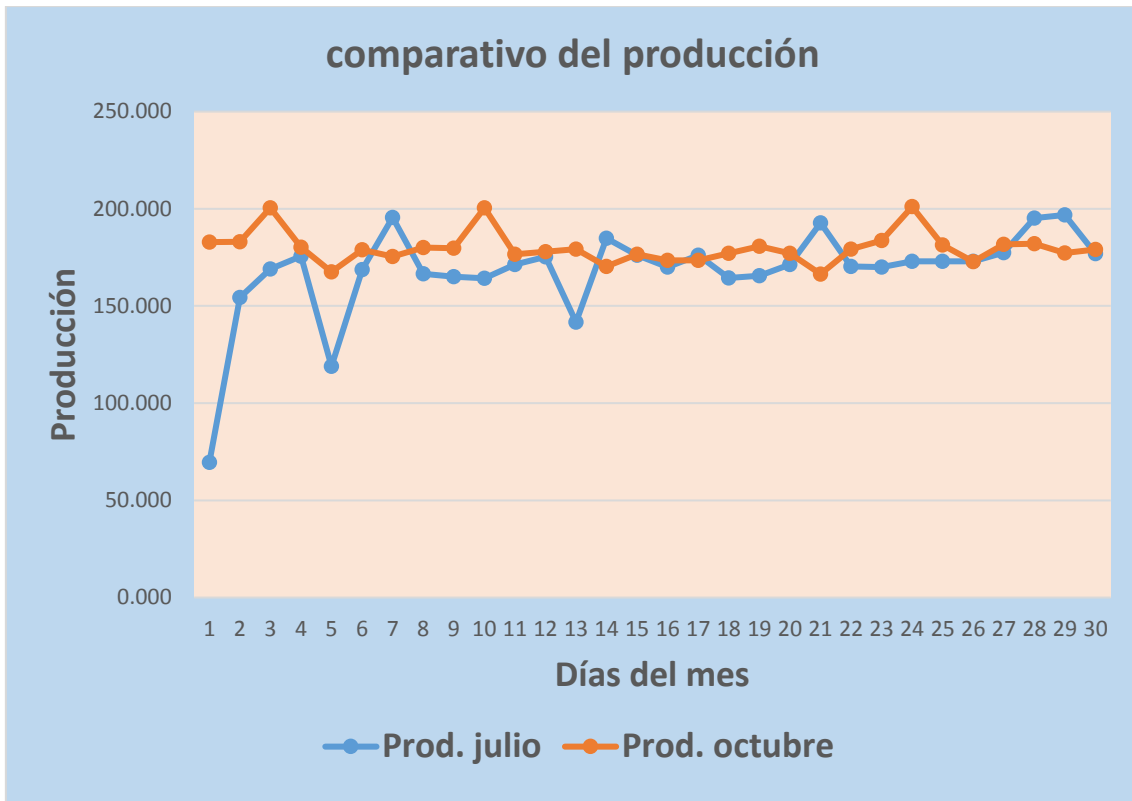


Figura 53. Grafica de producción antes y después

Fuente: Elaboración propia

En esta grafica se observa la mejora de productividad de soda caustica de la planta química de la empresa Quimpac después de la aplicación la metodología de TPM en dos pilares como es el mantenimiento autónomo y planificado, primeramente, se está dando la aplicación del TPM en las bombas de todas las celdas que generaban mayores problemas y así afectando la producción de soda caustica

2.7.4.4. Comparativo de la eficiencia antes y después de la implantación de TPM

La eficiencia de la producción está basado al consumo de energía como la materia prima principal, para la producción de soda caustica

Tabla 31. Eficiencia de producción antes y después

comparativo de eficiencia del mes julio y octubre		
días	eficiencia de julio	eficiencia de octubre
1	94,18	94,08
2	93,46	94,00
3	93,72	93,69
4	93,49	94,19
5	93,58	94,28
6	93,80	93,75
7	94,09	93,55
8	94,20	93,60
9	93,64	94,17
10	93,79	94,08
11	93,98	93,45
12	94,25	93,86
13	93,98	93,97
14	93,12	94,10
15	93,94	94,15
16	93,13	94,26
17	94,46	94,18
18	93,60	94,23
19	93,21	94,36
20	93,67	93,98
21	93,15	94,17
22	93,27	94,20
23	92,96	93,84
24	93,75	94,35
25	92,55	93,84
26	92,33	93,48
27	92,67	93,93
28	90,59	93,40
29	91,97	93,49
30	94,28	93,27
promedio	93,43	93,93

Fuente: Base de datos de la hoja producción

En esta tabla se muestra la eficiencia antes y después de la implementación de TPM en sus dos pilares mantenimiento autónomo y planificado, a continuación, se muestra la gráfica de la eficiencia.

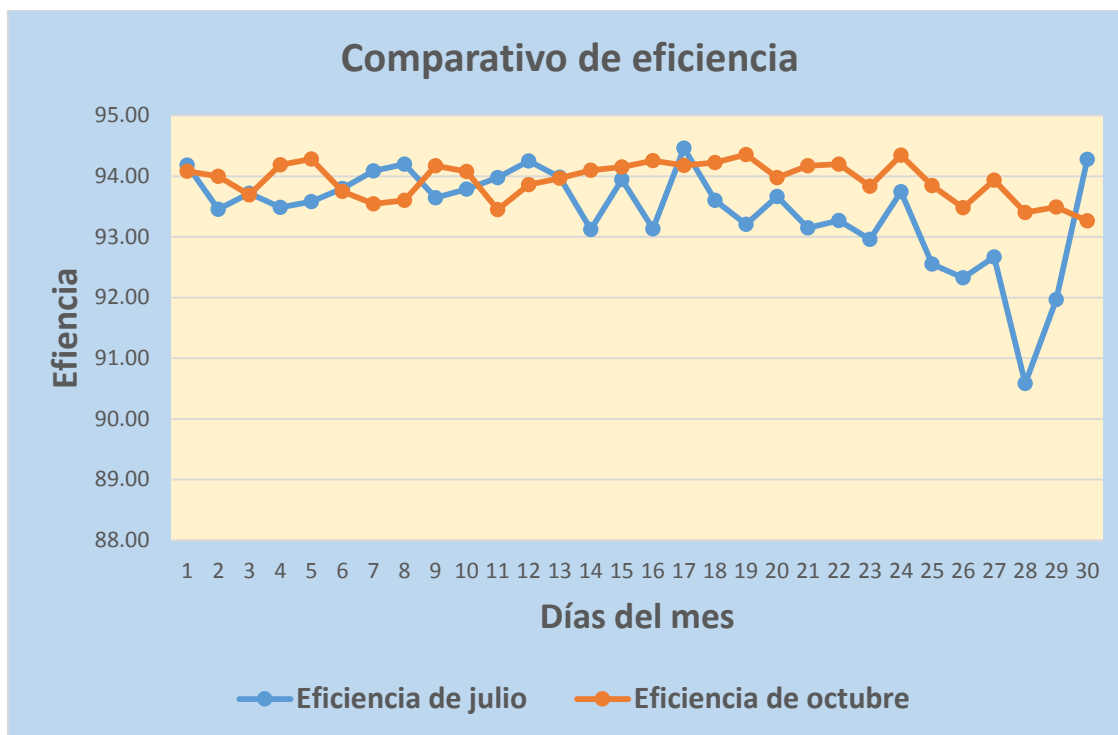


Figura 54. Eficiencia de producción

Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se observa la diferencia del comportamiento de la eficiencia de la producción de soda cáustica, se nota una ligera mejora esto se debe a que la energía es bien controlada, la producción relacionado a la cantidad de energía consumida en este caso por problemas en los equipos como en las bombas automáticamente corta la energía el sistema de las celdas y quedando las celdas fuera de servicio.

2.7.4.5. Eficacia de la producción antes y después de la implementación de TPM

La eficacia nos dará a conocer en cuanto mejoró la producción de soda caustica después de la implementación de TPM en sus dos pilares, priorizando la aplicación de esta metodología en las bombas que siempre generan problemas así generando baja producción, a continuación, se muestra la tabla de eficacia de la producción antes y después.

Tabla 32. Eficacia antes y después

comparativo de eficacia del mes julio y octubre		
días	eficacia de julio	eficacia de octubre
1	34,81%	91%
2	77,17%	91%
3	84,48%	100%
4	87,76%	90%
5	59,51%	84%
6	84,34%	89%
7	97,74%	88%
8	83,30%	90%
9	82,53%	90%
10	82,12%	100%
11	85,63%	88%
12	87,64%	89%
13	70,82%	90%
14	92,42%	85%
15	88,02%	88%
16	84,99%	87%
17	88,08%	87%
18	82,17%	89%
19	82,79%	90%
20	85,68%	89%
21	96,36%	83%
22	85,17%	90%
23	85,03%	92%
24	86,52%	101%
25	86,46%	91%
26	86,52%	86%
27	88,70%	91%
28	97,59%	91%
29	98,41%	89%
30	88,50%	90%
promedio	84,04%	89,93%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se muestra eficacia de la producción del mes de julio y octubre para hacer una comparación de eficacia de los ambos meses y resaltar en cuanto mejoro la eficacia de estos dos meses del presente año, a continuación, se muestra la gráfica.

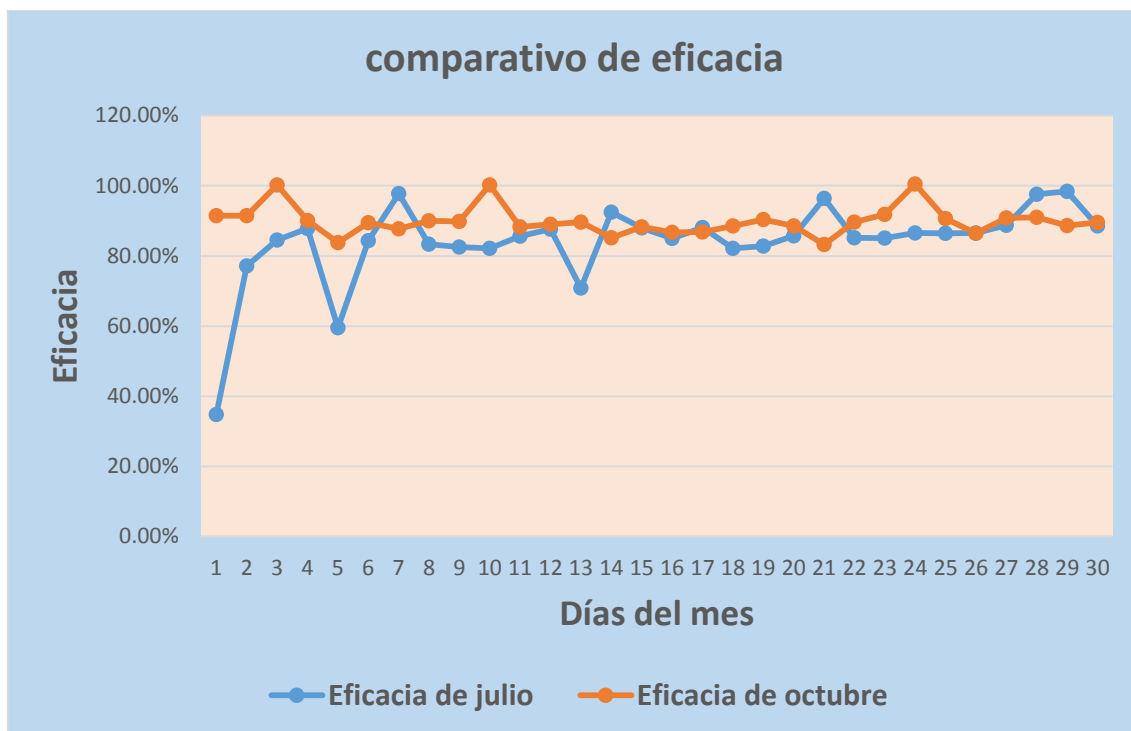


Figura 55. Eficacia de la producción

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica de eficacia se observa una constante producción de soda caustica después de la aplicación de TPM con dos pilares que si realmente ha reflejado la mejora de producción gracias a la implementación de dos pilares adecuados para dar la solución a los problemas de fallas que se daba en las bombas de las celdas en sus mayores veces.

2.7.4.6. Cuadro de resumen de los índices de producción antes y después

2.7.4.6.1. Producción mensual antes y después de aplicación de TPM

En el cuadro se muestra la cantidad de producción antes y después de implementación de TPM en el área de celdas que es el área principal de dicha proceso de producción y también muestra la diferencia que producción entre los meses, de la forma se muestra eficiencia y eficacia del producción a continuación se muestra la gráfica de cada índice de producción para una mejor ilustración de las mejoras que refleja en nuestra productividad de soda caustica en la planta química, gracias a todo el personal operario y mantenimiento por su compromiso para poder lograr estas mejoras o estas objetivos.

Tabla 33. Comparación de producción antes y después

Comparativo general del índice de producción			
índices	mes de julio	mes de octubre	diferencia
Producción en TM	5214,622	5597,158	382,536
eficiencia	94,30%	94,61%	0,31%
eficacia	84,11%	90,28%	6,17%

Fuente: Elaboración propia

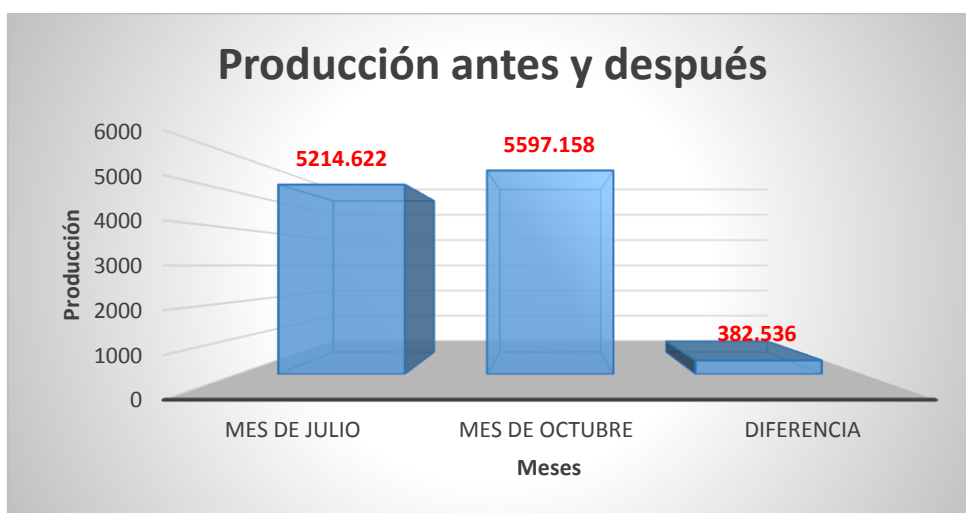


Figura 56. Comparación de producción

Fuente: Elaboración propia

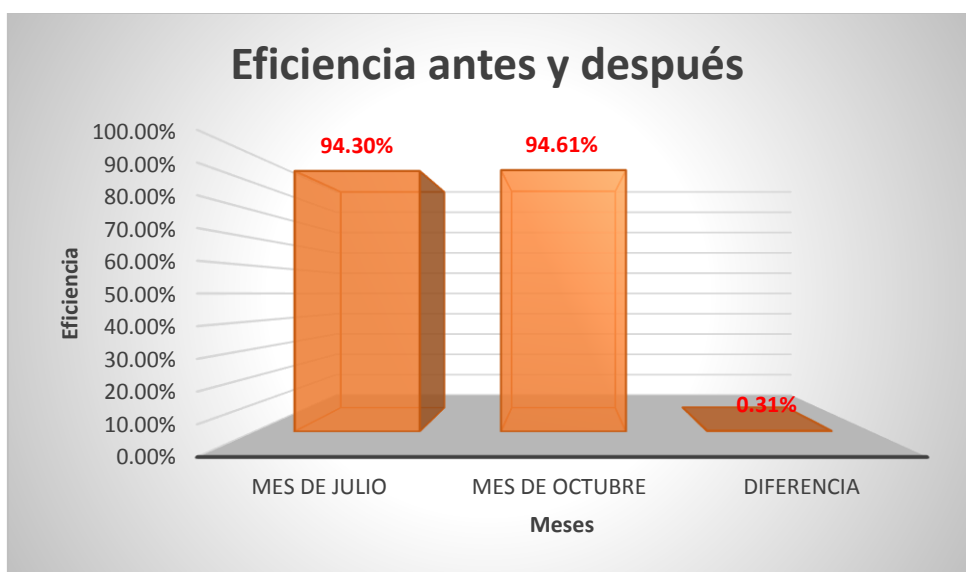


Figura 57. Comparación de eficiencia de producción

Fuente: Elaboración propia

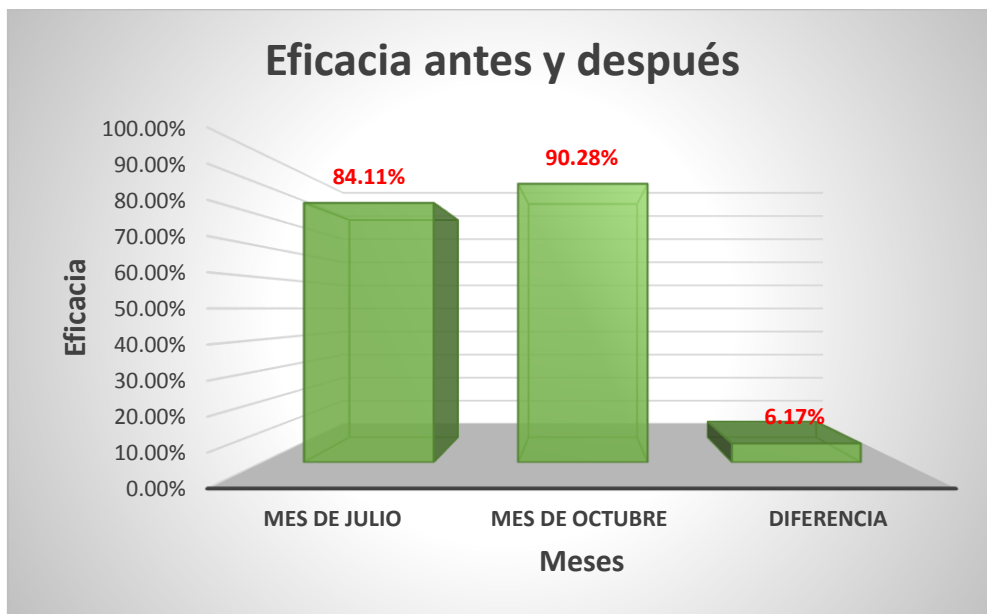


Figura 58. Comparación de eficacia de producción

Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas se observa en cuanto mejoró la producción después de la aplicación de TPM y que resultados se llegaron después de la implementación de esta metodología en cuanto a su capacidad de producción, eficiencia y eficacia de dicho proceso de soda caústica de planta de la empresa Quimpac S.A.

2.7.5. Análisis económico – financiero

De acuerdo con Gine (2001), las ganancias que obtenemos al implementar una mejora en un proceso, pueden llegar a variar. El beneficio y costo tiene como fin el comparar los ingresos que se generaran con los costos de implementación. La diferencia que existe entre los costos netos y los ingresos serán los indicadores para ver el reflejo de los resultados (p. 21).

En este paso estableceremos si la inversión del proyecto de mejora es la más adecuada para el proyecto y análisis de nuestra investigación.

Tabla 34. Recursos – Materiales.

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Lapicero	2	S/. 1.00	S/. 2.00
Resaltador	2	S/. 3.00	S/. 6.00
Tinta de Impresora	1	S/. 35.00	S/. 35.00
Boletines Informativos	50	S/. 0.50	S/. 25.00
Impresiones	50	S/. 0.20	S/. 10.00
Otros Gastos		S/. 100.00	S/. 100.00
		SUB TOTAL	S/ 178.00

Fuente: Elaboración propia

Tenemos un monto total de los materiales que utilizaremos de 178 soles.

Tabla 35. Recursos – Mano de obra

Cant. de Personal	Mano de obra	Horas Hombre	Costo por hora	Costo Total
10	Operarios	10	S/. 100.00	S/. 10,000.00
			SUB TOTAL	S/ 10,000.00
Cant. de Personal	Recursos	Costo Unit S/	Costo Total	
1	Capacitaciones	100	S/. 100.00	
2	Charla de supervisores	50	S/. 100.00	
5	Compra de EPPS	100	S/. 500.00	
2	Coordinadores de Area	50	S/. 100.00	
			SUB TOTAL	S/ 800.00

Fuente: Elaboración propia

Tenemos un monto total de la Mano de obra que emplearemos de 10.800 soles.

Tabla 36. Costo de inversión

Detalle	Costo Total
Recurso Humano	S/ 10,800.00
Materiales	S/ 178.00
Total	S/ 10,978.00

Fuente: Elaboración propia

La **tabla 36**, muestra el costo que se hará de invertir para la propuesta de mejora dando un monto de S/ 10.978.00, en la cual este dato nos servirá para determinar si el proyecto fue factible realizarse en base a los beneficios que se obtendrá.

Tabla 37. Incremento de la producción

PRODUCCIÓN				
ANTES		AHORA		INCREMENTO
5042 tn	Produccion Final	5395 tn	Produccion Final	353,074 Tn
\$ 230.00	sin TPM	\$ 230.00	PTM implementado	
1159660		S/ 1,240,850.00		S/ 81,190.00 VENTAS
\$ 3,826,878.00		\$ 293,700.00		\$ 828,571.00

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 37**. Podemos mostrar el incremento de producción del cual asciende a una cantidad de soda caustica liquida en 5395 tn por mes. Con una producción sin la planificación del TPM teniendo un promedio 5042 tn de soda caustica, que ascendía a costo total de ventas en \$828,571.00 al mes y luego con la implementación la producción incrementa en 353,074 tn por mes.

Tabla 38. Sostenimiento de la mejora

Cantidad	Recursos	Costo U	Costo T	
1	Manual de procedimientos	S/. 25.00	S/. 25.00	
20	Materiales de impresión	S/. 1.00	S/. 20.00	
1	Auditoria	S/. 50.00	S/. 50.00	
1	Mantenimiento de los	S/. 200.00	S/. 200.00	
1	EPP'S	S/. 200.00	S/. 200.00	
5	Repuestos para bombas	S/. 100.00	S/. 500.00	
Sub TOTAL		S/. 576.00	S/. 995.00	
Cantidad	Mano de obra	H-H	C.U	C.T
10	Operarios en sala de celda	8	S/ 1,000.00	S/ 10,000.00
5	Mecanicos de mantenimiento	8	S/ 1,500.00	S/ 7,500.00
3	Operarios de apoyo	8	S/ 900.00	S/ 2,700.00
2	Supervisores	8	S/ 2,000.00	S/ 4,000.00
Sub TOTAL			S/ 5,400.00	S/ 24,200.00
TOTAL				25,195.00

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 38**, Se muestra el costo de sostenimiento de S/.25,195.00 este costo es importante considerar porque no solo se trata de implementar una mejora y cumplir el objetivo, sino también hacer que la propuesta de mejora se mantenga con el tiempo.

Tabla 39. De Margen de Contribución

MARGEN DE CONTRIBUCIÓN	
INCREMENTO DE VENTAS	S/ 81,190.00
INCREMENTO DE Costo Variable	S/25,195.00
INCREMENTO DE MARGEN C.	S/55,995.00

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 39**, de margen de contribución se procederá a analizar el beneficio/costo. Cabe mencionar que solo se está considerando el beneficio en incremento en comparación de pre test y post test. Donde nos muestra como el incremento de ventas asciende a \$/ 828,571.00. Teniendo un costo variable de S/. 25,195.00 y con un incremento del margen de contribución de S/. 55,995.00.

Tabla 40. Flujo de Caja Mes de Octubre

FLUJO DE CAJA					
	0	1	2	3	4
INCREMENTO DE VENTAS		S/81,190.00	S/81,190.00	S/81,190.00	S/81,190.00
INCREMENTO DE COSTO VARIABLE			-S/25,195.00	-S/25,195.00	-S/25,195.00
COSTO DE HERRAMIENTA	-S/	10,978.00	-S/110.00	-S/110.00	-S/110.00
FLUJO DE CAJA	-S/	10,978.00	S/55,885.00	S/55,885.00	S/55,885.00

Fuente: elaboración propia

En la **tabla 40**, tenemos nuestro flujo de caja que varía en 6 semanas que empleamos del mes octubre del presente año, así mismo podemos observar como nuestro flujo de caja obtiene los beneficios obtenidos a través de estos.

Tabla 41. Tasa de Retorno

VAN	S/138,403
TIR	50,7%
B/C	S/3.22

Fuente: elaboración propia

En nuestra **tabla 41**. Podemos observar cómo nuestro VAN (Valor actual neto) llega a ser de S/. 138,403 soles, teniendo como nuestro TIR (tasa interna de retorno) un beneficio

rentable del 50,7% al aplicar el TPM a nuestro proyecto de investigación. Para concluir con el análisis financiero veremos los resultados que nos dejaron Beneficio y Costo.

Los indicadores que el B /C tienen nos indica que;

- Mientras $B/C > 1$, la inversión en el proyecto se considera buena
- SI $B/C = 1$, La proyección de la inversión tendrá un retorno optimo
- Por otro lado, si $B/C < 1$, La inversión se considera como inoportuna y que no tiene beneficio alguno.

Nuestros datos finales nos indican que la proyección de nuestro proyecto tiene como B/C un total de 3.22, lo que se considera buena.

Tabla 42. Análisis de Sensibilidad

	100%	50%	30%
	OPTIMISTA	MODERADO	PESIMISTA
precio de venta por tonelada	S/. 850.00	S/. 425	S/. 255
Costo de producción	S/. 100.00	S/. 50	S/. 30
Incremento de ventas	S/. 81,190	S/. 40,595	S/. 24,357

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 42**, de análisis de sensibilidad podemos observar cómo en un escenario optimista se tiene un precio de venta de S/. 850.00, Con un costo que asciende a los S/. 100.00 y obteniendo un incremento de ventas de S/. 81,190.00.

Al tener un análisis de un escenario moderado se tiene un precio de venta que aborda alrededor de S/. 425 con un costo que se llega a obtener los S/. 50 y obteniendo un incremento de ventas alrededor de S/. 40,595

Al tener un análisis de un escenario pesimista se tiene un precio de venta que aborda alrededor de S/. 255 con un costo que se llega a obtener los S/.30 y obteniendo un incremento de ventas alrededor de S/. 24,357.

En conclusión, al tener un breve análisis de sensibilidad podemos observar que desde los tres escenarios posibles se puede seguir siendo rentable.

III. Resultados

3.1 Análisis Descriptivo

3.1.1 Análisis descriptivo de la Variable Independiente

3.1.2 Análisis descriptivo de la Variable Dependiente

Eficacia de la productividad

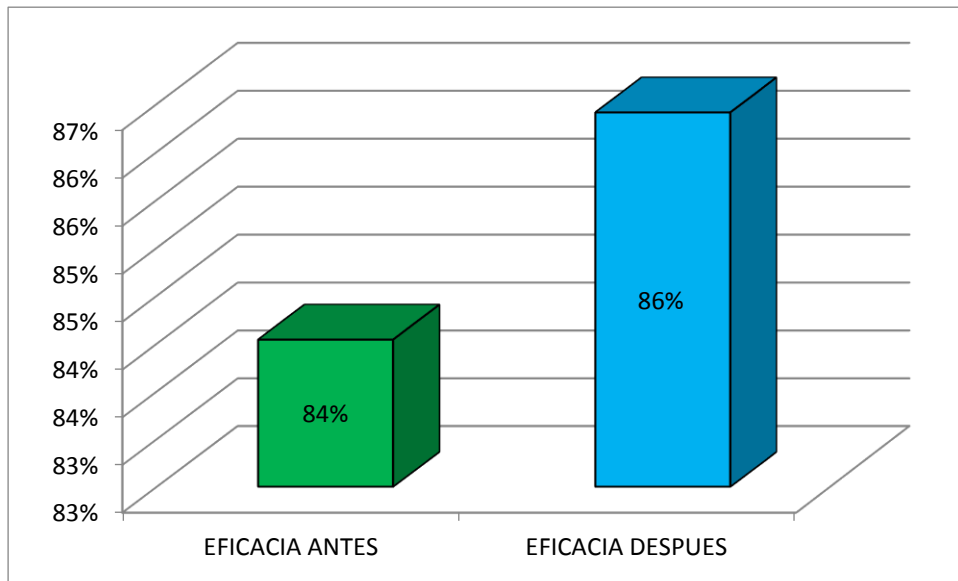


Figura 59. Eficacia de productividad

El gráfico de la eficacia de la productividad nos muestra que ha mejorado, antes de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total tenía un 84%, y después de la aplicación del TPM se obtiene 86%, la mejora lograda en el último mes de octubre de la implementación de TPM es del 2%, por lo tanto, ha mejorado la eficacia de productividad de soda caustica de planta química de la empresa Quimpac S.A

Eficiencia de la productividad

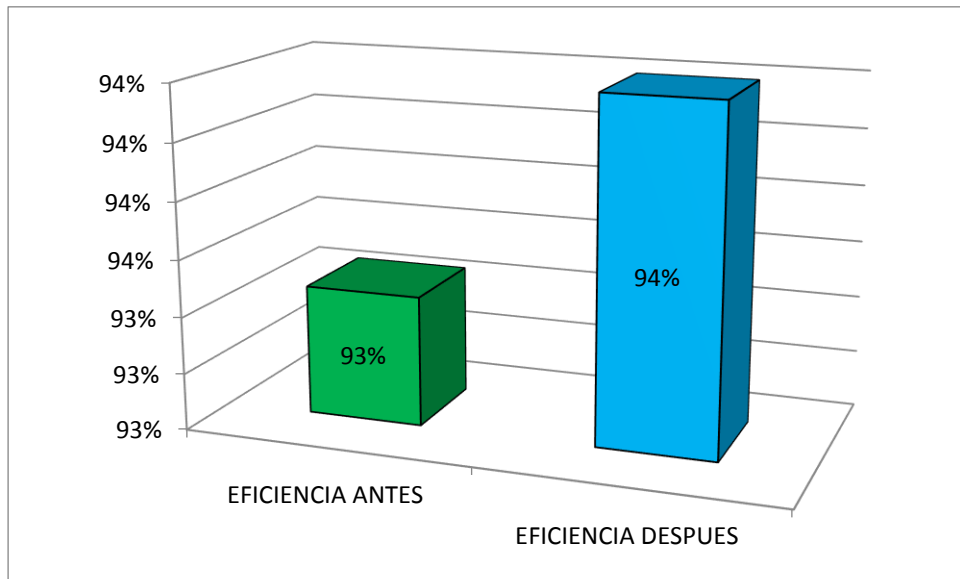


Figura 60. Eficiencia de productividad

El gráfico de la Eficiencia nos muestra que ha mejorado con la aplicación del Mantenimiento Productivo Total, antes nuestra eficiencia era de un 93%, después de la aplicación del TPM se obtiene 94%, hay un incremento 1% en el último mes de octubre de la implementación, por lo se refleja una mejora de eficiencia de la productividad de soda caustica de planta química

Productividad de soda cáustica.

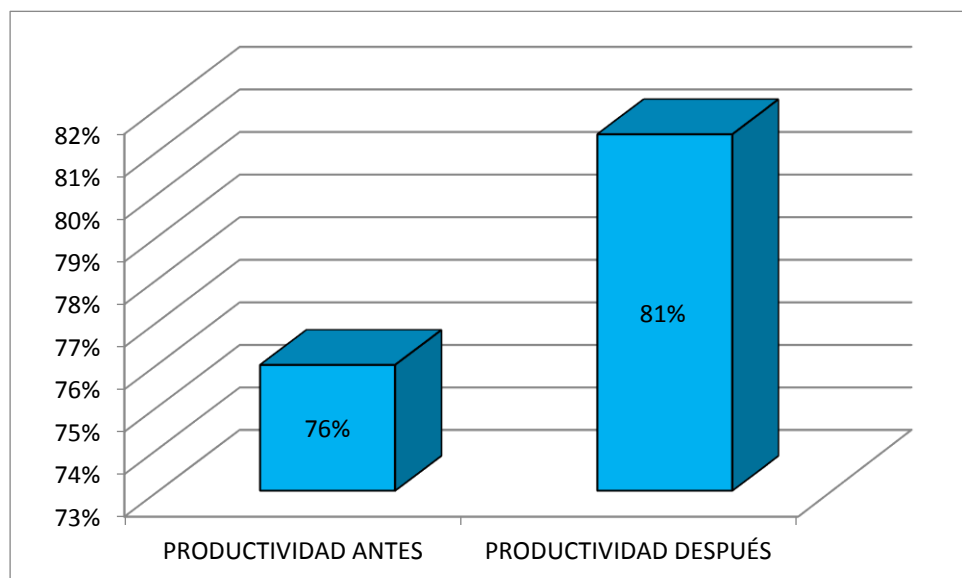


Figura 61. Productividad de soda caustica

El gráfico de la productividad de la empresa Quimpac S.A, de planta química nos muestra que ha mejorado, antes tenía un 76%, y con la aplicación del Mantenimiento Productivo Total se obtiene 81%, existe un incremento en la productividad en 5% en el último mes de octubre, por lo tanto, existe una mayor productividad de soda caustica.

3.2. Análisis Inferencial

3.2.1 Análisis de la hipótesis General: Productividad

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series de la productividad antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 30, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

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

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 43. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PRODUCTIVIDAD ANTES	.708	30	.000
PRODUCTIVIDAD DESPUES	.893	30	.005

a. Corrección de significación de Lilliefors

De la **tabla 43**, se puede verificar que la significancia de las productividades, antes y después, tienen valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Dado que lo que se quiere es saber si la productividad ha mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

Regla de decisión

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

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

Tabla 44. Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PRODUCTIVIDAD ANTES	30	.7843	.10985	.33	.92
PRODUCTIVIDAD DESPUES	30	.8143	.08419	.60	.95

De la **tabla 44**, ha quedado demostrado que la media de la productividad antes (0.7843) es menor que la media de la productividad después (0.8143), por consiguiente, no se cumple.

$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula donde la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementará la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC. Y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación incrementará la productividad en la planta química de la empresa QUIMPAC. A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

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

Tabla 45. Estadístico de prueba

Estadísticos de prueba ^a	
	PRODUCTIVIDAD DESPUES - PRODUCTIVIDAD ANTES
Z	-.823 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.004
a. Prueba de Wilcoxon de los	
b. Se basa en rangos negativos.	

De la **tabla 45**, se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la productividad antes y después es de 0.004, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la aplicación de nuestra hipótesis donde la aplicación del TPM mejora la productividad.

3.2.2. Análisis de la hipótesis Específica: Eficacia

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series de la eficacia antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 30, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

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

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 46. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICACIA ANTES	.708	30	.000
EFICACIA DESPUÉS	.875	30	.002

a. Corrección de significación de Lilliefors

De la **tabla 46**, se puede verificar que la significancia de las eficacias, antes y después, tienen valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Dado que lo que se quiere es saber si la eficacia ha mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

Regla de decisión

$$H_0: \mu Pa \geq \mu Pd$$

$$H_a: \mu Pa < \mu Pd$$

Tabla 47. Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EFICACIA ANTES	30	.8413	.11803	.35	.98
EFICACIA DESPUÉS	30	.8681	.09196	.63	1.00

De la **tabla 47**, ha quedado demostrado que la media de la eficacia antes (0.8413) es menor que la media de la eficacia después (0.8681), por consiguiente, no se cumple $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula donde la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementará la eficacia en la planta química de la empresa QUIMPAC. Y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación incrementará la eficacia en la planta química de la empresa QUIMPAC. A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas eficacias.

Regla de decisión:

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 48. Estadísticos de prueba

Estadísticos de prueba ^a	
	EFICACIA DESPUÉS - EFICACIA ANTES
Z	-,775 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000
a. Prueba de Wilcoxon de	
b. Se basa en rangos	

De la **tabla 48**, se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficacia antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la aplicación de nuestra hipótesis donde la aplicación del TPM mejora la eficacia.

3.2.3. Análisis de la hipótesis Específica: Eficiencia.

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series de la eficiencia antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 30, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

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

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 49. Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIA ANTES	.768	30	.000
EFICIENCIA DESPUÉS	.574	30	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

De la **tabla 49**, se puede verificar que la significancia de las eficiencias, antes y después, tienen valores menores a 0.005, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Dado que lo que se quiere es saber si la eficiencia ha mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

Regla de decisión

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

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

Tabla 50. Estadístico descriptivo

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EFICIENCIA ANTES	30	.9353	.00819	.91	.95
EFICIENCIA DESPUÉS	30	.9433	.01398	.93	1.00

De la **tabla 50**, ha quedado demostrado que la media de la eficiencia antes (0.9353) es menor que la media de la eficiencia después (0.9433), por consiguiente, no se cumple $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula donde la Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementará la eficiencia en la planta química de la empresa QUIMPAC. Y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación incrementará la eficiencia en la planta química de la empresa QUIMPAC.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas eficiencias.

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

Tabla 51. Estadístico de prueba

Estadísticos de prueba ^a	
	EFICIENCIA DESPUÉS - EFICIENCIA ANTES
Z	-3,380 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.001
a. Prueba de Wilcoxon de	
b. Se basa en rangos	

De la **tabla 51**, se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficiencia antes y después es de 0.001, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la aplicación de nuestra hipótesis donde la aplicación del TPM mejora la eficiencia.

IV. Discusión

En la presente investigación que se logró realizar queda demostrado que la aplicación de mantenimiento productivo total (TPM), en el área de celdas electrolíticas en el proceso productivo de soda caustica de la empresa Quimpac S.A, ya que se pudo lograr cumplir los objetivos que no es otra cosa que determinar las mejoras realizadas en cuanto a la eficiencia y eficacia mediante la reducción de las fallas de los equipos (bombas de mercurio) aplicando dos pilares de TPM como es mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, actividades que no agregan valor al proceso.

En la investigación enfocándose en los resultados obtenidos de la variable dependiente, en este caso productividad, se puede evidenciar que mediante la aplicación del TPM, los pilares mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado en el área de producción de soda caustica, se mejoró la productividad, ya que la media de la productividad antes tenía un valor de 0.708 y la media de la productividad después presenta un valor de 0.893, de los cuales se obtiene una diferencia de 0.185 siendo equivalente a 18.5%, además esto significa un incremento de 26.13%. Esta mejora en la productividad se ve respaldada por Mansilla (2013). Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM). El estudio de enfoque cuantitativo descriptivo experimental, dio como resultados una reducción en los defectos de calidad en los productos no conformes e incremento de producción de primera calidad (línea 1: 57 % y línea 2: 82 %); se disminuyó las paradas de equipos por fallos de proceso (línea 1: 54 % y línea 2: 2%), cantidad de fallos en el área de calidad (línea 1: 68 % y línea 2: 45 %) y la variación de medida, la causa principal de los fallos (línea 1: 13 % y línea 2: 27 %). Se concluye que se realizó una inspección inicial de la producción en las líneas de producción seleccionadas, demostrándose a través de un análisis estadístico que el proceso estaba en malas condiciones y se debían modificar sus valores, por lo tanto, una vez implementado el paso 5 de la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) (estandarización del proceso) se redujo las pérdidas de fabricación de chicle e incremento de la producción de buena calidad.

La mejora reflejada en la productividad de la presente investigación se ve respaldada, también por los autores, Cardona (2015). Estudio de casos de implantación exitosa de TPM en industrias ubicadas en el eje cafetero y norte del Cauca. El objetivo de la investigación fue verificar la eficacia del mantenimiento productivo total como filosofía para mejorar la productividad y contribuir en la competitividad de empresas globales.

La aplicación del proyecto de mejora exigió diversas inversiones tanto en tecnología como en las metodologías aplicadas, estas inversiones fueron en la aplicación de metodología de TPM para un incremento de la productividad. De acuerdo con el análisis de paradas de producción y con la adquisición de equipos y viendo los mismos tiempos de la mano de obra, se observó una disminución significativa en los tiempos de paradas de producción del producto patrón, de 110.05 min a 92.08 min, que equivale un 16% de mejora en la eficacia de producción. Respecto al análisis de la aplicación de metodología de TPM, después de ejecutar las mejoras, se incrementó el 11%, lo cual indica que la mejora fue satisfactoria en corto plazo.

Por último, enfocándose en los resultados obtenidos en las dimensiones, en este caso la eficiencia, se puede evidenciar que mediante la aplicación de TPM en el área de producción de soda caustica se ha mejorado la eficiencia, ya que la media de la eficiencia antes tenía un valor de 0.9353 y la media de la productividad después presenta un valor de 0.9433, de los cuales se obtiene una diferencia de 0.008 siendo equivalente a 0.8% y un incremento de 1.07%. Esta mejora en la eficacia se ve respaldada por Marín y Martínez (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM.

La metodología de la investigación es descriptiva, explicativa y experimental, ya que se describe y se explica las causas por la que sucede algún problema o fenómeno, asimismo se aplica una herramienta de mejora para tener una consecuencia en la eficiencia. En el desarrollo de la propuesta se logra establecer la aplicación de TPM, además se logra que las operarias tengan un ritmo normal de trabajo y comprometidos, además se hicieron capacitaciones al personal de los cambios implantados. Como resultado de la investigación se prevé que mediante la aplicación de TPM, en los pilares de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, por ende, la eficiencia se verá afectada de manera positiva, con la metodología propuesta en el área de producción, la eficiencia antes era de 57% y en el después es de 78%, además en las operaciones del área de corte, la eficiencia antes era de 62% y en el después es de 74%. En conclusión, la implementación de la metodología de TPM, donde permitirá la mejora de distintos procesos en la empresa, buscando la adecuada realización de los procesos cumpliendo los parámetros establecidos, para obtener los niveles de eficiencia óptimos. (p. 30).

V. Conclusiones

La aplicación de la filosofía TPM mejoró el índice de productividad de la planta química de la empresa Quimpac S.A, porque al comparar la producción de soda caustica antes y después de la implementación de esta herramienta en el área de celdas electrolíticas se nota un incremento de producción de 382,536 TM de soda caustica liquida 50% de concentración, ver la tabla N°30 el cuadro comparativo de la producción.

La aplicación de la filosofía TPM en la planta química en el área de celdas, mejoro considerablemente el índices de eficacia en la planta de producción de soda caustica liquida 50%; donde inicialmente se encontraba en el mes de julio del presente año en 84.11% después de la aplicación de TPM en el mes de octubre la eficacia es de 90.28%, donde refleja un incremento en 6.17% de la eficacia de la producción en planta química de la empresa Quimpac. S.A.

Con la aplicación de los dos pilares de TPM como son el mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, que se aplicó para mejorar la producción de la planta fue fundamental para la mejorara de la eficiencia que inicialmente tenía un índice en el mes julio del presente año tenía 94.30% y con la aplicación de estos dos pilares de TPM resulta un incremento de 0.31%, donde después de la aplicación llegando la eficiencia a 94.61% de la producción de soda caustica liquida de 50% de concentración.

Podemos observar cómo nuestro VAN (Valor actual neto) llega a ser de 138,403 soles, teniendo como nuestro TIR (tasa interna de retorno) un beneficio rentable del 50.3% al aplicar el TPM, en área principal que es el celdas electrolíticas de la planta química. Para concluir con el análisis financiero veremos los resultados que nos dejaron Beneficio y Costo, en este caso el $B/C > 1$ es mayor que uno por lo tanto nuestra implementación de TPM es bueno.

VI. Recomendaciones

1. Los supervisores encargados de la implementación de la metodología de TPM en sus dos pilares como mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado recomienda a la gerencia de producción ser parte e impulsar con mayor interés a este iniciativa que se ha dado en el área de celdas electrolíticas, donde la aplicación en esta área fue con éxito por estos resultados se recomienda impulsar con algún bono a todo el personal de este área de celdas de la planta química.
2. los responsables de la aplicación dos pilares de TPM, recomiendan a la gerencia mantener esta implementación y planificar para extender a otras áreas del proceso de soda caustica de la planta para poder incrementar más la producción.
3. Los supervisores y el investigador los impulsores de TPM recomienda al departamento de producción que les reconozcan por este gran iniciativa que dieron en área de celdas electrolíticas, así poder trabajar con mismas ganas para poder aplicar en otras áreas y mantener las áreas que cuenta con TPM
4. También recomienda el investigador al jefe de la planta y a la gerencia contratar más personal operario para el área de celdas electrolíticas siendo el principal del proceso de producción de los químicos como el producto principal el soda caustica

Referencias

AURYS CONSULTING. Empresas Peruanas deben desarrollar estrategias para aumentar la productividad. 2014. [fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/empresas-deben-desarrollar-estrategias-innovadoras-optimizar-capital-88814>.

CUATREACASAS. TPM en un entorno lean management: Estrategia competitiva: Barcelona: Profit. Editorial. 2010

VÁSQUEZ Y OSCAR (2016). Propuesta para la implementación de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) Para eficientizar las operaciones del proceso productivo en la Línea de producción de bebidas carbonatadas en la Fábrica de gaseosas Salvavidas S.A. Trabajo de titulación (Ingeniera Industrial)

RODRÍGUEZ, Carlos. La cultura de calidad y productividad en las empresas [en línea]. Jalisco: Ed. Printed an made in Mexico, 2da Ed. (2017. 44 p)

CARDONA, Roberto y GONZALEZ, Daniel. Productividad y Competitividad [En línea]. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata, s.f. [Fecha de Consulta: 25 de septiembre de 2015].

MANSILLA, Natalia. Aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una industria nacional. Tesis (Título de Ingeniera en Alimentos). Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 2013. 133pp.

MARÍN y Martínez, Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. Intangible Capital [en línea] 2013, 9 [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54928893011>> ISSN 2014-3214

GARCIA, Alfonso (2011). Productividad y reducción de costos: para la pequeña y mediana industria. 2ª. ed. México: Trillas. 304p. ISBN: 978-607-17-0733-8

JIMÉNEZ, Yeiny. Propuestas de mejora bajo la filosofía TPM para la empresa Cummins de los Andes S. A. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Antioquía, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingeniería, 2010. 148pp.

GONZALES. Reducción de tiempos muertos en la máquina 103 en la empresa Aptar Querétaro S.A. de C.V. Tesis (Ingeniero en Mantenimiento Industrial). México: Universidad Tecnológica Querétaro, Facultad de Ingeniería, 2017.

MONTOYA, Iván y PARRA, Carlos. Implementación del Total Productive Management (TPM) como tecnología de gestión para el desarrollo de los procesos de Maquiavicola LTDA. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario, Facultad de Administración, 2010. 124pp.

VÁSQUEZ, Oscar. Propuesta de un Plan de Mantenimiento Total para Incrementar la Disponibilidad de la Maquinaria Pesada en Municipalidad Provincial Cajamarca, 2016. Tesis (Ingeniero Mecánico Eléctrico). Cajamarca. Universidad cesar Vallejo. 2016. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10095>

MUÑOZ Ibeigarriaga, José Antonio. Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento industrial en una empresa de fabricación de cartón corrugado. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. 162 p

GUEVARA Juan y Tapia Ever. Propuesta de un Plan de Mantenimiento Total para la Maquinaria Pesada en la Empresa Ángeles – Proyecto Minero La Granja, 2015. Tesis (Ingeniero Mecánico Eléctrico). Chiclayo. Universidad cesar Vallejo. 2015. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10087>

NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid: Edición en español Tecnología de gerencia y producción S.A. 1991. 32pp.

ACUÑA, Esteban. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación. Tesis de grado. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2003

CUATRECASAS y TORREL. Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. [En línea]. España: Díaz de Santos, 2010. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2016].

GÓMEZ S., Carola. Mantenimiento Productivo Total [en línea]. Las Canarias: Ed. Primera, 2011.

GUTIERREZ, Humberto (2014). Calidad y productividad. 4ª. Ed. México: Mc Graw Hill. 382p. ISBN: 978-607-15-0315-2

KRAJESWSKI, Lee, Larry RITZMAN y Manoj MALHOTRA 2008 Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

VÉLEZ, Alfonso; Villegas, Gustavo. Revisión de los procesos de implantación del TPM en las 25 empresas que más han avanzado en el tema a nivel nacional, y estudio de la dinámica de cambio desarrollada para su implantación. Universidad EAFIT, proyecto de investigación PY 0302, 2004.

GARCIA, Alfonso (2011). Productividad y reducción de costos: para la pequeña y mediana industria. 2ª. ed. México: Trillas. 304p. ISBN: 978-607-17-0733-8

PARRALES, Verni y TAMAYO, Juan. Proyecto de graduación (Título de Magister en Gestión de la Productividad y la Calidad). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012. Disponible en: <https://goo.gl/LsrFGa>

TAMAYO Vargas, Juan. Diseño de un modelo de gestión estratégico para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una planta procesadora de alimentos balanceados. Trabajo de Maestría (Magíster en gestión de la productividad y la calidad): Guayaquil. Escuela superior Politécnica del Litoral, (2012. p.94)

Avila Trejo Noeliz. Aumento de productividad en línea de envasado de la planta los Cortijos de Cervecería Polar. Trabajo de titulación (Ingeniera de Producción): Caracas. Universidad Simón Bolívar, (2010. p.118)

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2a. ed. Lima: San Marcos, 2013. 445 p.

ISBN: 9786123028787

GARCÍA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Bogotá: Ediciones de la U., 2010. 168 pp.

ISBN: 9587620518

MORALES, Gregorio. Gestión del montaje y mantenimiento de instalaciones [En línea]. Madrid: Ediciones Paraninfo, 2013 [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/fRjpvW> ISBN: 978-84-9732-266-9

QUESADA, María y VILLA, William. Estudio del trabajo [En línea]. Colombia: ITM, 2007 [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2016].

VASQUEZ Contreras, Luis. Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas portamedidores de Energía Monofásicas en la Industria Metálica Cerinsa E.I.R.L., aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE). Trabajo de titulación (Ingeniero Industrial): Chiclayo. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2015. 111 p.

Vargas, J. (2010). Estrategia de Control en la Planta de Fosfato Bicalcico Dihidratado (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. (p. 61).

ANEXOS

Anexo 1. Producción del mes de agosto de 2019

Fecha	Kwh-dia	Tm NaOH/Dia	Kwh/tm NaOH	Kwh/ECU	kAhC	% eficiencia	Cl ₂ TM/Dia
1	511742,90	175,139	2921,92	3292,31	124035,08	94,60	155,44
2	522630,50	177,658	2941,78	3314,68	126761,07	93,90	157,67
3	524204,70	177,369	2955,45	3330,08	127433,43	93,25	157,41
4	592579,00	199,697	2967,39	3343,54	142425,30	93,94	177,23
5	523031,00	175,436	2981,32	3359,23	126446,02	92,96	155,70
6	514241,70	173,715	2960,26	3335,51	124164,96	93,74	154,17
7	506872,30	171,818	2950,05	3324,00	121957,00	94,39	152,49
8	515771,10	172,811	2984,60	3362,93	124064,82	93,32	153,37
9	511904,80	173,631	2948,23	3321,95	123914,58	93,88	154,10
10	507282,00	173,828	2918,30	3288,22	122750,50	94,88	154,27
11	597525,50	200,304	2983,09	3361,23	143280,31	93,67	177,77
12	492150,40	168,120	2927,38	3298,45	120143,23	93,76	149,21
13	517502,80	173,158	2988,62	3367,45	125663,31	92,32	153,68
14	170628,22	57,450	2970,03	3346,51	41128,46	93,59	50,99
15	15978,76	5,380	2970,03	3346,51	3851,54	93,59	4,77
16	177425,70	65,571	2705,86	3048,85	47118,64	93,24	58,19
17	404691,50	136,874	2956,67	3331,46	97549,21	94,01	121,48
18	586459,30	174,838	3354,30	3779,49	125108,26	93,63	155,17
19	153103,10	6,542	23403,10	26369,69	4556,36	96,20	5,81
20	301295,90	100,554	2996,36	3376,18	72364,92	93,10	89,24
21	426722,30	140,244	3042,71	3428,41	100577,38	93,42	124,47
22	400188,50	136,335	2935,33	3307,42	96949,16	94,22	121,00
23	422752,60	142,125	2974,51	3351,56	99738,36	95,47	126,14
24	435922,20	141,176	3087,79	3479,20	100607,49	94,02	125,29
25	522341,30	165,988	3146,86	3545,76	118830,81	93,59	147,31
26	413048,01	139,072	2970,03	3346,51	99561,64	93,59	123,43
27	42067,50	14,164	2970,03	3346,51	10038,54	94,53	12,57
28	388184,40	124,851	3109,18	3503,30	89380,83	93,59	110,81
29	474397,20	156,556	3030,21	3414,32	111851,61	93,78	138,94
30	525996,40	172,468	3049,82	3436,42	124938,31	92,49	153,07
31	464950,60	155,474	2990,54	3369,62	110979,05	93,86	137,98
Total	13163592,19	4348,346	3648,12				3859,16
Promedio	424632,01	140,27	3027,26	3411,00	100263,55	93,73	

Fuente: Base datos de la hoja de producción de la soda de la empresa Quimpac S.A (2019).


Anexo 2. Check list de los parámetros de las celdas electrolíticas

Responsable	Kevin Romero Mendoza		Área	Celdas electrolíticas
Fecha	N° de bomba	Amperaje	Presión de Hg	Nivel de Hg
17/06/2019	1	5.0	1.28	9.8
17/06/2019	2	3.5	1.16	9.9
17/06/2019	3	3.7	1.24	12.0
17/06/2019	4	5.1	1.13	11.4
17/06/2019	5	4.0	1.31	12.0
17/06/2019	6	5.0	1.20	12.3
17/06/2019	7	4.6	1.71	12.1
17/06/2019	8	3.7	1.37	10.0
17/06/2019	9	5.4	1.85	10.4
17/06/2019	10	4.8	1.13	9.9
17/06/2019	11	5.3	1.28	10.5
17/06/2019	12	5.1	1.48	12.0
17/06/2019	13	4.8	1.49	13.0
17/06/2019	14	4.7	1.21	11.8
17/06/2019	15	4.3	1.44	12.1
17/06/2019	16	5.7	1.46	11.8
17/06/2019	17	3.8	1.15	9.9
17/06/2019	18	5.2	1.40	10.6
17/06/2019	19	4.3	1.31	11.5
17/06/2019	20	5.0	1.32	12.6
17/06/2019	21	5.5	1.66	13.0
17/06/2019	22	4.9	1.65	12.0
17/06/2019	23	5.4	1.86	10.8
17/06/2019	24	4.1	1.72	12.7
17/06/2019	25	3.9	1.62	11.8
17/06/2019	26	3.7	1.65	12.3
17/06/2019	27	5.6	1.81	13.0
17/06/2019	28	4.7	1.48	12.5
17/06/2019	29	5.1	1.64	12.2
17/06/2019	30	5.0	1.82	12.7
17/06/2019	31	5.3	1.51	11.9
17/06/2019	32	4.0	1.53	12.4
17/06/2019	33	4.7	1.49	11.6
17/06/2019	34	4.7	1.42	10.9
17/06/2019	35	5.0	1.58	10.7
17/06/2019	36	4.0	1.29	12.6
17/06/2019	37	4.8	1.52	13.0
17/06/2019	38	4.6	1.17	12.9
17/06/2019	39	5.1	1.68	12.5

Anexo 5. Reporte de cambio de bombas de Hg

CELDA	2018	1 ^{er} Cambio		2 ^{do} Cambio		3 ^{er} Cambio		4 ^{to} Cambio		5 ^{to} Cambio		6 ^{to} Cambio		7 ^{mo} Cambio		Nº Bombas Cambiadas	Actualizado en Conjunto		
		Fecha	Meses	Fecha	Meses	Fecha	Meses	Fecha	Meses	Fecha	Meses	Fecha	Meses	Fecha	Meses		Fecha	Meses	
1	02/11/2018	20/02/19	3.7	08-08-19	5.6	29/08/19	0.7									3	29/08/2019	4	
2	23/11/2018																	23/11/2018	13
3	26/11/2017																	26/11/2017	25
4	12/06/2018	23/01/19	7.5													1	23/01/2019	11	
5	27/06/2018	17/01/19	6.8	05/09/19	7.7											2	05/09/2019	3	
6	16/07/2018	29/03/19	8.5	05/07/19	3.3											2	05/07/2019	5	
7	19/10/2018	04/12/18	1.5	03/05/19	5.0	19/05/19	0.5	09/09/19	3.8							3	09/09/2019	3	
8	26/10/2018																	26/10/2018	14
9	18/10/2018	25/12/18	2.3	10/01/19	0.5	29/04/19	3.6	20/05/19	0.7							3	20/05/2019	7	
10	24/10/2018	04/03/19	4.4	07/03/19	0.1											2	07/03/2019	9	
11	07/01/2018	12/12/18	11.3	09/01/19	0.9	09/02/19	1.0									2	09/02/2019	10	
12	26/11/2018	08/01/19	1.4													1	08/01/2019	11	
13	27/11/2018																	27/11/2018	13
14	30/10/2018	09/01/19	2.4	31/01/19	0.7	11/02/19	0.4	25/02/19	0.5	03/09/19	6.3	17/09/19	0.5	28/10/19	1.4	7	28/10/2019	2	
15	13/09/2018	22/03/19	6.3	30/05/19												2	30/05/2019	7	
16	24/05/2018	15/05/19	11.9	25/05/19	0.3	20/08/19	2.9									3	20/08/2019	4	
17	14/11/2018	20/04/19	5.2													1	20/04/2019	8	
18	28/06/2018	11/01/19	6.6													1	11/01/2019	11	
19	08/06/2018																	08/06/2018	18
20	30/07/2018																	30/07/2018	17
21	24/04/2018	23/12/18	8.1	29/10/19	10.3											1	29/10/2019	1	
22	18/06/2018	27/9/19	15.5													1	27/09/2019	3	
23	14/08/2018	17/01/19	5.2													1	17/01/2019	11	
24	20/04/2018	03/04/19	11.6	10/04/19	0.2	02/09/19	4.8									3	02/09/2019	3	
25	29/11/2018	16/10/19	10.7													1	16/10/2019	2	
26	27/04/2018																	27/04/2018	20
27	08/01/2018	24/05/19	16.7													1	24/05/2019	7	
28	29/08/2018	12/02/19	5.6													1	12/02/2019	10	
29	16/10/2018	25/01/19	3.4													1	25/01/2019	11	
30	07/08/2018	31/12/18	4.9	07/01/19	0.2											1	07/01/2019	11	
31	22/07/2018	02/01/19	5.5	10/03/19	2.2	03/05/19	1.8	26/08/19	3.8							4	26/08/2019	4	
32	17/09/2018	20/05/19	8.2	20/07/19	2.0	25/10/19	3.2									3	25/10/2019	2	
33	29/10/2018	05/07/19	8.3													1	05/07/2019	5	
34	25/02/2018	14/12/18	9.7	16/12/18	0.1	23/07/19	7.3									1	23/07/2019	5	
35	01/12/2018	19/07/19	7.7													1	19/07/2019	5	
36	12/11/2018	03/01/19	1.7	21/02/19	1.6											2	21/02/2019	10	
37	28/03/2017																	28/03/2017	33
38	11/01/2018	27/06/19	17.7	06/07/19	0.3											2	06/07/2019	5	
39	20/09/2018	23/04/19	7.2													1	23/04/2019	8	
40	19/02/2018	11/10/19	20.0													1	11/10/2019	2	
																60			

Anexo 6. Check list de la inspección de los equipos de las celdas


	FICHA DE CHECK LIST DIARIA DE LA CELDA ELECTROLÍTICA.			
	Responsable			
	Área del trabajo		Fecha:	
	Equipo		Hora:	
Ítem	Inspección diaria	Si	No	Observaciones
1	Amperaje de la bomba (4 – 5)			
2	Presión de cátodo móvil (1.5 – 2)			
3	Nivel de mercurio (10 – 12)			
4	Análisis de amalgama (0.300 – 0.335)			
5	Si la bomba se encuentra limpio			
6	Si la bomba se encuentra lubricada			
7	Si el motor de la bomba se encuentra con su protector			
8	Presión de la salmuera que ingresa a la celda			
9	Análisis de gases de hidrogeno y cloro (H ₂ = Max 2%, Cl ₂ = Max 98%)			

Anexo 7. Planilla de los parámetros de los equipos de las celdas

FICHA DE PLANILLA DE CONTROL DE PARÁMETROS DE CELDAS ELECTROLÍTICAS				
Responsable			Área	Celdas electrolíticas
Fecha	N° de bomba	Amperaje	Presión de Hg	Nivel de Hg
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
	30			
	31			

	32			
	33			
	34			
	35			
	36			
	37			
	38			
	39			
	40			

Anexo 8. Planilla de registro de análisis de amalgama de las celdas

	FORMATO DEL ANÁLISIS DE AMALGAMA DE PRODUCCIÓN DE SODA CAUSTICA				Fecha	
					Carga (KA)	
Celda N.º	Gasto del reactivo	%Na	Celdas N.º	Gasto del reactivo	% Na (0.150-0.330)	Observaciones
1			21			
2			22			
3			23			
4			24			
5			25			
6			26			
7			27			
8			28			
9			29			
10			30			
11			31			
12			32			
13			33			
14			34			
15			35			
16			36			
17			37			
18			38			
19			39			
20			40			
Responsables del análisis						
Supervisor del turno						