



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para
mejorar la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero
Monteverde, Vilque, Puno, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Industrial

AUTORA:

Mendoza Castillo, Cecilia Magaly (ORCID: 0000-0003-0148-3887)

ASESOR:

Mg. Sunohara Ramírez, Percy Sixto (ORCID: 0000-0003-0700-8462)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial Y Productiva

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, por haberme bendecido con unos padres maravillosos y darme la posibilidad de culminar mi segunda carrera universitaria.

A mi querido papá, Calixto Mendoza (+); quien en vida, fue mi ejemplo de fortaleza, trabajo, honradez y superación constante; el hombre que con todo su sacrificio marcó mi camino y guió mis pasos hacia el cumplimiento de una meta más.

A mi hermosa mamá, Cecilia Castillo, quien es el pilar de mi vida y mi fortaleza constante para no dejarme vencer; y porque gracias a sus oraciones y su enorme fe, se ha convertido en la luz de mi camino.

A mis hermanos, Percy Rogelio, Juan Carlos y Cesar Augusto; por su cariño, consejos, palabras y sobre todo su ejemplo; lo que hizo de mí, ser una mejor persona.

A mis cuñadas y sobrinos, Misshell, Kevin, Antony, Vanessa, Bryan y Carlos; de quienes aprendí a valorar la vida y el amor fraternal.

A todos mis familiares y amigos; por haberme brindado una mano amiga cuando más los necesité, por haberme hecho parte de sus vidas y mantenerse junto a mí, hasta ahora.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos los profesionales, técnicos y colegas de la Universidad César Vallejo, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, quienes han sido partícipes para que este proyecto se ejecute con éxito y veracidad.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por bendecirme con la vida.

Agradezco a mis grandiosos padres, por su entrega total a nuestra familia y educación.

Agradezco a mis dos casas de estudio, la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca; y a los docentes que fueron partícipes directos en mi formación académica y profesional como Bióloga y ahora Ingeniera Industrial.

Agradezco también a la Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias Monteverde de Vilque, por su valioso aporte para esta investigación.

Así mismo, mi más profundo agradecimiento a las autoridades, docentes y personal de la Universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de finalizar un proceso académico tan importante, como lo es la sustentación de la tesis y la obtención del título profesional.

Finalmente deseo expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Mg. Gustavo Adolfo Montoya Cárdenas, al Mg. Percy Sixto Sunohara Ramírez y a la Mg. Margarita Jesús Egusquiza Rodríguez; quienes con sus conocimientos y experiencia, supieron direccionar mis ideas y he aquí el resultado de tan arduo trabajo.

Índice de contenidos

<i>Dedicatoria</i>	ii
<i>Agradecimiento</i>	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	18
III. METODOLOGÍA	56
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	56
3.2. Variables y operacionalización.....	57
3.3. Población (criterios de inclusión), muestra y muestreo.....	61
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	63
3.5. Procedimientos.....	67
3.1. Métodos de análisis de datos	111
3.2. Aspectos éticos	112
IV. RESULTADOS.....	113
V. DISCUSIÓN.....	123
VI. CONCLUSIONES	126
RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS	129
ANEXOS	137

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Producción de leche en el mundo, 1979-2021 (Miles de toneladas)</i>	2
Tabla 2. <i>Producción de leche de vaca en el mundo – Conclusión (porcentajes %).</i>	3
Tabla 3. <i>Características de las unidades productivas establecidas en el Perú, respecto de la magnitud de los hatos lecheros, 2012.</i>	4
Tabla 4. <i>Matriz de correlación de la baja productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque – Puno – 2022.</i>	10
Tabla 5. <i>Frecuencias de causas de la baja productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque – Puno - 2022.</i>	12
Tabla 6. <i>Matriz de priorización de causas de la baja productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque – Puno - 2022.</i>	15
Tabla 7. <i>Análisis fisicoquímicos en las cuencas lecheras de Puno</i>	29
Tabla 8. <i>Desarrollo del mantenimiento industrial (CHAN, 2012, diap. 6).</i>	32
Tabla 9. <i>Etapas del mantenimiento autónomo</i>	38
Tabla 10. <i>Directrices básicas del TPM</i>	42
Tabla 11. <i>Fases de implementación del TPM</i>	43
Tabla 12. <i>Diferencia de producción, para establos bien manejados</i>	55
Tabla 13. <i>Metas del Plan Nacional de Desarrollo Ganadero (2017-2027)</i>	55
Tabla 14. <i>Elementos del diseño cuasi experimental</i>	56
Tabla 15. <i>Clasificación de líneas de producción respecto de la OEE</i>	59
Tabla 16. <i>Validez de instrumentos</i>	66
Tabla 17. <i>Datos Generales de la Organización</i>	67
Tabla 18. <i>Mantenimientos programados de máquina</i>	82
Tabla 19. <i>Mantenimientos ejecutados de máquina</i>	82
Tabla 20. <i>Paros, fallas y reparación de equipo de ordeño</i>	83
Tabla 21. <i>Producción de leche en los últimos 4 años (litros)</i>	83
Tabla 22. <i>Disponibilidad de la máquina (pre-test)</i>	84
Tabla 23. <i>Rendimiento de la maquina ordeñadora</i>	85
Tabla 24. <i>Rechazos de leche por parte del acopiador (porongos por mes)</i>	86
Tabla 25. <i>Volúmenes de leche programados y volúmenes reales de producción.</i>	87
Tabla 26. <i>Cumplimiento del mantenimiento autónomo de la máquina ordeñadora de la organización.</i>	88
Tabla 27. <i>Cumplimiento del mantenimiento planificado de la máquina ordeñadora de la organización.</i>	89
Tabla 28. <i>Formato para cálculo de la productividad del años 2018 (pre – test)</i> ...	90
Tabla 29. <i>Formato para cálculo de la productividad del años 2019 (pre – test)</i> ...	91
Tabla 30. <i>Formato para cálculo de la productividad 2020 (pre – test).</i>	92
Tabla 31. <i>Formato para cálculo de la productividad 2021 (pre – test).</i>	93
Tabla 32. <i>Formato para cálculo de la productividad 2022 (pre – test).</i>	94
Tabla 33. <i>Perfil de accidentabilidad en el establo lechero Monteverde – rutina de ordeño</i>	95
Tabla 34. <i>Evaluación de conocimientos del personal (pre-test)</i>	96
Tabla 35. <i>Cronograma de implementación del TPM</i>	96

Tabla 36. <i>Plan de mejora ejecutado</i>	98
Tabla 37. <i>Paros, fallas y tiempo de reparación de equipo de ordeño – post test</i>	106
Tabla 38. <i>Producción de leche mensual en el año 2022 (litros)</i>	106
Tabla 39. <i>Eficiencia de la máquina ordeñadora (post-test)</i>	106
Tabla 40. <i>Eficacia de la máquina ordeñadora (post-test)</i>	107
Tabla 41. <i>Inspecciones y Mantenimientos planificados y ejecutados a la máquina ordeñadora – post test</i>	108
Tabla 42. <i>Mantenimiento autónomo programado y realizado en el primer trimestre 2022</i>	108
Tabla 43. <i>Mantenimiento preventivo programado y realizado en el primer trimestre 2022</i>	108
Tabla 44. <i>Formato para cálculo de la productividad – post – test</i>	109
Tabla 45. <i>Perfil de accidentabilidad en el establo lechero Monteverde – rutina de ordeño 2022</i>	110
Tabla 46. <i>Evaluación de conocimientos del personal (post-test)</i>	111
Tabla 47. <i>Pronóstico de la producción de leche (abril – diciembre 2022)</i>	114
Tabla 48. <i>Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (KS) - Productividad</i>	115
Tabla 49. <i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales 2018</i>	116
Tabla 50. <i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales 2021</i>	116
Tabla 51. <i>Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (KS) - Eficiencia</i>	117
Tabla 52. <i>Prueba t para dos muestras (2018 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficiencia</i>	118
Tabla 53. <i>Prueba t para dos muestras (2021 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficiencia</i>	118
Tabla 54. <i>Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (KS) - Eficacia</i>	120
Tabla 55. <i>Prueba t para dos muestras (2018 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficacia</i>	121
Tabla 56. <i>Prueba t para dos muestras (2021 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficacia</i>	121

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Relación entre tamaño de hatos y rendimientos 2019 – 2029 (OCDE-FAO, 2020, p. 194).....	1
<i>Figura 2.</i> Perú: Producción Nacional de Leche Fresca 2002 - 2015 (MIDAGRI-DGESEP-DEA).....	3
<i>Figura 3.</i> Mapa político de la Mancomunidad Municipal Qhapaq Qolla (PDC, 2014).	6
<i>Figura 4.</i> Ubicación del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno.....	6
<i>Figura 5.</i> Ordeñadora de cuatro bajadas, Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno.....	7
<i>Figura 6.</i> Diagrama de Ishikawa de las posibles causas de la baja productividad del Establo Lechero Monteverde Vilque – Puno 2022.....	8
<i>Figura 7.</i> Diagrama de Pareto – Establo Lechero Monteverde Vilque – Puno.	14
<i>Figura 8.</i> Diagrama de estratificación – Establo Lechero Monteverde Vilque – Puno.....	15
<i>Figura 9.</i> Áreas que abarca la ejecución del mantenimiento.....	31
<i>Figura 10.</i> Orientación del TPM.....	34
<i>Figura 11.</i> Implementación, del TPM por departamentos, departamento de producción (fase 1) y producción, ventas, desarrollo y administración (fase 2) (SUZUKI, 1992, p. 3).....	35
<i>Figura 12.</i> Los ocho pilares de la implementación del TPM (JIPM).....	37
<i>Figura 13.</i> Mantenimiento de la calidad.....	39
<i>Figura 14.</i> Personas – Productos – Procesos, para la mejorar la eficiencia.	40
<i>Figura 15.</i> Marco general según el TPM en oficinas y áreas administrativas.....	41
<i>Figura 16.</i> Efectos de las 6 grandes pérdidas (MORILLO, 2018, p. 47).	44
<i>Figura 17.</i> Componentes de la productividad (GUTIÉRREZ, 2012, p. 22)	46
<i>Figura 18.</i> La productividad y sus factores de producción	48
<i>Figura 19.</i> Sistema productivo pecuario	50
<i>Figura 20.</i> Izquierda: ordeño manual, Derecha: ordeño mecánico GONZALES (2018, “Ordeño Mecánico”, párr. 5).	52
<i>Figura 21.</i> Chequeo dinámico (izquierda) y estático (derecha) de equipo de ordeño GRANGETTO (2012, p. 1)	54
<i>Figura 22.</i> Establo Central – Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno.....	68
<i>Figura 23.</i> Organigrama APEM Monteverde	70
<i>Figura 24.</i> Esquema de la distribución del Establo APEM Monteverde.....	71
<i>Figura 25.</i> Esquema de la distribución de la sala de Ordeño del Establo APEM Monteverde	72
<i>Figura 26.</i> Diagrama de bloques del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde	73
<i>Figura 27.</i> Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde.....	74
<i>Figura 28.</i> Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde.....	75
<i>Figura 29.</i> Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde.....	76

<i>Figura 30.</i> Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde.....	77
<i>Figura 31.</i> Diagrama de análisis de proceso actual de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde (ordeño matutino)	79
<i>Figura 32.</i> Diagrama de análisis de proceso actual de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde (ordeño vespertino)	81
<i>Figura 33.</i> Diagrama de bloques del proceso propuesto de ordeño del establo lechero Monteverde.....	99
<i>Figura 34.</i> Diagrama de operaciones del proceso propuesto de ordeño del establo lechero Monteverde.....	100
<i>Figura 35.</i> Diagrama de operaciones del proceso propuesto de ordeño del establo lechero Monteverde.....	101
<i>Figura 36.</i> Diagrama de análisis de proceso propuesto de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde (ordeño matutino)	103
<i>Figura 37.</i> Diagrama de análisis de proceso propuesto de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde (ordeño vespertino)	105
<i>Figura 38.</i> Disponibilidad de máquinas	106
<i>Figura 39.</i> Eficacia post - test.....	107
<i>Figura 40.</i> Avance de la eficiencia y eficacia de la productividad.....	107
<i>Figura 41.</i> Regresión polinomial de los datos de la producción de leche en el establo lechero Monteverde de abril a diciembre 2022	113
<i>Figura 42.</i> Media de la productividad de leche en el establo lechero Monteverde	116
<i>Figura 43.</i> Promedio anual de la Eficiencia a partir del 2018 y la proyección de los meses restantes después de marzo 2022.....	119
<i>Figura 44 .</i> Promedio anual de la Eficacia a partir del 2018 y la proyección de los meses restantes después de marzo 2022.....	122

Resumen

La producción del sector lechero, ha crecido a gran velocidad; pero los rendimientos y la productividad no han avanzado con la misma rapidez. La baja productividad es uno de los problemas más comunes para los dueños de establos lecheros que han optado por la mecanización de sus rutinas de ordeño. Con este panorama, la investigación buscó “*determinar cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*”; mediante la definición de la eficiencia y eficacia. La investigación se ejecutó a partir del 01 de enero al 31 de marzo del 2022; se trató de una investigación aplicada de nivel explicativo con diseño pre experimental y selección no aleatoria de la muestra. La población, lo constituyeron los datos de producción de leche fresca, registros de rechazo del producto final y registros de manejo de la maquinaria. La metodología se basó en la técnica documental y de campo. Se logró identificar 45 causas de baja productividad para la rutina de ordeño, donde 20 de ellas constituyeron el 80,29% del origen del problema (Pareto). Con la ayuda de una matriz de priorización se decidió implementar la técnica del Mantenimiento Productivo Total (TPM), como eje estratégico para la mejora de la productividad. Para la validación de los datos se pronosticó la producción de leche para el 2022; con ello se recurrió a la prueba de Kolmogorov-Smirnov y posteriormente a una prueba T para evaluar las medias entre los grupos. Como resultado del diagnóstico y ejecución del plan de mejora se obtuvo que la rutina de ordeño antes de la implementación del TPM se ejecutaba con 4 operarios que recorrían un promedio de 1280,87m en ambos ordeños; invirtiendo un tiempo de 4,72 horas. Con la implementación del TPM, se logró reducir el tiempo de ambos ordeños a 4,07 horas y 724,55m en el recorrido; así mismo se mejoró la productividad en un 36,15%, la eficiencia en 27,52% y la eficacia en 43,59%, concluyendo esta investigación en que la implementación del TPM en la ejecución diaria de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde, mejora la productividad en un 36,15%.

Palabras clave: Mantenimiento productivo total, producción lechera, ordeño mecánico, ordeñadora, eficiencia, eficacia, productividad, unidad de ordeño.

Abstract

The production of the dairy sector has grown at great speed; but yields and productivity have not advanced as fast. Low productivity is one of the most common problems for dairy farm owners who have opted for mechanization of their milking routines. With this panorama, the research sought to "determine how the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) improves the productivity of the milking routine of the Monteverde Dairy Stable, Vilque, Puno, 2022"; by defining efficiency and effectiveness. The investigation was carried out from January 1 to March 31, 2022; it was an applied explanatory level research with a pre-experimental design and non-random selection of the sample. The population was made up of fresh milk production data, final product rejection records and machinery management records. The methodology was based on documentary and field techniques. It was possible to identify 45 causes of low productivity for the milking routine, where 20 of them constituted 80.29% of the origin of the problem (Pareto). With the help of a prioritization matrix, it was decided to implement the Total Productive Maintenance (TPM) technique, as a strategic axis for improving productivity. For data validation, milk production was forecast for 2022; with this, the Kolmogorov-Smirnov test was used and later a T test to evaluate the means between the groups. As a result of the diagnosis and execution of the improvement plan, it was obtained that the milking routine before the implementation of the TPM was executed with 4 operators who traveled an average of 1280.87m in both milkings; investing a time of 4.72 hours. With the implementation of the TPM, it was possible to reduce the time of both milkings to 4.07 hours and 724.55m in the route; Likewise, productivity was improved by 36.15%, efficiency by 27.52% and effectiveness by 43.59%, concluding this investigation that the implementation of the TPM in the daily execution of the milking routine of the dairy farm Monteverde, improves productivity by 36.15%.

Keywords: Total productive maintenance, milk production, mechanical milking, milking machine, efficiency, efficacy, productivity, milking unit

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos treinta años, a nivel mundial, el sector lechero ha crecido a gran velocidad; ya que la producción de leche entera y fresca “ha aumentado en más del 59%, pasando de 530 millones de toneladas en 1988 a 843 millones de toneladas en el 2018”, brindando sustento económico y alimenticio a más de 150 millones de hogares (FAO, 2021, “Producción Lechera”, párr. 1-4). Por su parte, la OCDE-FAO (2020), proyecta que para el 2029 se producirá hasta 997 millones de toneladas de leche. Esto demuestra que el crecimiento del sector lechero se dará más rápido que otros productos agropecuarios básicos (p. 190-194).

Al respecto, la OCDE-FAO (2020) afirma que el crecimiento mundial promedio de los rebaños es de 0.8% al año, valor mayor que el crecimiento mundial promedio de los rendimientos, 0.7%, con lo cual se afirmaría que “los motores del crecimiento de los rendimientos son, entre otros, la optimización de sistemas de producción, la mejora de la salud animal, la mayor eficiencia de la alimentación, una mejor genética y un eficiente manejo de la tecnología” (p. 193). La FAO (2021, “Producción Lechera”, párr. 1); advierte que “en la mayoría de los países en desarrollo, la leche es producida por pequeños agricultores”, y los bajos rendimientos con altos índices de crecimiento de rebaños representan un riesgo para el sustento familiar. Así mismo se menciona que un deficiente manejo de la tecnología aplicada a este sector, conllevarían a acrecentar las pérdidas en la productividad de los pequeños y medianos productores.

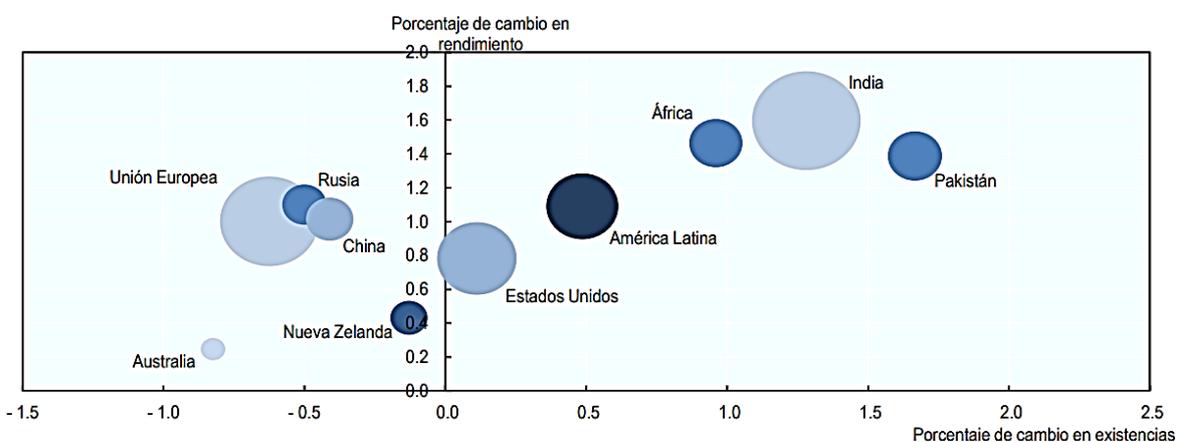


Figura 1. Relación entre tamaño de hato y rendimientos 2019 – 2029 (OCDE-FAO, 2020, p. 194). Donde el tamaño de las burbujas indica la producción total de leche en el periodo base 2017-2019.

Por otro lado, el fenómeno del alza en la producción de leche fresca, se experimentó también en América Latina; donde las mayores tasas de crecimiento fueron durante los años 1990 al 2000, permitiéndole a la región, aumentar su participación en el mercado mundial. Esto se explica debido a una mejora sustancial en el rendimiento de la producción primaria: mejoramiento de praderas, alimentación de animales, mejoras en la reproducción de rebaños, mayor y mejor preparación y capacitación del personal, entre otros; (KOUZMINE, 2003, p. 10).

Los países de México, Argentina y Brasil; fueron los que presentaron el mayor crecimiento en producción de leche, empero GALETTO (2020), menciona que a fines del siglo veinte se llegó a un pico de crecimiento (12,5%) máximo, y que en el nuevo siglo la participación mundial de esta región, se estabilizó mostrando una tendencia a la baja, por la desaceleración de la producción en Sudamérica (La producción de leche en América Latina y el Caribe: ¿Cómo estamos en relación con el resto del mundo?, párr. 7-10). Esta desaceleración sería debida a la baja productividad de los sistemas productivos lecheros.

Tabla 1. Producción de leche en el mundo, 1979-2021 (Miles de toneladas).

	1979-81	1989-91	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Tasas ^{a/}	Tasas ^{b/}
Mundo	420 785	474935	463716	469553	471747	477937	481997	486788	490784	1,2	0,3
América Latina	34484	41821	49778	53103	54239	55530	57346	59572	60385	1,9	3,4
México	6949	6336	762	7822	8091	8314	8877	9305	9485	-0,9	3,7
Argentina	5311	6375	8771	9140	9372	9842	10649	9933	9500	1,8	3,7
Brasil	11378	15004	16985	19089	19245	19273	19661	22134	22800	2,8	3,9
Chile	1111	1353	1890	1924	2050	2080	2050	1990	2200	2,0	4,5
Colombia	2187	4017	5078	5332	5492	5712	5734	5740	5740	6,3	3,3
Ecuador	924	1529	1928	1951	1929	1983	1934	2007	2192	5,2	3,3
Perú	796	788	858	905	948	998	1013	1067	1075	-0,1	2,9
Uruguay	811	1096	1254	1302	1340	1468	1479	1422	1422	3,1	2,4
Venezuela	1356	1564	1371	1405	1431	1440	1311	1311	1311	1,4	-1,6

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

Tabla 2. Producción de leche de vaca en el mundo – Conclusión (porcentajes %).

	1979-81	1989-91	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Tasas ^{a/}	Tasas ^{b/}
Estados unidos como % del mundo	13,08	14,0	15,2	14,9	15,0	14,9	15,3	15,7	15,6	1,3	1,3
Asia como % del mundo	8,8	11,9	17,0	18,2	18,6	19,0	19,0	19,3	19,2	4,3	3,0
Europa como % del mundo	40,3	35,2	47,9	46,2	45,1	44,5	43,7	42,5	42,5	-0,1	1,0
Oceania como % del mundo	2,9	3,0	3,8	4,1	4,3	4,4	4,5	4,8	5,0	1,4	3,4
América Latina como % del mundo	8,2	8,8	10,7	11,1	11,9	12,2	12,3	12,2	12,3	1,9	3,4

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

En Perú, según el MIDAGRI (2017, p. 23) “la producción de leche fresca muestra una tendencia creciente”, registrándose un considerable aumento en los rendimientos por vaca. No obstante, entre los años 2009 al 2015 la producción mostró una tendencia decreciente, y ésta se asocia directamente a la baja del ritmo en el crecimiento del rendimiento por vaca, lo cual representa una baja en la productividad de los establos lecheros; teniendo en cuenta que ésta oferta de leche fresca está concentrada en los pequeños y medianos productores, quienes aplican métodos tradicionales para la obtención de leche y manejo de los hatos.

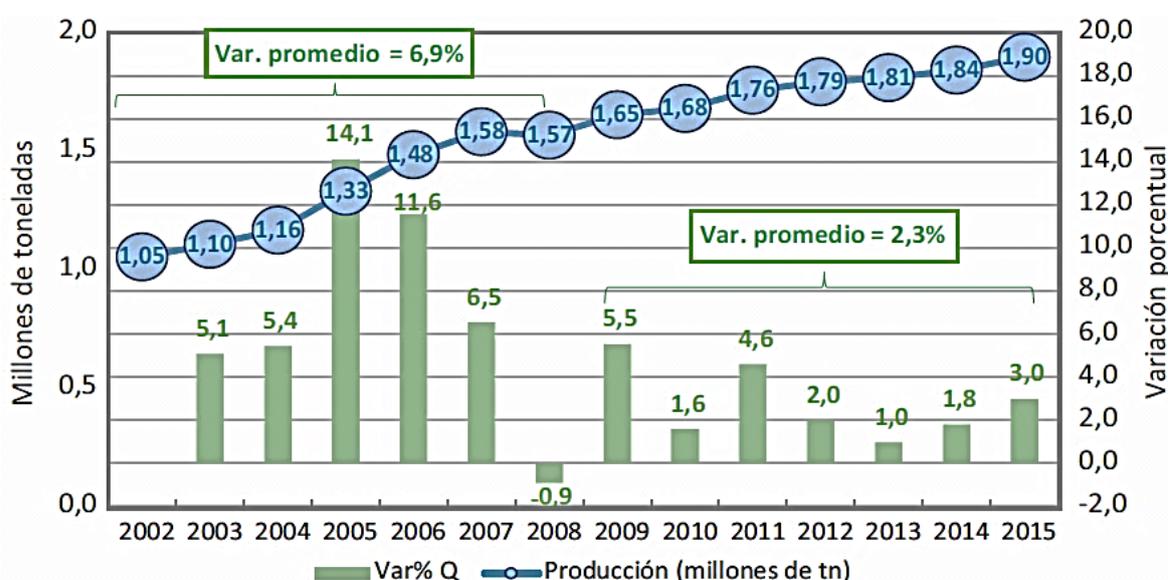


Figura 2. Perú: Producción Nacional de Leche Fresca 2002 - 2015 (MIDAGRI-DGESEP-DEA).

Por su parte, el CENAGRO, citado por el MIDAGRI (2017, p. 20-21); afirma que el 74,8% de la población de ganado vacuno, está destinado a la producción solo de leche fresca; y que éste sector se caracteriza por la permanencia de grandes (0,7%), medianos (37,9%) y pequeños (85,9%) productores, donde la pequeña producción posee el 39,4% de la oferta (mayor cantidad de cabezas de animales con un bajo rendimiento). Respecto de ello, GAMARRA (2001, p. 4), hace una publicación del análisis actual y una visión de las perspectivas de la ganadería lechera, donde menciona que las diferencias entre la capacidad de producción de las diversas cuencas lecheras, se rigen no solamente al sistemas de producción ejecutado; sino también a las diferencias tecnológicas instaladas: Lima, Arequipa y Cajamarca; exponen un grado de implementación tecnológica mayor, en comparación al resto de departamentos en el país.

Tabla 3. *Características de las unidades productivas establecidas en el Perú, respecto de la magnitud de los hatos lecheros, 2012.*

Estratificación del productor	Rangos de tamaño del hato	Unidades agropecuarias	Vacas en ordeño	Rendimiento (Tn/vaca/año)	Producción
Pequeño	1-9 cabezas	757 490 85,9%	434 945 50,6%	1,6	706 384 39,4%
Mediano	10-49 cabezas	118 359 13,4%	325 411 37,9%	2,1	672 479 37,6%
Grande	50 a más	6 071 0,7%	99 274 11,5%	4,1	411 806 23,0%
TOTAL NACIONAL		881 920 100%	859 630 100%	2,1	1 790 669 100%

Fuente: IV CENAGRO 2012, MINAGRI – DGPA - DEEIA.

A nivel regional, se conoce que del 2007 al 2016, la población de vacas de ordeño se incrementaron en 1,9% anual; y las regiones con mayor población de ganado vacuno fueron Cajamarca (17.7%), Puno (11.41%) y Cusco (9.05%). Cajamarca presentó la mayor producción de leche (18.2%), junto con Arequipa (17.9%) y Lima (17.8%). Cusco presentó un alza en cuanto a tasas anuales de crecimiento productivo (10.54%), junto con Ica (11.65%) y Junín (10.46%) (MINAGRI, 2017, p. 10). Esto último, reafirmaría que Puno ha presentado un gran crecimiento poblacional de ganado vacuno, mas no un incremento sustancial en la producción de leche; lo cual refleja claramente los bajos rendimientos por vaca, y por ende la baja productividad de los establos lecheros.

Situación similar se origina en el Distrito de Vilque, donde según el PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO 2015-2025 (2016, p. 47), se menciona que “a pesar de que el censo agropecuario muestra una mayor población ovina, a la fecha este indicador se está revirtiendo hacia el desarrollo de la ganadería vacuna y la producción de derivados lácteos”, lo cual ha redirigido el objetivo económico de este sector respecto de las familias dedicadas al rubro; pasando de ser una labor de subsistencia familiar para luego transformarse en una actividad clave en la economía de desarrollo; por medio de la cadena productiva de lácteos. El mismo documento indica que el 45% de la producción de leche se destina a las plantas de transformación de queso y otros derivados, el 26% de destina a acopiadores individuales de la zona, y el 2% se destina al autoconsumo.

Como se ha podido comprobar, la industria lechera en todos sus niveles (pequeño, mediano y grande), ha experimentado un crecimiento importante estos últimos años, lo cual le ha permitido a familias, organizaciones y empresas; proyectarse económicamente mediante el trabajo en este sector. Cabe señalar en este punto que según menciona GARCÍA (2008, p. 1), el avance en la industria no solamente se limita a colocar capital para la construcción de instalaciones productivas y a la adquisición de tecnología; sino que es de prioridad hacer un uso eficiente y eficaz de las construcciones productivas, insumos y equipos tecnológicos con los que se cuenta.

Por lo último mencionado, la presente investigación propone la ejecución y puesta en marcha del mantenimiento productivo total (TPM) en las labores de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, considerando que el TPM es un sistema japonés que organiza a todos los trabajadores de planta y administrativos, con el enfoque de cuidado, limpieza y mantenimiento preventivo general en la empresa (FERNÁNDEZ, 2018, p. 24).

El Establo Lechero Monteverde está ubicado en el Distrito de Vilque, Provincia de Puno y Departamento de Puno; a 33,4 km de la ciudad capital. El distrito se encuentra a una altura de 3895 metros sobre el nivel del, donde se cuenta con un clima frío, heladas intensas y lluvias temporales (PDC, 2014, p. 9-11).

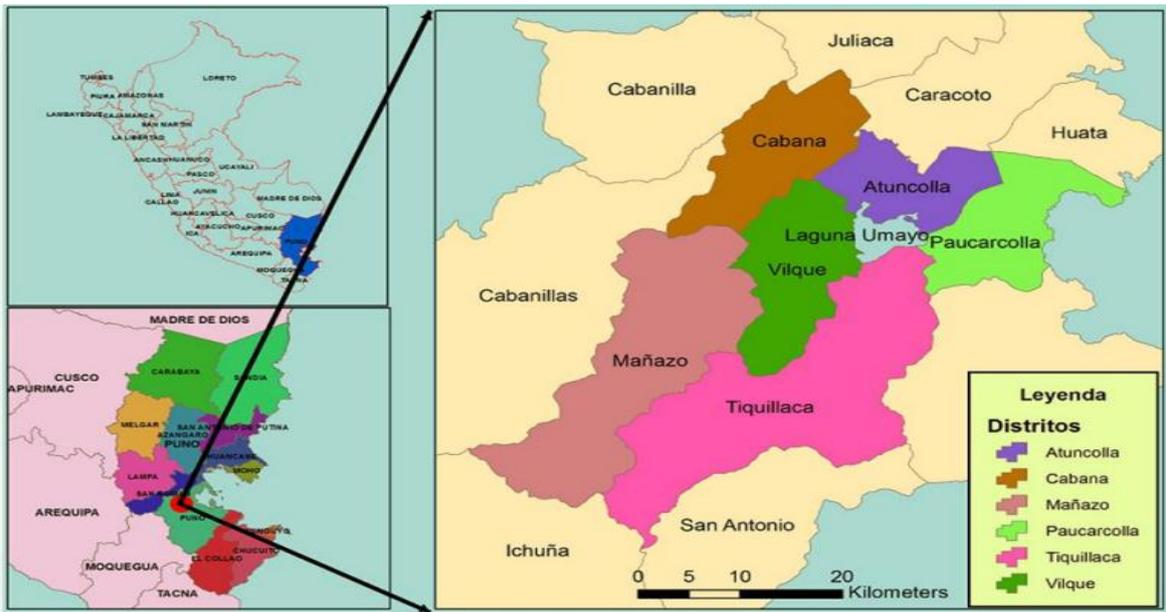


Figura 3. Mapa político de la Mancomunidad Municipal Qhapaq Qolla (PDC, 2014).

Las instalaciones y el área de pastoreo están ubicadas en el sector Muñani de la comunidad de Huancasaya (a 3,5 km de distancia del pueblo de Vilque), con un área aproximada de 130ha.



Figura 4. Ubicación del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno

Respecto del trabajo realizado en el establo, el administrador tiene a cargo el manejo de cincuenta animales en promedio todo el año; de los cuales, el 50% están en producción anualmente (los animales mayores son reemplazos por terneras que entran en producción). Al igual que todos los establos lecheros en el mundo, Monteverde ha estado buscando opciones de mejora en su productividad; y considerando que el proceso de ordeño resume todo el manejo del hato y genera la rentabilidad a la empresa; la administración decidió ya hace cuatro años, cambiar el equipo de ordeño mecánico de dos bajadas a cuatro bajadas, lo que le permitiría acelerar el proceso y obtener mayor volumen de leche. A la fecha, los resultados no se han avizorado, ya que los niveles de productividad del establo no han variado los últimos cinco años; muy a pesar que el ordeño es ejecutado a diario y en doble turno (tarde y mañana). Por el contrario, como causa del cambio en la rutina de ordeño se han generado nuevos problemas e intensificado algunos otros en áreas complementarias; dichos problemas directa e indirectamente desencadenan en la “baja productividad de la rutina de ordeño”.



Figura 5. Ordeñadora de cuatro bajadas, Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno

Previo a la identificación de las causas *in situ* de la baja productividad de la rutina de ordeño en el Establo Lechero Monteverde, se logró entrevistar al personal de turno, personal administrativo y supervisor; quienes aportaron con sus opiniones y puntos de vista (perspectiva propia) acerca del problema que la empresa está pasando, sus versiones condujeron a la identificación de las posibles causas del problema y la ubicación de los mismos en el diagrama de Ishikawa.

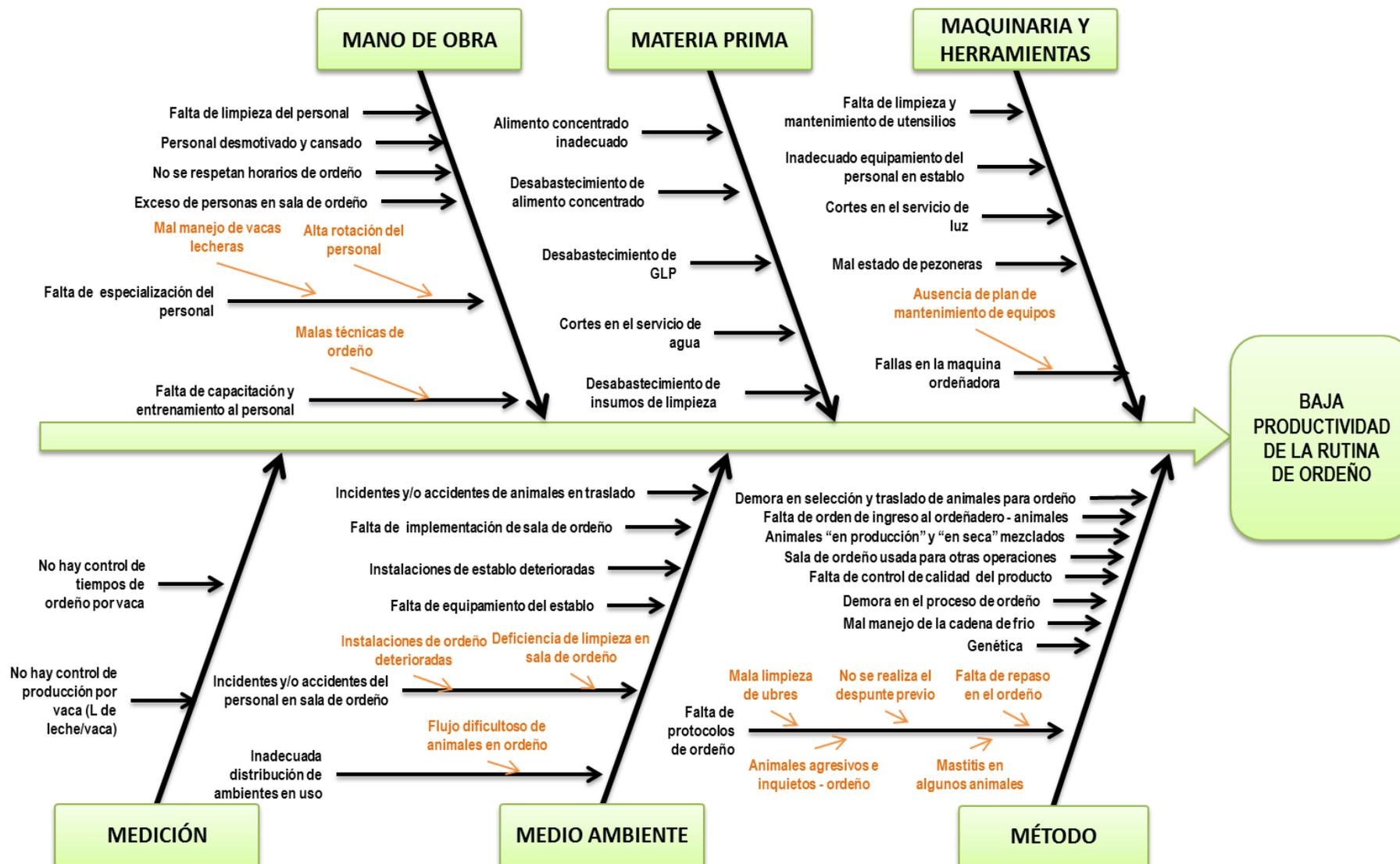


Figura 6. Diagrama de Ishikawa de las posibles causas de la baja productividad del Establo Lechero Monteverde Vilque – Puno 2022.

Respecto de la figura 6, SÁNCHEZ (2014, p. 15) menciona que el diagrama de Ishikawa (herramienta de calidad) direcciona la solución de problemas, partiendo de la identificación y el análisis de las causas de los problemas de un proceso para eliminarlo. Por su parte GUTIÉRREZ (2010, p. 192) precisa que se trata de una estrategia gráfica que expone y analiza el vínculo que existe entre el problema (efecto general) y los posibles hechos que dan pie a la aparición y agudización del problema; así mismo menciona que el método de las 6M (método utilizado en el diagnóstico de esta investigación), es el que se aplica con mayor frecuencia, donde las causas potenciales identificadas, se dividen en 6 ramas (áreas de trabajo); esto aporta con una visión más amplia del problema.

La tabla 4 muestra el diagrama de correlación, el cual está representado por las causas del problema general (45 en total) y la relación entre ellas (causa-causa), respecto del problema de baja productividad de leche. Esta herramienta permitió la cuantificación real de cada causa identificada, y con ello la estratificación en cuanto a la importancia o implicancia de las mismas en el problema. El diagrama permitió identificar las causas potenciales del problema de la baja productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde; con ello se dilucidó y explicó la contribución de cada posible causa a la aparición del problema central.

Dentro de las causas potenciales identificadas (45 en total), se procedió a la selección de las causas principales, lo cual fue posible mediante la elaboración de la tabla de frecuencia; donde las puntuaciones obtenidas en la matriz de correlación fueron utilizadas para la estratificación y sumatoria de las mismas (sumatoria de frecuencias) para brindar un panorama general de las causas principales. Las puntuaciones asignadas en la relación causa-causa, fue producto de la discusión y concertación de entre la profesional ejecutora del proyecto, conjuntamente con el administrador, supervisor y el encargado directo de la rutina de ordeño. A partir de las puntuaciones (sumatoria) se calcularon los porcentajes en función al total de la puntuación acumulada; dichos resultados permitieron al investigador proveerse de datos cuantitativos, los cuales permitieron elaborar el diagrama de Pareto, el cual permitirá plantear opciones de solución al problema de investigación en este proyecto.

Tabla 5. Frecuencias de causas de la baja productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque – Puno - 2022.

N° Cód.	Problemas	Puntaje	%	% Acumulado	80%-20%
1	C42 Falta de capacitación y entrenamiento previo al personal nuevo	170	5,08%	5,08%	80%
2	C2 Alimento concentrado inadecuado	170	5,08%	10,16%	80%
3	C1 Malas técnicas de ordeño	168	5,02%	15,17%	80%
4	C14 Animales agresivos e inquietos al momento del ordeño	168	5,02%	20,19%	80%
5	C12 No se respetan horarios de ordeño	166	4,96%	25,15%	80%
6	C3 Fallas de funcionamiento de máquina ordeñadora	156	4,66%	29,81%	80%
7	C11 Demora en la selección y traslado de animales para ordeño	150	4,48%	34,29%	80%
8	C27 Demora en el proceso de pre-ordeño	144	4,30%	38,59%	80%
9	C7 Falta de protocolos de ordeño	140	4,18%	42,77%	80%
10	C9 Falta de especialización del personal	138	4,12%	46,89%	80%
11	C25 Falta de control de calidad de la leche fresca	132	3,94%	50,84%	80%
12	C29 Presencia de mastitis subclínica de algunos animales en producción	132	3,94%	54,78%	80%
13	C45 Genética de los animales	132	3,94%	58,72%	80%
14	C20 Desabastecimiento de alimento concentrado	130	3,88%	62,60%	80%
15	C6 No hay control de producción por vaca (litros de leche/vaca)	128	3,82%	66,43%	80%
16	C10 Alta rotación de personal	120	3,58%	70,01%	80%
17	C17 Mal estado de pezoneras	98	2,93%	72,94%	80%
18	C15 Incidentes y/o accidentes del personal en sala de ordeño	92	2,75%	75,69%	80%
19	C13 No hay control de tiempos de ordeño por vaca	78	2,33%	78,02%	80%
20	C8 Instalaciones del ordeñadero deterioradas	76	2,27%	80,29%	80%
21	C44 Personal desmotivado y cansado	64	1,91%	82,20%	80%
22	C22 Incidentes y/o accidentes de los animales al traslado del establo a sala de espera	42	1,25%	83,45%	80%
23	C26 Falta de orden de ingreso al ordeñadero de los animales en producción	42	1,25%	84,71%	80%
24	C31 Flujo dificultoso de los animales en la sala de ordeño	42	1,25%	85,96%	80%
25	C16 Falta de equipamiento e implementación de la sala de ordeño	40	1,19%	87,16%	80%
26	C4 Instalaciones del establo deterioradas	38	1,14%	88,29%	80%
27	C21 Inadecuada distribución de ambientes en uso	38	1,14%	89,43%	80%
28	C40 Exceso de personas en sala de ordeño	36	1,08%	90,50%	80%
29	C39 Sala de ordeño utilizada también para otras operaciones	34	1,02%	91,52%	80%
30	C5 Animales "en producción" y "en seca" mezclados en un solo establo	32	0,96%	92,47%	80%
31	C30 Falta de repaso en el ordeño	30	0,90%	93,37%	80%
32	C18 Falta de equipamiento e implementación del establo	28	0,84%	94,21%	80%
33	C23 Corte en el servicio de luz	26	0,78%	94,98%	80%
34	C28 No se realiza despunte previo	26	0,78%	95,76%	80%
35	C41 Deficiencia de la limpieza en sala de ordeño	24	0,72%	96,48%	80%
36	C38 Mala limpieza de ubres	22	0,66%	97,13%	80%
37	C43 Falta de limpieza del personal	20	0,60%	97,73%	80%
38	C34 Mal manejo de la cadena de frío	16	0,48%	98,21%	80%
39	C19 Inadecuado equipamiento del personal en establo	12	0,36%	98,57%	80%
40	C36 Cortes del servicio de agua	10	0,30%	98,86%	80%
41	C24 Mal manejo de vacas lecheras	10	0,30%	99,16%	80%
42	C32 Falta de limpieza y mantenimiento de utensilios	8	0,24%	99,40%	80%
43	C33 Ausencia de plan de mantenimiento de equipos	8	0,24%	99,64%	80%
44	C35 Desabastecimiento de insumos de limpieza	6	0,18%	99,82%	80%
45	C37 Desabastecimiento de GLP	6	0,18%	100,00%	80%
TOTAL		3348	100%		

Respecto de la tabla 5, FALCÓ (2009, p. 32); indica que la ley de Pareto estipula que el 80% de los problemas son generados por un 20% de las causas identificadas y SÁNCHEZ (2014, p. 16); aclara que para que la planificación de una mejora tenga éxito, se deben relacionar a los pocos esenciales, lo que quiere decir que la planificación de mejoras se van a enfocar en solucionar el 20% de causas identificadas (pocos esenciales), la que son más recurrentes y ocasionan el 80% de las perdidas en la empresa. Teniendo en cuenta lo mencionado por ambos autores, el diagnóstico previo realizado en el establo Lechero Monteverde, acerca de la baja productividad de la rutina de ordeño; dejó como resultado 45 posibles causas identificadas, las cuales al ser cuantificadas y sometidas a un análisis de relación “variable-variable” (lo cual a su vez permitió la cuantificación de cada causa de acuerdo al nivel de relación con el problema general; se obtuvo que 20 de las 45 representan las causas “poco esenciales” o causas potenciales, aquellas que son la raíz principal del origen de la baja productividad de la rutina de ordeño en el Establo Lechero Monteverde.

En la figura 7, se expone el diagrama de Pareto, el cual se obtuvo al someter a análisis las causas ya cuantificadas con un valor numérico respecto de su relación variable-variable. Es necesario aclarar que el Diagrama de Pareto se sustenta en el llamado principio de Pareto “pocos vitales, muchos triviales” (GUTIÉRREZ, 2010, p. 200); lo cual se grafica en la figura 7, donde 20 de las 45 causas identificadas constituyen el 80,29% del origen del problema central (baja productividad en la rutina del ordeño del Establo Lechero Monteverde). Cabe resaltar en esta parte que el valor de 80,29% se obtuvo de la sumatoria acumulada de porcentajes de participación de cada causa en el origen del problema central.

Un detalle final acerca del diagnóstico inicial realizado a la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, tanto el Diagrama de Ishikawa, como el de Pareto grafican un origen diverso del problema central (todas las áreas aportan a la aparición del problema). Ishikawa por su parte los divide por áreas de acción y Pareto por su relación “variable-variable” y estratificándolas por importancia; y el resultado sigue siendo muy variado.

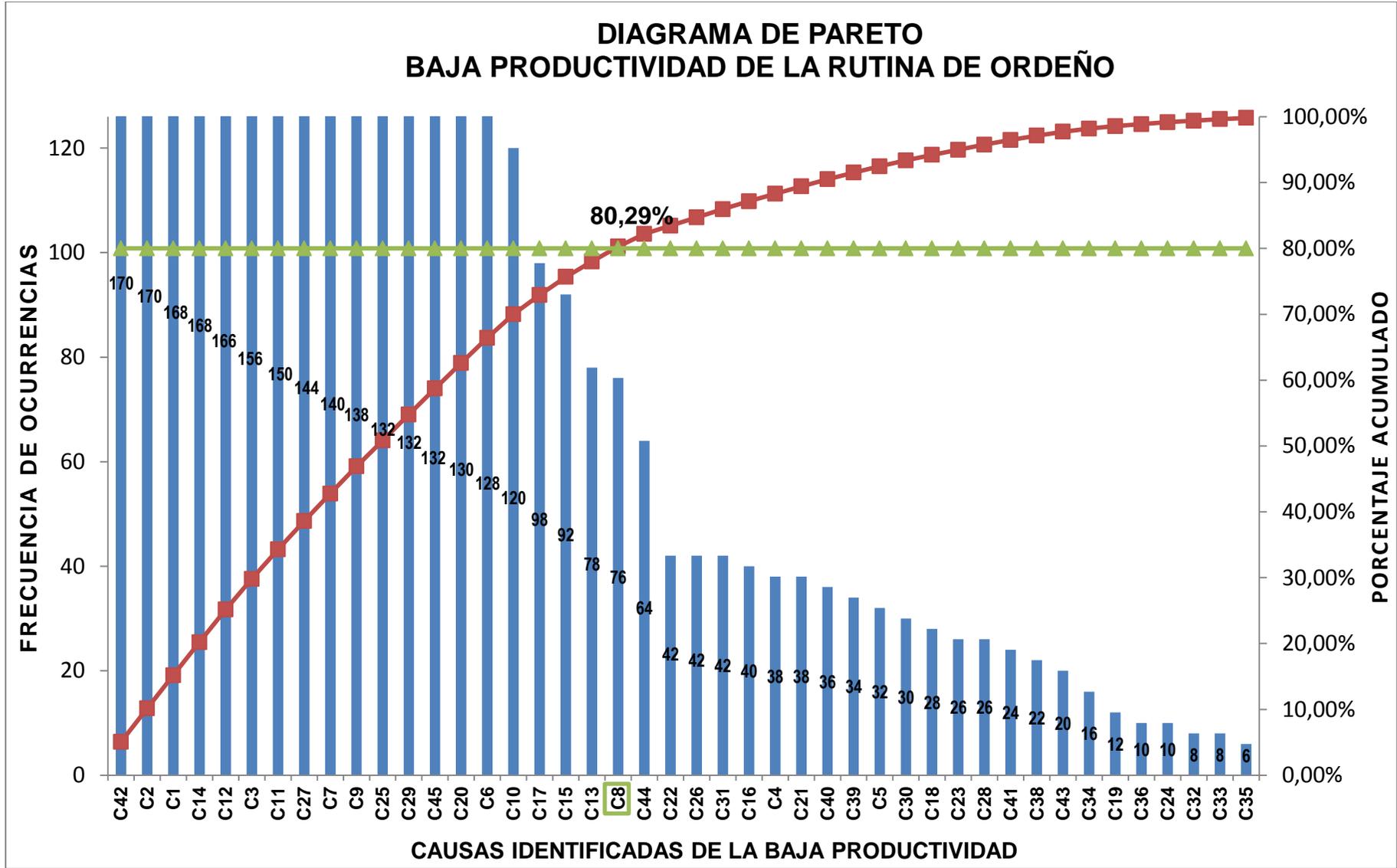


Figura 7. Diagrama de Pareto – Establo Lechero Monteverde Vilque – Puno.

Tabla 6. Matriz de priorización de causas de la baja productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque – Puno - 2022.

PROBLEMAS POR ÁREA	MEDICIÓN	MANO DE OBRA	MATERIA PRIMA	MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	MEDIO AMBIENTE	MÉTODO	TOTAL	% PROBLEMAS	% ACUMULADO	PROPUESTA
GESTIÓN		3	1			1	5	25%	25%	PHVA
MANTENIMIENTO				2	2	3	7	35%	60%	TPM
CALIDAD			1			1	2	10%	70%	SIX SIGMA
PROCESOS	2	2				2	6	30%	100%	SMED
TOTAL							20	100%		

PHVA: Ciclo DEMING
SIX SIGMA: DMAIC

TPM: Mantenimiento Productivo Total
SMED: Cambio de matriz en menos de 10 minutos

Para identificar la metodología a utilizar en el proceso de mejora, se elaboró una matriz de Priorización (tabla 6), donde las causas potenciales se ubicaron según el departamento desde donde se les puede dar solución.

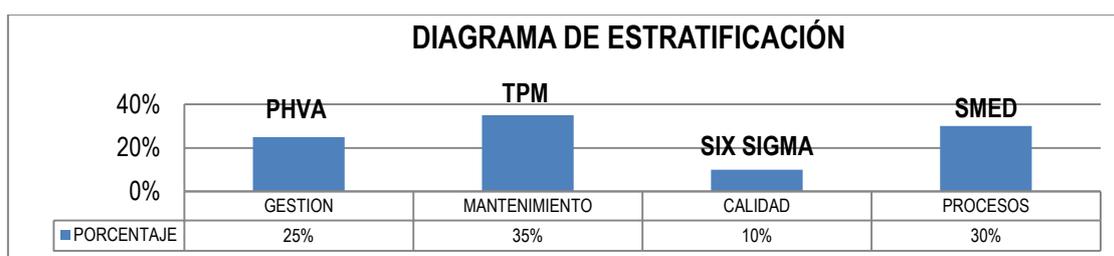


Figura 8. Diagrama de estratificación – Establo Lechero Monteverde Vilque – Puno.

El resultado del análisis, nos dirige a la elección del Mantenimiento Productivo Total (TPM), como eje estratégico a implementar, para el logro de la mejora de la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero. La decisión se sustenta considerando que el principio del TPM, plantea ejecutar mejoras a todo nivel, y con ello garantizar los resultados de la transformación (SUZUKI, 1992, p. 2).

Posterior al análisis diagnóstico, surgió la siguiente **interrogante general**: ¿Cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total mejora la **productividad** de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022?; con ello se plantearon las **interrogantes específicas**: ¿Cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total mejora la **eficiencia** de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022? y ¿Cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total mejora la **eficacia** de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022?.

En tal sentido, con la ejecución de la investigación, a **nivel teórico** se busca aplicar el enfoque del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) para poner en marcha el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el sector ganadero; en particular, aplicado a la mejora de la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde y en general de la actividad pecuaria, la cual ha sido obviada por la ciencia durante muchos años, sobre todo respecto del tema de mejora de procesos. Al respecto, HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTA (2014, p. 40), hacen mención a que el valor teórico de una investigación está en llenar vacíos del conocimiento y que los resultados puedan ser aplicados a otras áreas, apoyados en teorías que sugiera futuras investigaciones.

A nivel **práctico**, HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTA (2014, p. 40); plantean que el análisis debe responder a: si ¿Ayudará a resolver algún problema real? y, si ¿tiene implicaciones trascendentales para varios problemas prácticos?”. Basados en ello, ésta investigación busca que los resultados se incorporen como parte del proceso de la rutina de ordeño de pequeños y medianos productores lecheros; ya que se estaría demostrando que la implementación del TPM, coadyuva con la mejora de la productividad. Además que los resultados de la investigación tendrán una aplicación real y concreta resolviendo varios problemas; considerando que los procesos ganaderos son complementarios.

Respecto de la justificación **metodológica**, según BERNAL (2010, p. 107), esta se visibiliza cuando la investigación propuesta, plantea una nueva perspectiva para la generación del conocimiento (válida y confiable); basados en ellos, existe la necesidad de incorporar herramientas de mejora, económicas y de corto plazo de ejecución a los sistemas de producción ganadera, considerando sobretodo que en la Región de Puno los productores no tienen los ingresos económicos suficientes como para invertir en mejoras tecnológicas por ejemplo. La aplicación de la investigación no solamente permitiría generar una ganadería más eficiente, óptima y rentable; sino que garantizaría la calidad del producto final (leche fresca), por medio de instrumentos de mejora basados en la TPM, los cuales podrán ser aplicados para investigaciones posteriores en el sector pecuario en general.

Finalmente la investigación se justifica a nivel **económico**, basándose en lo mencionado por FERNÁNDEZ (2020, p. 8); donde cita a Baena (2017); quien afirma que un plan de mejora que se propone poner en marcha, debe justificar el monto a invertir en su implementación y el tiempo de recuperación del mismo (corto, mediano o largo plazo). Respecto de ello GARCÍA, ROMERO & NORIEGA, (2012, p. 173), explican que si se busca incrementar la disponibilidad y eficacia de la maquinaria, se pretende elevar el ciclo de vida de las mismas para mantenerla en un nivel óptimo de servicio, con una inversión mínima en recursos humanos. Esto último, resume el objetivo de la investigación propuesta, ya que se busca mejorar la productividad de la rutina de ordeño, empezando por el área de mantenimiento, considerando la participación de todo el personal de planta y administrativo para la ejecución de mantenimiento y supervisión, en reemplazo de los técnicos que requieren mayor inversión.

Con el problema analizado y formulado, se propuso el siguiente **objetivo general**: *Determinar cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*; de ello también se desglosaron los **objetivos específicos**: *Definir cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022* y a su vez *Definir cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*.

En la misma línea, se planteó la **hipótesis general** de la investigación, donde se afirma que *La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*. Así mismo se plantearon las **hipótesis específicas**, con lo cual se afirma que *La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022* y que *La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*.

II. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

LÓPEZ (2021) en su investigación “Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Laboratory Performance” (Mantenimiento Productivo Total (TPM) para Mejorar el Rendimiento del Laboratorio - Universidad Politécnica de Puerto Rico); con el objetivo de encontrar cómo la aplicación de TPM mejorará el rendimiento del laboratorio; desde un enfoque cuantitativo, logró elevar la disponibilidad de los equipos en 6 horas y el rendimiento en 65%; por lo que concluye en que la implementación del MTP en las operaciones del laboratorio mejoró el desempeño de los equipos en todas las labores asignadas. Así mismo se contribuyó al personal en la mejora de conocimientos (Programas de capacitación en Mantenimiento Preventivo).

FAUZI ET. AL. (2019) en su investigación “The Impact of Total Productive Maintenance (TPM) as Mediator between Total Quality Management (TQM) and Business Performance” (Impacto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como mediador entre la gestión de calidad total (TQM) y el rendimiento empresarial); ejecutada en la Universidad de TUN Hussein Onn Malaysia; plantearon conocer el efecto mediador de TPM entre TQM y el desempeño comercial, para una población conformada por la Federación de Fabricantes de Malasia (FMM) y el directorio de empresas extranjeras en Malasia (1500 empresas evaluadas mediante encuesta). Se demostró que TPM es un mediador parcial entre TQM (Total Quality Management - Gestión de la Calidad Total) y el rendimiento empresarial, donde tuvo un efecto indirecto de 0,25, por lo tanto el TPM coadyuva en las empresas manufactureras a mejorar las prácticas de TQM (TPM es un mediador).

DUQUE & ECHEVERRI (2018) en su tesis, “propuesta de un sistema de mantenimiento autónomo como pilar fundamental del mantenimiento total productivo para el área de recurtición de la Empresa Americana de Curtidos Ltda. y CIA S.C.A.” tesis de titulación en Ingeniería Industrial por la

Universidad de Pereira, Colombia; plantearon un sistema de mantenimiento autónomo en el contexto del Mantenimiento total de la producción (TPM), para el área de recurtición. El objetivo fue reducir las detenciones del proceso y los costos operativos de dichas detenciones. El estudio fue descriptivo; y la población la plana administrativa, operacional y máquinas del área de recurtición. Finalmente los investigadores proyectaron una mejora teórica de casi el 70% en la continuidad del flujo de producción y la capacitación a los trabajadores de planta y administrativos.

LENZA (2016) en su investigación titulada “Eficiencia del ordeño mecánico en vacuno de leche”, ejecutada en España; publicada por la Universidad de Santiago de Compostela; en una muestra de 632 máquinas de ordeño, llega a la conclusión de que la calidad de la leche está directamente relacionada con el tipo de instalación y su mejor puesta a punto: 86% en circuitos y 82% en las cántaras. Así mismo propone que los establos lecheros de tamaño medio (60 vacas en ordeño), deberían optar por salas de ordeño (2 x 6) con una tecnificación y rendimiento a un SOR.

VÁSQUEZ (2015) en su tesis titulada “Actualización e implementación del plan de mantenimiento preventivo de la planta de líquidos y polvos de la empresa Natural Soaps Cosmetics International, NSCI S. A.” tesis de titulación para Ingeniero Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala. El investigador planteó actualizar e implementar un programa de mantenimiento preventivo dirigido a la maquinaria de planta. Esta implementación permitiría acabar con los paros innecesarios del proceso. La población lo constituyó la empresa misma, y la muestra las máquinas del área (muestreo no aleatorio). Los resultados mostraron una reducción del tiempo de suspensión en las líneas de producción, dando pie a mejorar los tiempos de fabricación y optimización de procesos; uniformizando las cargas de trabajo (bienestar laboral) e incrementando la calidad del producto. Finalmente el investigador concluyó con que el costo de manteniendo de máquinas se redujeron considerablemente, pasando de Q 22447,24 (2911,75 dólares) a Q 13519,72 (1753,72 dólares).

GARCÍA (2015) ejecutó un Modelo de gestión de mantenimiento para elevar la calidad respecto del servicio en el departamento de alta tensión del metro de México (Tesis de grado para Maestro, Instituto Politécnico Nacional de México), donde se planteó diseñar un modelo de gestión de mantenimiento para llegar a mejorar la calidad en el servicio. Utilizando un enfoque mixto de análisis de datos, con un diseño no experimental, exploratorio deductivo y una población constituida por el área de alta tensión y la muestra conformada por el personal de las cuadrillas de mantenimiento (muestreo no aleatorio); logró ampliar los intervalos de fallas de máquinas de 22hrs a 30hrs; con lo cual se logró elevar la disponibilidad del suministro de la energía eléctrica, por otro lado se aumentó el valor del OEE de 76.9% (inicial) a 83.9% (posterior a la implementación). Los instrumentos utilizados fueron la observación directa, encuestas al personal y administrativos, datos históricos de la empresa y entrevistas directas.

CHUNG (2015) en su trabajo de título “Estudo de caso de implantação da manutenção produtiva total na linha de biscoitos recheados da Vitarella” (Estudio de caso de la implementación del mantenimiento productivo total en la línea de producción de galletas rellenas de Vitarella), presentado para obtener un título de Maestría por la Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; planteó evaluar los problemas encontrados por la empresa en la implementación de TPM, así como escalar los recursos para reducir el tiempo de inactividad en la línea de producción. La investigación aplicada fue de naturaleza cuantitativa, con un estudio de caso. La población y la muestra lo constituyeron todos los equipos de operadores de la empresa y la parte administrativa (muestreo no aleatorio), con quienes utilizaron instrumentos como encuestas y revisión de data histórica de producción diaria y mantenimiento de quipos. Finalmente el investigador, mostró resultados significativos en la reducción de pérdidas por escaneo (-72,7%) y reprocesamiento (-34%), concluyendo el autor en que se debe invertir más en la capacitación y educación dentro de la empresa, acerca de la metodología del TPM y los beneficios de una buena implementación del mismo a todos los trabajadores y administrativos.

TORAL & BURGOS (2013) como parte de su tesis para la obtención del título de Ingeniero Industrial en la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Ecuador; diseñó e implementó un programa TPM en una empresa productora de alimentos balanceados; donde redujo en 5% los costos operativos y productivos del proceso, los tiempos de espera y el nivel de desperdicios; asimismo logró mejorar el rendimiento. Por otro lado se logró cumplir con un 91% en cuanto a los mantenimientos preventivos y correctivos, así mismo las capacitaciones lograron mejorar las capacidades y competencias de los trabajadores.

ROJAS (2011) en su investigación, buscó Implementar los pilares del TPM de mejoras enfocadas en el almacenamiento autónomo en la planta de producción Ofixpres S.A.; como parte de su tesis para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. El objetivo de esta investigación fue administrar y respaldar la metodología de ejecución de los pilares del TPM de mejoras focalizadas y mantenimiento autónomo, por medio del manejo y vigilancia de los indicadores y planes de acción, con la visión de mejorar la rentabilidad y competitividad de la compañía. Esta investigación trabajó con un diseño no experimental, transeccional y descriptivo; la población elegida fueron los integrantes del programa de productividad de Cali y Colombia, de la cual se tomó como muestra 10 grupos de mejoramiento (no aleatorio). Los instrumentos usados fueron encuestas y entrevistas. El resultado más importante fue elevar el valor del OEE de 76.9% a 83.9%, garantizando la eficiencia de las máquinas.

MANSILLA (2011) en su tesis de “Aplicación de la metodología del TPM para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar” (tesis de titulación: Ingeniera en Alimentos por la Universidad de Chile); plantea poner en marcha solamente el pilar 5 del TPM; enfocada en 2 líneas de fabricación de chicle (población y muestra) en un diseño pre experimental de alcance explicativo; concluyó con lo siguiente: dio a conocer que con la implementación del pilar 5 y

estandarización del proceso de fabricación, redujeron el número de defectos en cuanto a la calidad (línea 1: 57% y línea 2: 82%), disminuyeron las paradas de los equipos por error en el proceso (línea 1: 54% y línea 2: 2%) y redujeron el impacto ambiental, mediante el uso racional de recursos: los desperdicios disminuyeron en un 27%, línea 1 y 13%, línea 2. Finalmente el reprocesamiento se redujo en 48%: línea 1 y 100%: línea 2. Por otro lado, se previnieron los accidentes en el trabajo y se comprobó que la estrategia del pilar 5 del TPM, que está enfocada en la normalización del método; tiene efecto en la disminución de despilfarros.

GUIMARÃES (2011), en su tesis “Padronização das atividades de manutenção para implementação de um projeto de TPM” para obtener la licenciatura en Ingeniería de Producción Mecánica de la Universidad Estadual Paulista, Facultad de Ingeniería de Guaratinguetá, planteó el objetivo de proponer un modelo estandarizado para la ejecución de las actividades de mantenimiento de una empresa biotecnológica. La propuesta expone la metodología a seguir de todo el proceso de trabajo, donde se identifican aquellas actividades que realmente agregan valor y las prioriza dentro de la ejecución; sobre todo aquellas actividades que requieren urgencia de ser ejecutadas.

WYREBSKI (1997), en su trabajo titulado “Manutenção produtiva total - um modelo adaptado” (Mantenimiento productivo total – un modelo adaptado), presentado a la Universidad Federal de Santa Catarina, para obtener el título de Maestría en Ingeniería; presentó una propuesta de TPM adaptado a la gestión de empresa, tomando como población de las áreas críticas de producción, donde los problemas de mantenimiento son recurrentes ("cuellos de botella"); y como muestra el área de limpieza mecánica. Con la aplicación del TPM, se confirmó su fácil implementación, logrando el aprendizaje y compromiso por parte del personal. Así mismo, se redujo el promedio de intervenciones para reparaciones de 224 a 188 y se redujo el promedio de horas dedicadas a reparaciones de 69.3 horas al mes, a 49,5 horas al mes (después de implementar TPM).

ANTECEDENTES NACIONALES

NAVARRO (2021), en su tesis “TPM para mejorar la productividad de una empresa de leche evaporada, en Lima”, para obtener el grado de Maestro por la Universidad César Vallejo; planteó determinar la influencia del TPM, en la productividad de una empresa de leche evaporada; mediante un enfoque cuantitativo de corte transversal, de carácter no experimental; y con una población de 90 trabajadores y una muestra de los trabajadores del área (muestreo aleatorio simple). El investigador llegó a demostrar un 72,5% de variabilidad en la variable dependiente y un puntaje Wald de 20,176; con lo que afirma que el Lean Manufacturing TPM repercute de manera significativa en la efectividad de la productividad del proceso.

INGA & MONTOYA (2020) en su investigación de Implementación del TPM para la mejora de productividad en área de producción en la empresa S.C.R. S.A.C en planta CML - Lince, Perú; para obtener el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Cesar Vallejo. El objetivo principal fue determinar como la implementación del TPM ayuda a la mejora de la productividad en el área de producción de donuts en la planta CML-Lince. En base a una metodología de tipo aplicada con diseño pre-experimental y tomando la productividad de la empresa como población y muestra, logró incrementar la productividad en 16.40%.

REYES (2020) en su tesis acerca del “Diseño de un Plan de TPM en una Empresa de Transporte de Mineral para aumentar la disponibilidad de flota”, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico por la Universidad Tecnológica del Perú, planteó elaborar un plan de mantenimiento mediante la investigación descriptiva y aplicada (diseño no experimental); donde tomó como población el total de la flota de camiones y como muestra a 4 de ellos (muestreo simple al azar); logrando incrementar el número de viajes por unidad y la existencia de vehículos pasó de 82% a 90%; además logró reducir el número de unidades en inoperación (el servicio de viajes se incrementó en 40%).

FABIÁN & TRAVI (2020) en su investigación acerca de la puesta en marcha del mantenimiento productivo total para optimizar la productividad de maquinaria y herramientas en la empresa Johesa, Lima (Tesis de titulación: Ingeniero Industrial por la Universidad César Vallejo) propuso determinar si la aplicación de la metodología TPM, mejoraría la Productividad de la maquinaria. Para ello hizo uso de un diseño metodológico pre experimental; planteándose como población a todos los casos reportados. La implementación de la propuesta, logró reducir los tiempos de mantenimiento de máquinas (5,13%) y aumentar la productividad; obteniendo mayor disposición de equipos (9%).

MAVILA (2020) en su tesis de titulación para Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional de San Marcos, propuso un sistema de indicadores de eficiencia general de equipos para mejorar la productividad, donde afirma que la evaluación de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad permitieron elevar la cantidad de horas de producción, con ello elevar la cantidad de metros producidos de tela y disminuir la cantidad de telas de segunda respectivamente (mejora de calidad). El estudio se basó en datos históricos y la evaluación post test, se ejecutó en dos meses.

REQUEJO & SANTIN (2019) en su investigación acerca de la aplicación de un sistema del TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la empresa IPEFICAL S.A.C. Tesis de titulación para Ingeniero Industrial por la Universidad César Vallejo, propuso determinar la forma en que la implementación de un sistema TPM, mejora de la OEE, mediante un diseño pre-experimental con pre-test y post-test; con una población constituida por las máquinas y equipos de la empresa; el investigador concluye en que la implementación del TPM mejoró en un 12% la eficiencia de los equipos.

CONDEZO (2019), en su tesis de "Implementación de la metodología TPM para llegar a mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de la maquinaria pesada de construcción - COSAPI S.A. Lima", para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del

Norte; planteó Implementar la metodología TPM avizorando la mejora de la productividad mediante el mantenimiento correctivo de los equipos. El diseño fue pre experimental, de alcance explicativo. La población lo constituyó la empresa Cosapi y la muestra el área de mantenimiento (muestreo no aleatorio). Los resultados de la investigación demostraron una reducción en cuanto a fallas en el proceso (una falla por máquina al año), esto se reflejó en la disponibilidad de la maquinaria (incremento de 74%) y la confiabilidad del servicio (incremento de 100%).

CÁCERES & GAMEZ (2019), en su proyecto de investigación titulado “Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado, de la empresa JCB Estructuras S.A.C.”; para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Ricardo Palma, planteó determinar la forma en que la puesta en marcha de la herramienta del TPM mejora la productividad en el proceso. Esta investigación utilizó un diseño de tipo aplicado, con nivel descriptivo-explicativo (diseño no experimental cuantitativo); donde la población y muestra lo constituyeron los registros de las 102 partes de trabajo. Finalmente, se obtuvo una mejora del 22.9% en la productividad.

GORMAS (2019), en su investigación acerca de la “Implementación del TPM para aumentar la productividad en la línea de producción de la empresa NegoPerú Molinera S.A.C.”, para la obtención del título de Ingeniera Industrial por la Universidad César Vallejo; mediante un diseño de investigación pre-experimental y con una población conformada por 23 máquinas, se implementó el TPM, donde obtuvo el incremento de la OEE media de 55.2% a 84.6% y la producción media pasó de 56327 sacos a 74045 sacos (incremento del 19%). La Eficiencia pasó de 54.6% a 85.8% (incremento del 31.2 %); la Eficacia pasó de 96.4% a 98.4% (incremento del 2.0 %) y la Productividad pasó de 52.6% a 84.2%, lo que significa que hubo un incremento del 31.6%. Los datos demostraron una distribución normal (T-Student) y por ende se acepta que la implementación del TPM mejora la (eficiencia, eficacia, productividad) en la línea de producción.

MORILLO (2018) en su tesis, "Implementación del TPM para mejorar la productividad en el proceso de producción de lejía, Lima" (para la obtención del título de Ingeniera Industrial por la Universidad César Vallejo); propuso determinar la manera de aplicación del TPM para fomentar la productividad en el proceso de fabricación de lejía. Trabajó con un diseño experimental de nivel explicativo; y una población y muestra conformada por los datos históricos mensuales de producción. Los resultados demostraron que con la puesta en marcha del TPM se mejoró la productividad del proceso en un 18% (pasó de 73% a 91%). Así mismo se mejoró la eficiencia del proceso en 10%, (proceso de producción de la lejía de 85% a 95%).

LLONTOP en el 2018, propone la implementación de la metodología del TPM en el área de extracción de jugo Trapiche de la Agroindustria Pomalca SAA (tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Industrial por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo). Buscó medir el impacto de la metodología, respecto de productividad. El diseño pre experimental aplicado; tomó como población y muestra a los 57 trabajadores del el área de extracción de jugo de caña. Finalmente logró mejorar sustancialmente el proceso de molienda donde recuperó 552,72 ton. de azúcar de 252 138,24 ton de caña, respecto de la OEE, se obtuvo un promedio de 72,66%, valor considerado aceptable a comparación de las pruebas iniciales al proceso.

MANTILLA & PEREYRA (2018) en la tesis "Propuesta de implementación MTP para lograr el incremento de la productividad en la empresa Servicios Industriales Aybar" (tesis de titulación para Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del Norte); plantearon mejorar la productividad por medio del desarrollo del TPM. Con un diseño pre experimental de alcance transversal, la población lo constituyó la empresa misma la muestra el área de máquinas (muestreo no probabilístico). Finalmente logró elevar la efectividad global en 31,9%, la productividad en 96,4%, el proceso en 43,2% la producción en un 80,2% y el tiempo promedio entre fallas y reparaciones se redujo en 40%. Demostrándose con ello que la puesta en marcha del TPM mejora la productividad.

PADILLA (2018) en su tesis de Mantenimiento preventivo y disponibilidad de máquinas y equipos de producción en el sector de maestranza en la empresa agraria azucarera Andahuasi, presentada para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; determinó la relación entre el mantenimiento preventivo y la disponibilidad de equipos, tomando como población y muestra a 7 equipos del sector maestranza bajo un diseño de investigación correlacional, de tipo longitudinal, y mediante un análisis estadístico r de Pearson afirma que el mantenimiento preventivo no se relaciona con la disponibilidad.

FERNÁNDEZ (2018) Implementó la metodología del TPM en una empresa dedicada a la fabricación de transformadores, con el objetivo de optimizar su Productividad (para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad César Vallejo). El investigador determinó la manera de aplicar el TPM para dinamizar la productividad en la empresa, mediante una investigación cuasi experimental; con una muestra formada por el grupo de solicitudes, requisiciones y órdenes de producción de 30 máquinas. Los resultados demostraron que la productividad de las máquinas se mejoró en un 22.54%. Finalmente el investigador concluye que la implementación del TPM optimiza significativamente la productividad.

CARVALLO (2018), en su revisión de los últimos 9 años en Ebsco, Redalyc y SCielo; acerca de los “factores del mantenimiento productivo total y su importancia en la productividad” en las empresas industriales y de servicios en los países como Perú, Colombia, Ecuador, México, en el periodo 2010-2018, reveló que las empresas que implementaron TPM, mejoraron la eficiencia de sus máquinas por encima del 30% y experimentaron el crecimiento en la productividad a una tasa aproximada del 9%.

INGA (2017), ejecutó la tesis “Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en industria de productos lácteos”, para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC; donde propuso como objetivo general:

precisar el impacto en términos de OEE (disponibilidad, eficiencia, calidad) de la puesta en marcha de un programa de TPM en la empresa de Consumo Masivo Ternerito S.A. El diseño fue experimental y la población en estudio, las 7 líneas de envasado de la empresa, de donde eligió como muestra dos líneas de producción: Nano 2 y Nano 3 (muestra no aleatoria). Posterior a la aplicación de la metodología la OEE se elevó en un promedio de 62.5% (de 7.5%) en la línea Nano 2. Mientras que la línea Nano 3 expuso una OEE promedio de 45.7% (de 4.2%). Finalmente, el investigador concluye con que ambas líneas de producción presentaron mejoras después de ser intervenidas con la metodología del TPM.

SEMINARIO (2017), en su tesis de Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas CNC de una empresa metal mecánica Lima – Perú, para obtener el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Cesar Vallejo, bajo el objetivo de establecer como el TPM mejora la eficiencia de los equipos; el investigador trabajó bajo un diseño cuasi-experimental, tomando como población a las 02 máquinas, donde mediante la implementación del TPM incrementó la Eficiencia Global de Equipos (OEE) de un 46.32% a un 66.24% y con ello el nivel de disponibilidad de 72,40% a 81,79%, la efectividad de 73,26% a un 86% y la calidad tuvo un incremento del 87.58% al 93.83%.

APONTE (2017), en su tesis “Aplicación del TPM para mejorar la productividad de la línea fabricación de transformadores en la empresa BHM Industrial E.I.R.L” (tesis de titulación: Ingeniero Industrial por la Universidad César Vallejo); se planteó determinar la forma en que la aplicación del TPM mejora la productividad de la línea fabricación. Se trató de una investigación cuasi experimental, donde la población y la muestra lo conformaron el grupo de órdenes del área de producción. El resultado de la investigación, dio a conocer que la ejecución del TPM en la empresa, logró mejorar la productividad de 1.52 unid/Hm a 1.65 unid/Hm (18% por encima del valor inicial). Finalmente concluyó en que la ejecución del TPM impactó positivamente en las horas máquinas efectivas de la línea de fabricación.

PINEDA & VARGAS (2015) en su diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología del TPM, para mejorar la productividad y confiabilidad en el Molino Don Julio S.A.C-Lambayeque” (para optar el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Señor de Sipan); los investigadores bajo un tipo de investigación aplicada, con diseño no experimental usó como población y muestra al área de producción de la empresa (muestreo no probabilístico); donde comprobó que la puesta en marcha de la metodología logró incrementar los índices de productividad en 52% y la OEE en 85%, lo cual elevó la confiabilidad del funcionamiento de las máquinas y redujo el índice de paradas de la producción. Los resultados obtenidos concluyeron con la confirmación de que la implementación del TPM mejora la productividad del proceso.

BROUSETT ET. AL. (2015), en su investigación; Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno–Perú, publicada por la revista de Investigación Universitaria; plantearon el objetivo de evaluar la calidad de la leche cruda en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y toxicológicas, en siete cuencas de la región Puno. Para la caracterización fisicoquímica se determinó pH, acidez, densidad, contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos; las determinaciones fisicoquímicas en más del 50% de las cuencas (a excepción de acidez y pH) se encontraron dentro de los estándares de la NTP (Norma Técnica Peruana).

Tabla 7. *Análisis fisicoquímicos en las cuencas lecheras de Puno*

Cuencas	Densidad g/ml	DE	pH	Acidez g/100	DE
Vilque	1,029	0,001	6,82	0,198	0,02
Mañazo	1,031	0,001	6,63	0,191	0,02
Azángaro 1	1,032	0,002	6,40	0,189	0,01
Azángaro 2	1,028	0,002	5,64	0,146	0,02
Cabanillas	1,027	0,011	6,72	0,155	0,01
Ayaviri	1,029	0,001	6,55	0,172	0,01
Acora	1,028	0,002	6,50	0,185	0,01
Ilave	1,032	0,015	6,81	0,199	0,03
NTP 202.001.2003	1,029-1,034			0,14-0,16	

Fuente: Proyecto Binacional Lago Titicaca – PELT – MINAGRI

ENFOQUES CONCEPTUALES

Mantenimiento industrial

DHILLON (2002, p. 15-16), afirma que “debido a varios factores, se estableció en el siglo anterior que el “mantenimiento” debe ser parte integral de la estrategia de producción para el éxito general de una organización”; ya que usualmente se tiende a definir al mantenimiento como el conjunto de técnicas que solamente buscan la conservación de los equipos e instalaciones, perspectiva que en la actualidad no recaba todas la implicancias que conlleva ejecutar un proceso real de “mantenimiento” en una empresa.

Respecto de la cita anterior, actualmente se define como “mantenimiento” a las acciones delimitadas en técnicas destinadas a conservar en buen estado los equipos e instalaciones que se encuentran operando, buscando obtener una alta disponibilidad y máximo rendimiento. Entonces, el mantenimiento industrial como tal, tiene en cuenta técnicas definidas y sistemas organizados que encaminan a prever posibles averías, efectuar revisiones planeadas, engrases y reparaciones eficaces: que permiten asegurar el buen funcionamiento de las maquinarias a los operadores, usuarios y la empresa (SANZOL, 2010, p. 8).

Por otro lado, en el caso particular del mantenimiento de las instalaciones, normalmente se aplican en una planta, donde, del buen funcionamiento de los componentes (maquinaria e instalaciones), depende la obtención de un producto de calidad; con ello se garantiza que las operaciones sean constantes y el sistema de trabajo se consolide dentro de la empresa. Por ende las funciones de mantenimiento (en todas sus formas) se ejecutan “sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o que prestan servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo” (MUÑOZ, 2003, p. 5); perspectiva de un mantenimiento global.



Figura 9. Áreas que abarca la ejecución del mantenimiento

El mantenimiento industrial, plantea los siguientes objetivos:

- ° Evitar, reducir, y/o reparar, los fallos sobre las máquinas, herramienta e instalaciones.
- ° Disminuir la gravedad o peligro de los fallos (si no se puede evitar)
- ° Evitar detenciones o paros inútiles de máquina en el proceso.
- ° Evitar accidentes en el área de trabajo.
- ° Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- ° Conservar los bienes productivos en condiciones seguras.
- ° Reducir costes en todo el proceso de producción.
- ° Alcanzar o prolongar la vida útil de los equipos y maquinarias.

Respecto de lo mencionado, SOCCONINI (2019, p. 54) afirma que en el tiempo, las estructuras funcionales de un sistema de producción (logística, producción, administración, calidad, atención al cliente, entre otros), se han diferenciado y especializado de tal manera que han impedido que el mantenimiento sea productivo, porque se han organizado en departamentos separados con objetivos y metas diferentes, centradas en cumplir objetivos de área; los que muchas veces no encajan con los objetivos institucionales ni complementan a las otras áreas de la empresa.

Desarrollo del mantenimiento hasta la implantación del mantenimiento productivo total - TPM

Es indiscutible que la delimitación de normas, procedimientos y en resumen la automatización de los procesos, representen una tarea muy compleja; debido a la heterogeneidad de las empresas (capital, características, evolución, tecnología, entre otros); pero si se conoce que, dentro de las necesidades de prioridad que tiene cada compañía es elevar la “Productividad Global”; lo cual abarca no solo áreas o tareas definidas, sino la repercusión de cada una de las áreas sobre un solo punto, la “productividad”. Al respecto, SACRISTÁN (2001, p. 59), menciona que es muy difícil hacer funcionar a los equipos de una planta en toda su capacidad, esto debido a que en la mayor parte de casos se depende de limitado personal capacitado y especializado para ejecutar el mantenimiento, y con ello es casi imposible abastecerse a todas las tareas generadas por un número elevado de paradas en las máquinas. En vista de ello, las compañías desarrollaron herramientas de solución de problemas, basados en la práctica diaria y la experiencia en campo de los propios trabajadores no especializados de planta.

Tabla 8. *Desarrollo del mantenimiento industrial (CHAN, 2012, diáp. 6).*

TÉCNICAS ORIENTADAS			
CUIDADO FÍSICO DE LA MÁQUINA		CUIDADO DEL SERVICIO QUE PROPORCIONA A LA MÁQUINA	
¿ – 1914	194 – 1950	1950 – 1970	1970 – 3?
Correctivo (MC)	Preventivo	Productivo (PM)	TPM
Enfoque de máquina	Enfoque de máquina	Enfoque de servicio que prestan las máquinas	Enfoque al servicio que prestan las máquinas
Solo se intervenía en caso de paro o falla importante	Con establecimiento de algunas labores preventivas	Importancia de la fiabilidad para la entrega del servicio al cliente. Se busca la eficiencia económica en el diseño de planta	Lograr eficiencia PM a través de un sistema comprensivo y participativo total de los empleados de producción y mantenimiento

El TPM conceptos y características

El Japan Institute of Plant Maintenance (2020, p. 54) define las siglas TPM como la abreviatura de Mantenimiento Productivo Total. Así mismo extiende el significado mencionado que se trata de un tipo de mantenimiento donde participan todos los miembros de una organización o sistema de trabajo. A ello, SUZUKI (1992, p. 1) menciona que se trata de un enfoque o perspectiva exclusivamente japonesa, denominada *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*, la cual representa a una forma de mantenimiento productivo que trabaja a nivel global de la empresa (involucra a empleados, jefes, maquinas, áreas de trabajo, entre otros).

A partir de lo mencionado, se puede afirmar que el TPM o Mantenimiento Productivo Total, es un sistema que está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", donde las tareas pequeñas de mantenimiento son realizadas por los propios usuarios, en vez de especialistas. Dicho proceso de mantenimiento se ejecuta por medio de tareas pequeñas y sencillas que aseguran no solo el buen funcionamiento del equipo en el tiempo, sino que también pueden alargar el tiempo de vida del mismo. Dichas tareas pequeñas pueden ejecutarse en forma de reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, entre otras actividades, facilitando al especialista obtener la información exacta y necesaria para éste pueda ejecutar otras tareas en otras áreas con mayor conocimiento de causa y así tenga la oportunidad de planificar una intervención a toda la maquinaria de la planta. Este sistema de trabajo permite al global de los trabajadores de la organización, ejecutar tareas dentro del programa de mantenimiento preventivo, siendo el principal objetivo el de maximizar la efectividad de los bienes en planta. Este acto de maximización significa mayor productividad para la empresa. En vista de ello, los esfuerzos se centran en el programa encargado del entrenamiento del factor humano, donde se le asignan pequeñas tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en grupos de 3 o 4 trabajadores (dependiendo del tamaño de la empresa), mediante una dirección motivadora. (MUÑOZ, 2003, p. 8).

El TPM es una metodología compuesta de actividades alineadas y complementarias, que una vez ejecutadas; incrementan la competitividad de una empresa, industria u organización de bienes y/o servicios. Esta metodología es considerada además una estrategia de mejora, debido a que coadyuva a mejorar las capacidades competitivas del personal de planta, anulando estratégicamente las deficiencias (antes que se presente una falla) de los sistemas de operación.

Así mismo el TPM le permite a una organización poder marcar diferencias con la competencia, debido al fuerte impacto en la reducción de los costes en la ejecución de procesos, la disminución considerable en los tiempos de respuesta en cuanto al mantenimiento preventivo, la fiabilidad de los suministros que llegan al almacén, la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a los clientes, y la capacidad que llegan a adquirir los colaboradores dentro de la empresa (GUTIÉRREZ, 2010, p. 129).

Es necesario mencionar en este ítem, que la organización japonesa define el TPM como un sistema orientado a lograr: Cero accidentes, cero defectos, cero averías y cero pérdidas, basado en la participación del total de las personas que laboran en una empresa (trabajo conjunto de los activos más importantes de la empresa, personas y equipo).

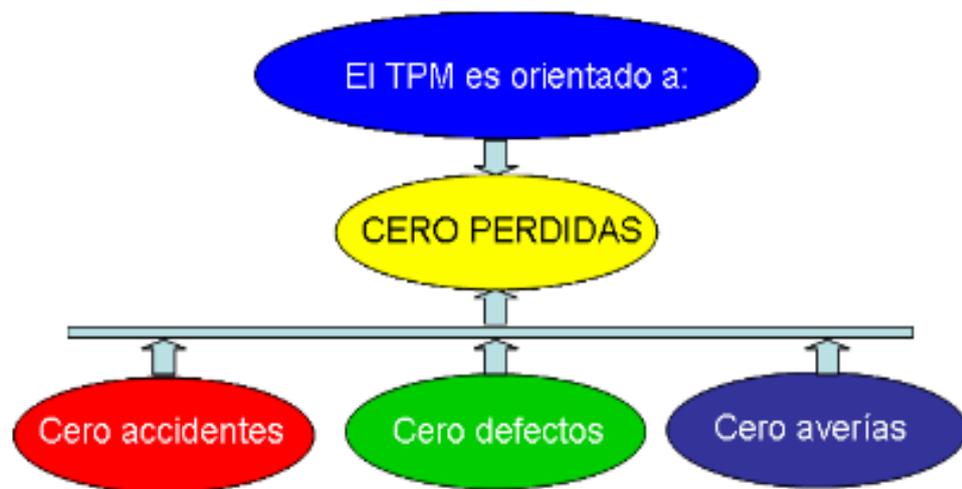


Figura 10. Orientación del TPM

Todas las actividades que se consideran dentro de la metodología del TPM, conducen a generar productos y servicios de calidad con bajos costes de producción (factor diferenciador de las empresas), alta capacidad en el trabajo (trabajadores capacitados y motivados) y una imagen empresarial excelente (fiabilidad de la empresa frente a la sociedad). Así mismo es de suma importancia que todas las áreas de la empresa estén involucradas, con el objetivo de llegar a la eficiencia global en todos los departamentos de la organización (sinergia de todos los elementos de la empresa en el trabajo). La meta de las "cero pérdidas" debe ser lograda a través del desarrollo de trabajo en grupos pequeños (encargados del programa del TPM), pero con un solo objetivo (el logro de objetivos personales ligado a la organización).

Por su parte FAUZI ET. AL. (2019, p. 768), menciona que la implementación de TPM está significativamente relacionada con el rendimiento empresarial, y que se utiliza para mejorar la eficiencia laboral, la productividad y la eficacia del equipo de trabajadores. En este entorno competitivo, el fabricante debe centrarse en el mantenimiento como fuente potencial de ahorro de costes y ventaja competitiva. Por lo tanto, el desempeño comercial de las empresas que implementan el TPM es mayor que el de las empresas que no son la consideran como filosofía.

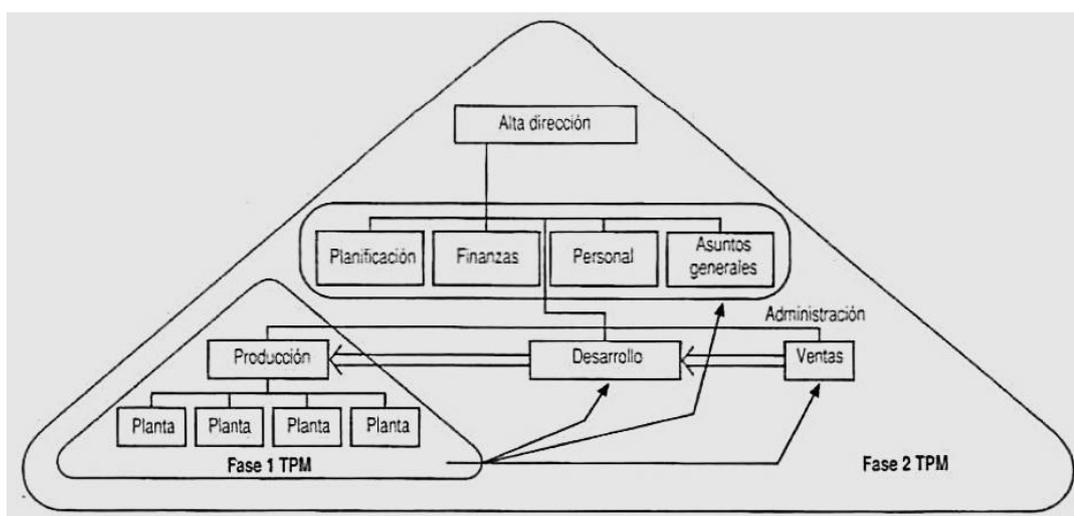


Figura 11. Implementación, del TPM por departamentos, departamento de producción (fase 1) y producción, ventas, desarrollo y administración (fase 2) (SUZUKI, 1992, p. 3).

Estrategias del TPM

SUZUKI (1992, p. 6) define las siguientes estrategias (cinco), que originalmente fueron planteadas por el Japan Institute of Planta Maintenance (JIPM):

- ° Maximizar la eficiencia global de la organización, cubriendo la vida entera del equipo
- ° Establecer un sistema TPM que tenga en cuenta la vida entera del equipo y su funcionamiento en planta.
- ° Involucrar a todos los departamentos de la empresa (una sola visión) en la planificación, del mantenimiento de equipos.
- ° Involucrar a todos los empleados de la empresa (de todos los departamentos), desde la alta dirección, hasta los operarios de planta.
- ° Propiciar el cumplimiento del TPM, motivando la participación de todo el personal y promoviendo las actividades de los pequeños grupos autónomos de trabajo en la empresa.

Así mismo, es de vital importancia para el proyecto, enumerar en este ítem lo considerado por el mismo autor (SUZUKI, 1992, p. 7), como componentes estratégicos para las empresas que a la actualidad reflejan una tendencia de trabajo multidisciplinario:

- ° Formar una organización que optimice la eficacia de los sistemas de producción con perspectiva multidisciplinaria y de acción global.
- ° Realizar una gestión en planta, que evite todo tipo de pérdidas (cero accidentes, defectos y averías) en la vida entera del sistema de producción.
- ° Involucrar a todos los departamentos en la implementación del TPM (el área de desarrollo, el área de ventas y administración).
- ° Involucrar a todos, desde la alta dirección a los operarios de la planta en un mismo proyecto.
- ° Orientar el trabajo hacia las “cero pérdidas” en planta y los procesos; respaldándose en el trabajo de los pequeños grupos.

Pilares de TPM

El Manteniendo Productivo Total, se basa en ocho pilares de intervención; los cuales son el sustento del método. Cada uno de los pilares precisa la manera de conseguir los objetivos de mejora deseados, mediante la eliminación o reducción de las pérdidas en el proceso, como: paradas (planificadas y no planificadas), ajustes del proceso (dependiendo del avance de la empresa), falla de equipos, fallas del proceso, pérdidas de la producción, errores o defectos en calidad y pos-procesamiento (CALLE, 2015 pág. 13). Al respecto de lo mencionado, PARIKH & MAHAMUNI (2015, p. 127) describen cada uno de los ocho pilares desde donde el TPM aborda los problemas mencionados; estas ocho actividades diferentes, denominadas popularmente como ocho pilares del TPM, son parte de una metodología que da como resultado un aumento en la productividad laboral a través de la disminución y manejo de costos de mantenimiento y control de paradas dentro del proceso. Los ocho pilares del TPM incluyen el mantenimiento autónomo, mantenimiento enfocado, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, educación y formación al personal, TPM administrativo, gestión del desarrollo, seguridad, salud y medio ambiente y gestión del desarrollo.

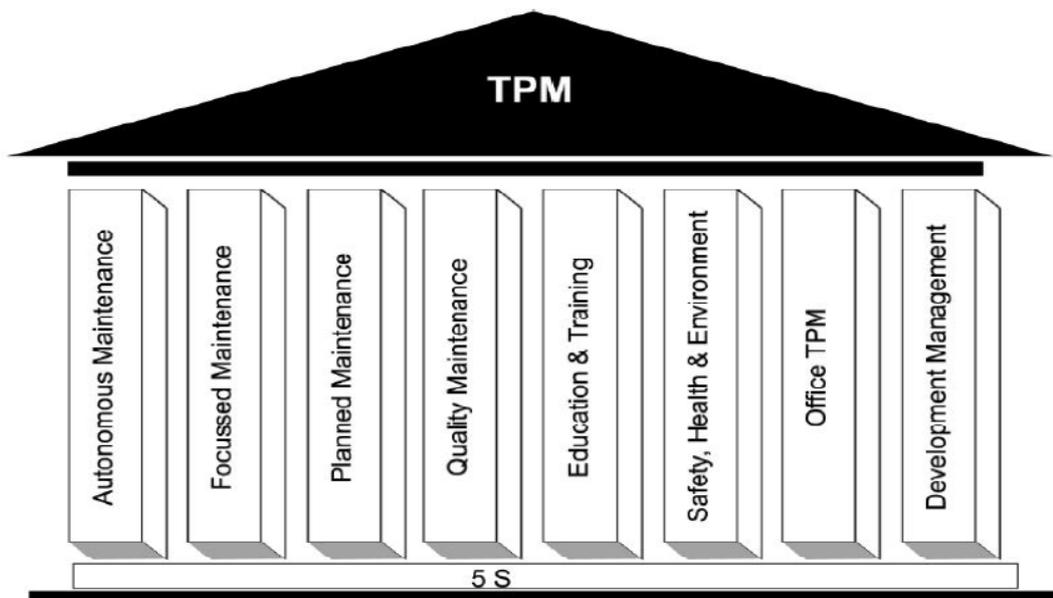


Figura 12. Los ocho pilares de la implementación del TPM (JIPM)

Pilar 1: *Autonomus Maintenance* (Jishu Hozen – Mantenimiento Autónomo). Se trata de las actividades cotidianas o rutinarias que los operadores realizan, aquellas como limpieza de equipos, verificación del buen funcionamiento y otras actividades que están de acuerdo a las normas establecidas; al respecto CUATRECASAS & TORRELL (2010, p. 143) afirman que la característica más saltante de este pilar es que los mismos operarios del área, están en toda la capacidad de llevar a cabo el mantenimiento autónomo o también llamado mantenimiento de primer nivel. Según FERNÁNDEZ (2018, p. 27), este pilar se basa en desarrollar un sentido de propiedad de los equipos, por parte de los operadores (formación de líderes).

Pilar 2: *Focussed Maintenance* (Kaizen – Mantenimiento Enfocado). Se concentra en las pequeñas mejoras realizadas pero de gran número, lo cual tienen más efecto que las grandes mejoras y en pocas cantidades (PARIKH & MAHAMUNI (2015, p. 127); con ello se dilucida que el objetivo es aumentar la efectividad de los procesos y equipos en planta (FERNÁNDEZ, 2018, p. 27), con la colaboración de diferentes áreas (trabajo multidisciplinario) e implementación de forma continua de esas pequeñas mejoras. Finalmente este pilar busca reducir las pérdidas de forma escalonada, mediante un proceso sistemático y organizado, con una inversión muy baja.

Tabla 9. Etapas del mantenimiento autónomo

ETAPA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Limpieza inicial (limpieza profunda)	Eliminación de suciedad, polvo, ajustes menores
2	Acciones correctivas en la fuente	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente y facilitar accesos
3	Preparación de estándares de inspección	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener procesos (limpieza, lubricación, y otros).
4	Inspección general	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales
5	Inspección autónoma	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo
6	Estandarización	Elaboración de estándares de mantenimiento autónomo y su aplicación.
7	Control autónomo pleno	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa

Fuente: FERNÁNDEZ (2018, p. 28)

Pilar 3: *Planned Maintenance* (Keikaku Hozen – Mantenimiento Planificado). Este es considerado como uno de los pilares que más se identifica con el sector manufacturero (FERNÁNDEZ, 2018, p. 28), por lo que se enfoca en el personal de planta; quienes son los encargados de efectuar las labores predicción, prevención y de mejora continua. El fin general es impedir los paros de la maquinaria (Aponte, 2017, p. 29) y lograr el aumento de la producción, disminuyendo gradualmente las fallas y defectos ("falla cero" y "cero defectos"). Con ello se busca lograr "cero reelaboraciones" y "cero accidentes" (PARIKH & MAHAMUNI, 2015, p. 128).

Pilar 4: *Quality Maintenance* (Hinshitsu Hozen – Mantenimiento de Calidad). Este pilar se enfoca en la satisfacción del cliente (productos fabricados sin errores) por medio de la eliminación de las inconformidades por parte de los clientes (PARIKH & MAHAMUNI, 2015, p. 128). Este ítem de "mantenimiento de calidad", plantea hacer parte de la organización, la medición de la calidad de forma periódica, lo cual repercute positivamente en el funcionamiento de los equipos. CUATRECASAS (2009, p. 170) por su parte, menciona que la calidad de un producto debe asegurarse en todas las etapas de producción u operaciones del proceso; lo cual implicaría que el mantenimiento de calidad debe someterse a una gestión preventiva y no solamente a soluciones convencionales imprevistas.



Figura 13. Mantenimiento de la calidad

Pilar 5: *Education and Training* (Educación y Formación). Este pilar se enfoca en el desempeño de los operarios y el desarrollo de sus habilidades como parte de una mejora en el trabajo. Al respecto CUATRECASAS & TORRELL (2010, P. 385) mencionan que cuando dentro de una empresa se posee la información estructurada y estandarizada; se facilita la creación de equipos de trabajo donde se permiten breves reuniones diarias en planta, con un tema central “mejora de procesos”; esta proximidad entre personas, productos y procesos, conducen a una mejora de la eficiencia. Por su parte, PARIKH & MAHAMUNI (2015, p. 128), afirman que los empleados que tienen la moral alta y el conocimiento necesario, hacen maravillas para una organización empresarial; así mismo tienen la capacidad de direccionar el desarrollo de otros trabajadores, es así como los investigadores consideran que se debe permitir involucrar a los trabajadores como líderes en la empresa.

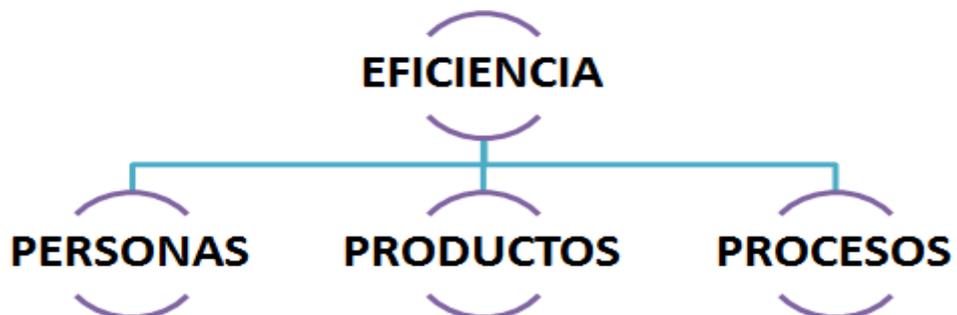


Figura 14. *Personas – Productos – Procesos, para la mejorar la eficiencia.*

Pilar 6: *Safety, Health and Enviroment* (Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente). Este pilar se enfoca en mantener el entorno del lugar de trabajo, lo más seguro posible; donde se tenga la certeza que no se va a sufrir daños por el proceso o procedimientos (PARIKH & MAHAMUNI, 2015, p. 128). El objetivo de este pilar es llegar a establecer un sistema de gestión de la seguridad (del personal y el medio ambiente); por medio de la formación de un comité multidisciplinario, con el fin de crear conciencia entre los empleados y administrativos de la empresa.

Pilar 7: Office TPM (Mantenimiento en Áreas Administrativas). Si bien es cierto, la productividad suele medirse y evaluarse en volúmenes de producción; el área administrativa suele pasar desapercibida en cuanto a su productividad; respecto de ello, LÓPEZ (2009, p. 58) afirma que aproximadamente el 80% del total del costo de un producto final, se define por los gastos que conllevan las etapas de diseño del producto y desarrollo del sistema de producción. Por lo tanto un adecuado mantenimiento en el área administrativa previene pérdidas de información y proporciona veracidad a la misma. Por su parte FERNÁNDEZ (2018, p. 28), menciona que se debería aplicar un mapa de cadena de valor transaccional; para identificar eslabones donde se originan las pérdidas y detectar las oportunidades para optimizar procesos.



Figura 15. Marco general según el TPM en oficinas y áreas administrativas

Pilar 8: Development Management (Mantenimiento Temprano o gestión temprana del mantenimiento). El objetivo de este pilar del TPM es optimizar tecnológicamente los equipos del área de producción, pero con una visión constante a futuro. En el caso particular de la industria del proceso, la implementación de este pilar, significaría diseñar plantas de proceso con diseños y equipamiento razonables y dependiendo de los niveles de producción (adecuada planificación). La gestión temprana genera ahorros significativos en el tiempo (SUZUKI, 1992, p. 199)

Finalmente, se puede afirmar que el TPM se dirige a formar sistemas de alcance corporativo, donde se busca maximizar la eficiencia de todo el esquema productivo. La metodología se caracteriza por la prevención de pérdidas en el transcurso de la ejecución de todas las operaciones (área de producción y área administrativa); todo bajo la filosofía de “cero accidentes, cero defectos y cero fallos”; por medio del trabajo y la pericia de los integrantes de la empresa en todos los niveles de organización y responsabilidades de la misma.

Tabla 10. *Directrices básicas del TPM*

DIRECTRICES DEL TPM	
OBJETIVOS EMPRESARIALES	OBJETIVOS DE LOS EQUIPOS
1. Inicio de producción de nuevos productos en tiempo oportuno y de forma efectiva.	1. Evitar la degradación de los equipos debido a las averías, aumento de problemas de producción y de mejora de la calidad.
2. Adecuación flexible a las tendencias de la demanda.	2. Evitar la degradación de los equipos por operatividad continua y con carga elevada.
3. Reducción de precios de las mercancías.	3. Reducir los equipos con defectos, por deficiencias en los proyectos.
4. Garantía de un gran nivel de calidad.	4. Mejorar el conocimiento y concientización sobre el control de los equipos
5. Conservación de recursos naturales y energéticos.	5. Elevar la moral y potenciar la motivación con la satisfacción en la operativa y el control de los equipos.
6. Seguridad en la planta y respeto con el medio ambiente.	6. trabajar con máquinas e instalaciones seguras y respetuosas con el medio ambiente para los operarios y el entorno
<p>La participación total en el TPM tiene como objetivos <i>cero averías, cero defectos y cero problemas de seguridad</i>, y da lugar a un aumento de la eficiencia general de los equipos y reducción de costes.</p>	

Fuente: CUATRECASAS & TORRELL (2010, p. 44)

Implementación de un programa TPM

SEIICHI (1991, p. 57), SUZUKI (1992, p. 9) y CUATRECASAS & TORRELL (2010, p. 143) hacen mención de doce pasos o etapas para la implementación del TPM, de las cuales se tomó la clasificación de las fases planteadas por el último autor, lo cual se plasma en la siguiente tabla.

Tabla 11. *Fases de implementación del TPM*

FASE	ETAPA	ASPECTO DE GESTIÓN
Preparación	1. Alta dirección decide aplicar el TPM	Reuniones, boletines u otros, acorde a su contexto
	2. Programas de educación sobre el TPM	Campañas informativas todo nivel
	3. Organizaciones para promover el TPM	Formación de comités especiales
	4. Establecer políticas y objetivos del TPM	Acorde a las condiciones existentes
	5. Formular plan maestro de desarrollo TPM	Detallando las actividades a desarrollar y plazos previstos
Introducción	6. Organizar un acto de iniciación TPM	Invitar a clientes, entidades, proveedores y otros
Implementación TPM	7. Mejorar la efectividad global de los equipos y cada pieza	Seleccionar áreas problema y analizar causas y efectos
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Programa de formación básico de a diario
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Mantenimiento periódico, correctivo y predictivo
	10. Mejorar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de grupo
	11. Programa de gestión de equipos en fases iniciales	Diseñar y fabricar equipos de fiabilidad y mantenibilidad
Consolidación	12. consolidación del TPM y evaluación de metas	Mantener y mejorar resultados

Fuente: CUATRECASAS & TORRELL (2010, p. 55)

El objetivo de la aplicación de las 12 etapas, es llegar a contar con equipos e instalaciones que sean más productivos, más eficientes y con una menor inversión, contando así con una mayor flexibilidad del sistema productivo (CUATRECASAS & TORRELL, 2010, p. 144); para llegar a ello, se deben eliminar seis grandes pérdidas:

- ° Pérdida de la puesta en marcha.
- ° Pérdida de velocidad del proceso.
- ° Averías y fallos en los equipos.
- ° Largos tiempos de preparación.
- ° Defectos de calidad.
- ° Pequeñas paradas.

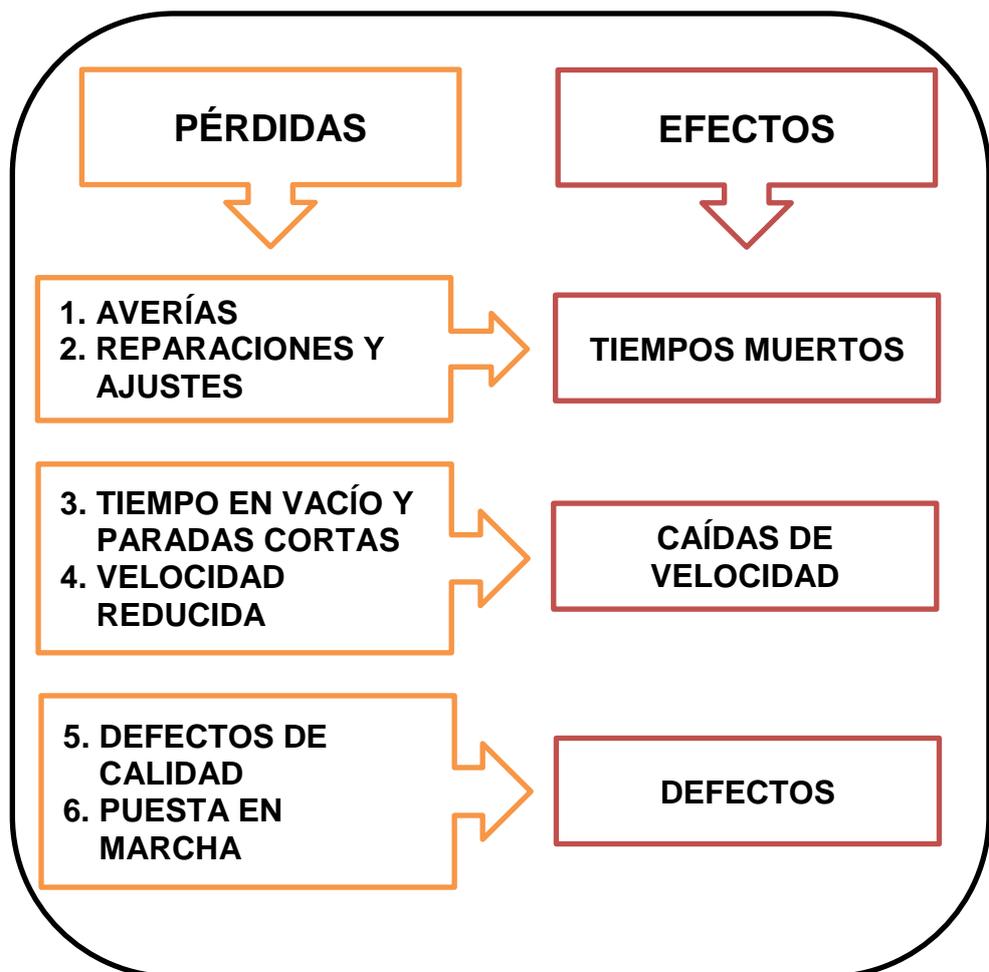


Figura 16. Efectos de las 6 grandes pérdidas (MORILLO, 2018, p. 47).

Sistemas productivos

Se conoce que el área de producción es el lugar donde normalmente se le brinda el valor agregado al producto final que ofrece una empresa; donde a su vez hay procesos de diseño, medición, empaque, supervisión y otras actividades que repercuten en mayor o menor medida en la productividad (del proceso) de la empresa y por consiguiente en la rentabilidad de la misma.

En el área de producción es donde se constituyen, organizan y administran todas las diferentes actividades que conllevan a la obtención de un producto final, esta área está conformada por personas, quienes son las que ejecutan las tareas, también por los materiales que son manufacturados o transformados, las maquinarias que intermedian las fases de los materiales (transición entre materiales de ingreso y producto final), las instalaciones en donde se ejecuta todo el proceso y el contexto en el que se va a desenvolver el trabajo, maquinaria, materia prima, personal y otros; al respecto CUATRECASAS (2009, p. 35) menciona que el análisis del sistema de producción se caracteriza por tener una importancia estratégica para la empresa, y con ello precisa que un sistema de producción no solamente depende de los factores internos como: personal, materiales o la maquinaria; sino que en varios casos, dependiendo del tipo de empresa, son los factores externos quienes señalan y llegan a condicionar el éxito de un determinado sistema de producción (MÁRQUEZ, 2012, p.49).

La diversidad de sistemas productivos han ido evolucionando y perfeccionándose a lo largo de la historia, así por ejemplo las definiciones de línea de producción, célula de trabajo, justo a tiempo, kanban, sincronización de la producción, entre otras muchas definiciones forman parte de planes académicos de estudio y hasta de carreras universitarias a la fecha; estos profesionales miran desde distintas perspectivas los sistemas productivos actuales para hacerlos más productivos y rentables.

Productividad

Según PROKOPENKO (1987, p. 3), define la productividad como la relación entre el nivel de producción obtenido por cualquier sistema (producto o servicio) y los recursos que son invertidos para obtenerla. Razón por la cual, el incrementar la productividad se convierte en un punto de importancia para cualquier empresa o persona individual que tiene como fin obtener rentabilidad por un capital invertido.

En tal razón, incrementar o mejorar la productividad, significaría lograr mejores resultados; siempre y cuando se tengan en cuenta los recursos o la materia prima necesaria a ser empleada para generar los productos.

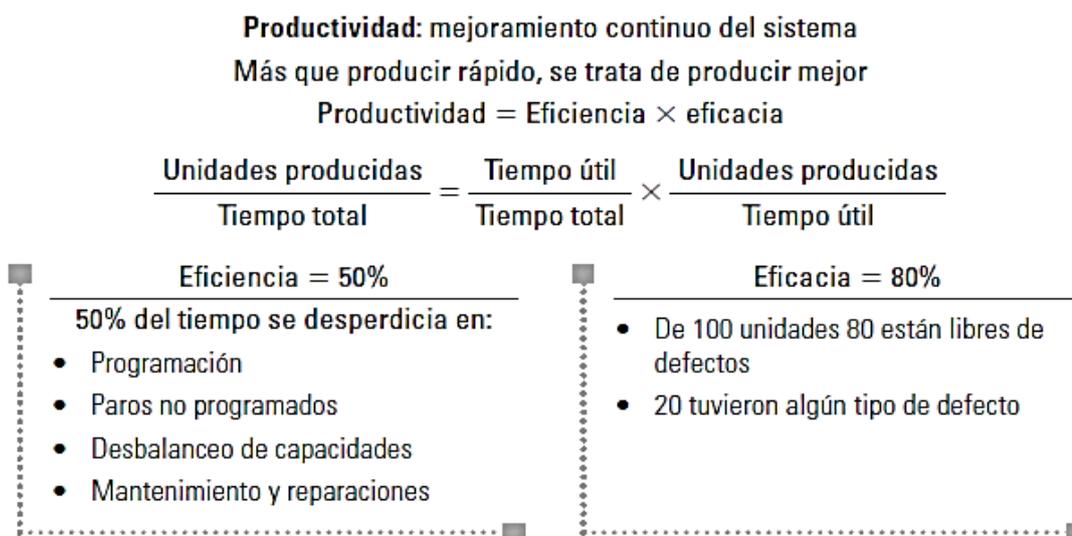


Figura 17. Componentes de la productividad (GUTIÉRREZ, 2012, p. 22)

Matemáticamente, la productividad se define como el cociente resultante entre los resultados obtenidos (producción) y los recursos invertidos (figura 16). Los resultados se dan a conocer mediante las unidades producidas, piezas vendidas o utilidades de la empresa (dependiendo del tipo de industria). En otros términos, la medida de la productividad se manifiesta cuando se valora adecuadamente todos los recursos que se llegan a emplear en un sistema de producción, para obtener o generar ciertos resultados (GUTIÉRREZ, 2010, p. 21).

Por su parte, ARROCHE (2018, p. 153); identifica a la productividad como la eficiencia con la que se desarrolla la producción y su relación con la cantidad resultante, así mismo se relaciona directamente con los recursos empleados. Así mismo añade que la manera simple de reconocer a la productividad, es por medio de una razón evidenciada por los niveles de producto final obtenido y las cantidades de factores productivos empleados en los procesos de producción. Con todo ello hace hincapié en un tema bastante importante, que es la relación de la producción, los factores de producción y la tecnología que llega a ser empleada en cada uno de los procesos, así como las condiciones generales en las que éstos procesos ocurren (contexto).

Por su parte QUIRÓS (2007, p. 5); menciona que la calidad y la productividad tienen una relación bastante estrecha. Afirma a su vez que, de una buena complementariedad de esta relación resultan o se reflejan en una empresa u organización. La complementariedad entre calidad y productividad, se materializa en la baja de costos de producción para la empresa, mejora de los servicios y en general en la mejora de la competitividad de la empresa en cualquier rubro.

$$\textit{Productividad} = \textit{Eficiencia} * \textit{Calidad}$$

A continuación se muestran algunas fórmulas y razones para la obtención de la productividad en un proceso:

$$\textit{Medida total} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Insumo}} = \frac{\textit{Cantidad de impuestos pagos por día}}{\textit{Horas de trabajo diarias}}$$

$$\textit{Medida múltiple} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Insumo} + \textit{insumo}} = \frac{\textit{Cantidad de impuestos pagos por día}}{\textit{Horas de trabajo diarias}}$$

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{T tiempo real}}{\textit{T tiempo disponible}} * \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Unidades planificadas}}$$

Evolución de los conceptos de productividad

La evolución de los conceptos acerca de la productividad, se han dado conforme se dio el avance de la humanidad, el funcionamiento de la sociedad y la tecnología; todo esto en base a las necesidades cambiantes de la misma. Por ende es posible divisar algunas desavenencias con respecto a la cantidad, denominación y características de los procedimientos de elaboración, pero inicialmente se pueden distinguir tres estructuras de producción diferenciables: la producción artesanal, la producción en masa y la producción ajustada; dichos planteamientos a su vez han sufrido múltiples acondicionamientos y por ende cambios en cuanto a su percepción y denominación; allí jugaron un papel importantísimo los estudiosos acerca del tema, quienes plantearon el sistema de producción Ford, el sistema de producción Toyota, o conocido también como manufactura esbelta, la producción Just in Time (o JIT, justo a tiempo). Sin embargo, varios de los investigadores en temas de producción y productividad coinciden en incorporar las creaciones o innovaciones más resaltantes al campo de la industria automotriz, ya que esta industria ha sido la que en el tiempo ha revolucionado los conceptos y percepciones de la mejora en la industria, las cuales posteriormente se adaptaron a otros rubros; y éstos a su vez se encuentran relacionados a Frederick Taylor, quien dio inicio a la aplicación sistemática de los principios científicos avocados a la manufactura (MÁRQUEZ, 2012, p.54).



Figura 18. La productividad y sus factores de producción

Sistemas productivos pecuarios

Para la FAO (2021, “Producción pecuaria en América Latina”), “Los sistemas de producción pecuaria, son considerados como la estrategia social, económica y cultural más apropiada para mantener el bienestar de las comunidades” y a través de la historia se han convertido en parte de la herencia cultural de muchos grupos sociales; esto a causa de que se trata de la única labor que provee seguridad económica, seguridad alimenticia, su ejecución conserva ecosistemas, impulsa el sostenimiento de la vida silvestre y se ajusta a los valores culturales y tradiciones a la misma vez. Así mismo es una actividad realizada por familias que no tienen oportunidad de ingresar en otros ámbitos de trabajo para obtener un sustento familiar digno.

En América Latina, las vastas y extensas áreas constituida por pasturas naturales y en otros casos cultivadas, permiten un uso racional de las mismas; los cuales se convierten en el inicio de la cadena alimenticia, no solamente de los seres humanos (obtienen los cultivos de pan llevar), sino también de los rebaños adscritos a las áreas de cultivo y pastoreo (forman parte de los sistemas productivos pecuarios); lo cual garantiza con certeza la seguridad alimentaria personal, familiar, regional y mundial.

En la misma línea, la FAO (2021, “Producción pecuaria en América Latina”), afirma que “un sistema de producción pecuario” corresponde a todos los componentes de abastecimiento y utilización de productos de la ganadería; en ese sentido se incluyen: la distribución referencial del ganado, la cantidad del mismo (número de semovientes), los diferentes sistemas de producción en los que se crían (característicos por zona), las estimaciones actuales y futuras de crecimiento del sector, las estimaciones actuales y futuras del consumo, la producción propiamente dicha (leche, carne, cuero y otros), el grupo de personas involucradas en la producción pecuaria y los beneficios y las consecuencias de mantener el ganado en producción.

Citando nuevamente a la FAO (2021, “Producción pecuaria en América Latina”), menciona que el sector pecuario llega a coadyuvar con el 46 % del valor del Producto Interno Bruto Agropecuario de América Latina, porcentaje que casi alcanza a la mitad de valor del PBI; he ahí la importancia de su estudio a detalle y de los planteamientos de mejora; ya que éste sector ha venido creciendo a una tasa anual del 3,7%; la cual es superior a la tasa promedio de crecimiento global.

Por lo mencionado, la ejecución de mejoras en el sistema productivo pecuario, es básico; para afrontar positivamente los problemas por los altos costos de producción, la restringida disponibilidad de forraje, el uso ineficiente de los alimentos e instalaciones, entre otros; los cuales en la actualidad afectan enormemente a la productividad en el sector lechero. Así mismo los riesgos generados por plagas, enfermedades y la degradación de los recursos naturales originan un impacto negativo sobre el sector pecuario y en general sobre toda la sociedad; ya que un hogar promedio en América Latina gasta el 19% de su presupuesto en la adquisición de alimentos como carne y productos lácteos.

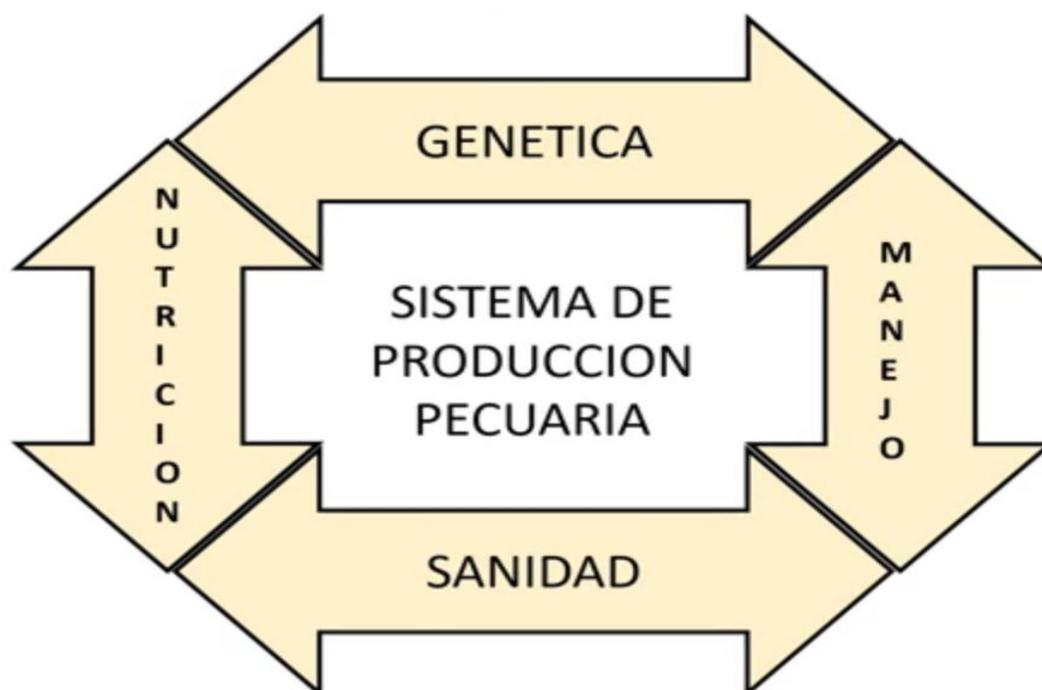


Figura 19. Sistema productivo pecuario

Productividad lechera

MORALES & ORTIZ (2018, p. 252) realizan una publicación bastante amplia acerca de este tema, donde mencionan que la ganadería bovina y en especial el sector lácteo dependen básicamente del crecimiento demográfico global, especialmente por el incremento de los ingresos y la evolución en las preferencias dietarias, esto significa que la producción mundial de leche deberá crecer más del 50% (prospectiva al 2030).

La producción de leche bovina, sin embargo, se debate entre los sistemas tradicionales pastoriles y los de confinamiento total, los cuales tienen características propias con resultados de productividad muy diferentes; asimismo los requerimientos de los factores productivos difieren largamente entre ambos sistemas de producción (PALLETE & RODRÍGUEZ & GARCÍA, 2018, p. 12)

GAMARRA (2001, p. 8) por su parte hace mención a que el sector lechero en el Perú debe tomar conciencia del nuevo entorno mundial y sectorial para redefinir los sistemas productivos y mejorarlos en torno a los factores que se tienen a disposición, aprovechando las oportunidades geográficas, climáticas y de producción. Así mismo en toda la publicación se resaltan varios temas de priorización para ser mejorados, como son la genética, pasturas acorde a la zona geográfica, los precios de los insumos, las importaciones de leche en polvo, capacitaciones, mejora de tecnología, entre otros.

Finalmente, es de suma importancia para la investigadora resaltar en este punto, que la mayoría de las investigaciones publicadas en el ámbito pecuario, sobretodo en la producción primaria; están enfocadas en las mejoras desde la perspectiva veterinaria y agronómica; de los cuales no se niega la importancia, empero las propuestas de mejora desde el enfoque de la Ingeniería Industrial, con perspectivas de mejora de la productividad han sido relegados.

Productividad y ordeño mecánico

El ordeño mecánico ha significado uno de los grandes avances tecnológicos que ha contribuido en el alza de la producción de las explotaciones lecheras a todo nivel. El sistema trata de imitar la acción de mamar de los becerros, aplicando una presión negativa a los pezones por medio de una bomba de vacío; ello permite la extracción de la leche de una manera eficiente y sanitariamente aceptable; siempre y cuando los métodos aplicados de manejo sean los adecuados. GONZALES (2018, “Ordeño Mecánico, párr. 5), hace mención a que el correcto funcionamiento del sistema de ordeño va a depender de las fluctuaciones de vacío en la ordeñadora y todo el aspecto mecánico; el mismo investigador, hace mención a que varias normas se destacan para estandarizar el funcionamiento mecánico de las ordeñadoras, dentro de los cuales destacan el 3-A, el cual reúne los fundamentos técnicos indispensables adaptados a la fisiología de la vaca y los parámetros de producción en alza de las ganaderías actualmente. Finalmente menciona que un equipo de ordeño adecuadamente diseñado, correctamente instalado y bien operado, logra la aplicación de dos principios básicos del ordeño: aplicación de vacío parcial al pezón y una acción de masaje intermitente para facilitar la circulación de sangre y evitar la congestión en la porción distal del pezón.



Figura 20. Izquierda: ordeño manual, Derecha: ordeño mecánico GONZALES (2018, “Ordeño Mecánico”, párr. 5).

Eficiencia en el ordeño

Es el porcentaje de tiempo, en donde el flujo de leche sale al máximo. Por ejemplo, si una unidad de ordeño se aplica 5 minutos y el flujo es intenso durante 4:45 minutos, su eficiencia es de 95% (285/300”). En caso de que la leche no fluya de manera continua, puede significar que el ordeño es deficiente y de paso que se está poniendo en riesgo la salud de la ubre (ERSKINE, 2019, “Eficiencia en el ordeño”, párr. 2-3). Por su parte, LENZA (2016) en su estudio de la eficiencia el ordeño mecánico, identificó hasta 23 parámetros de control (mano de obra, maquinaria, alimentación, entre otros); confirmando que son varios factores los que intervienen en la variación de la eficiencia del ordeño; así mismo RUIZ & CABELLO (1970) mencionan que el sistema manual fue el menos eficiente y económico comparado con los sistemas mecánicos.

Por su parte, DÍAZ, ET. AL. (2020, “efectividad general de equipos”, párr. 1-3) menciona al indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness), que es una razón porcentual que mide la eficiencia productiva de la maquinaria y brinda claves para medir la productividad (problema de ésta investigación); donde el objetivo principal es reducir las pérdidas, previniendo la sub optimización de las líneas productivas. Para la medición se debe atender a 3 factores fundamentales: Disponibilidad x Rendimiento x Calidad.

° **Disponibilidad**, donde las pérdidas se originan por que las máquinas están demasiado tiempo paradas por averías, sin orden de trabajo, etc.

° **Rendimiento**, donde las pérdidas se originan por que las máquinas no van a la velocidad esperada, debido a micro paros o falta de ajuste de la maquinaria.

° **Calidad**, donde las pérdidas se originan por que se fabrican demasiadas piezas defectuosas o por falta de control de Calidad.

GRANGETTO (2012, p. 1-4) por su parte recomienda un chequeo general semestral, un mantenimiento preventivo cada 4 meses e inspección diaria de funcionamiento, considerando que los chequeos dinámicos y estáticos deben programarse de manera preventiva y complementaria.



Figura 21. Chequeo dinámico (izquierda) y estático (derecha) de equipo de ordeño GRANGETTO (2012, p. 1)

° Inspecciones diarias al equipo de ordeño

- Verificar nivel de aceite para la bomba de vacío.
- Verificar el nivel de levante de vacío en el vacuómetro.
- Escuchar el funcionamiento del sistema de pulsado.
- Verificar que estén destapados los aireadores de los colectores.

° Observaciones periódicas al equipo de ordeño

- La tensión de las correas de la bomba de vacío y motor eléctrico.
- Verificar estado de filtros (de vacío y filtrado de pulsado).
- Estado de pezoneras, de acuerdo al nivel de uso.
- El estado de limpieza del equipo.

° Observaciones en caso de mantenimiento de equipo de ordeño

- Chequeo del equipo: nivel de vacío, reserva efectiva, sistema de pulsado, etc.
 - Revisar, desarmar, limpiar y/o reparar: bomba de vacío, regulador de vacío, pulsadores, bomba de leche, Colectores, estado de elementos de goma, estado de tubos largos de leche y de pulsado.

Eficacia del ordeño

La eficacia en el ordeño permite evaluar el volumen obtenido real en el establo y el volumen proyectado de producción. Cabe resaltar que la mayoría de los establos no realizan una proyección o meta en cuanto a la producción de leche, pero acerca de ello OLIVERA (2001, p. 49), hace mención a que la producción en vacas aumenta, conforme avanzan en sus partos, por lo que afirma en base a la revisión de literatura, que los promedios de diferencias porcentuales en la producción de leche, para establos bien manejados varían entre 14,1% y 17,6%.

Tabla 12. *Diferencia de producción, para establos bien manejados*

Nº lactación	Incremento		
	Escalonado	Acumulado	Porcentaje
Vacas de 1 ^{er} parto	0	0	85 %
Vacas de 2 ^{da} parto	+14.1 %	+14.1 %	97 %
Vacas adultas (3+ partos)	+ 3.1 %	+17.6 %	100 %

Fuente: OLIVERA (2001, p. 49)

Por su parte GAVIOLA & GUTIERREZ (2020), considerando el “Plan nacional de desarrollo ganadero 2017-2027”, y los datos de producción recabados por parte de los productores; plantean una propuesta para alcanzar volúmenes de producción nacional de leche de 2.7 y 4.4 millones de toneladas, con un rendimiento nacional promedio de 7.2 y 9.8 kg/animal/día. Este plan señala una serie de actividades que permiten lograr estas metas.

Tabla 13. *Metas del Plan Nacional de Desarrollo Ganadero (2017-2027)*

	Año base	Meta 1	Meta 2
	2016	2021	2027
Producción del leche fresca anual (MM TON)	1,9	2,7	4,4
Rendimiento promedio vaca (kg x animal / día)	6	7,2	9,8

Fuente: MINAGRI (2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación se encuentra clasificada como una investigación aplicada de nivel explicativo. El estudio estuvo enmarcado bajo la modalidad de un proyecto de campo (la información se obtuvo *in situ*), apoyado en una investigación de tipo descriptivo – analítico, ya que permitió obtener estándares de calidad y producción ejecutados durante la rutina de ordeño. (TAMAYO, 2003, p. 28). La investigación aplicada está orientada a mejorar, perfeccionar y optimizar el desenvolvimiento de los sistemas, lo cual encajó perfectamente con el objetivo de la investigación (resolver el problema de la baja productividad en el proceso de ordeño en el establo Monteverde).

Diseño de investigación

La investigación se planteó sobre un diseño pre experimental con selección no aleatoria de la muestra (estudio de caso con una sola medición), ya que se analizaron las relaciones causa – efecto, donde las variables no se sometieron a control riguroso; así mismo no se contó con un grupo control (TAMAYO, 2003, p. 28).

Tabla 14. Elementos del diseño cuasi experimental

Grupo	Pre-prueba	Tratamiento	Post-prueba	Diferencia
GE	O ₁	X	O ₂	O ₂ – O ₁ = d1

GE: grupo experimental

O: medición que se hace a uno o más grupos a través de pruebas u observaciones

X: tratamiento, estímulo o reactivo experimental

O₁=Pre-Test

O₂=Post-Test

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente:

° Mantenimiento Productivo Total (TPM) (X)

El Mantenimiento Productivo total (TPM) es un sistema de gestión, donde se busca evitar todo tipo de pérdidas o desperdicios durante la vida del sistema de producción, el objetivo es maximizar la eficacia e involucrar a todas las áreas o departamentos así como al personal, desde operadores hasta la más alta dirección, apoyándose en las actividades de pequeños grupos organizados y especializados, con tareas específicas y periódicas (SUZUKI, 1992, p.234). En vista de ello, la presente investigación tomó como dimensiones de la variable independiente, al Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado del principal equipo de trabajo de la organización: “maquina ordeñadora”.

Mantenimiento Autónomo (MA): ésta dimensión del estudio se representó por el indicador de cumplimiento del mantenimiento autónomo en la empresa, el cual se cuantificó por medio de la siguiente razón:

$$\frac{\text{Inspecciones mensuales realizadas}}{\text{Total de inspecciones mensuales programadas}} \times 100\%$$

Mantenimiento Planificado (MP): ésta dimensión del estudio se representó por el indicador de cumplimiento del mantenimiento planificado en la empresa, el cual se cuantificó por medio de la siguiente razón:

$$\frac{\text{Nº Mantenimientos preventivos/mes realizados}}{\text{Nº Mantenimientos preventivos/mes programados}} \times 100\%$$

Variable dependiente

° Productividad de la rutina de ordeño (Y)

PROKOPENKO (1987, p. 3), define a la productividad como la relación que se manifiesta entre el nivel de producción obtenido por medio de cualquier sistema (producto o servicio) y aquellos recursos que se llegan a invertir para obtenerlo. De forma general, y bajo la perspectiva matemática; la productividad halla un valor cuantitativo por medio de un cociente, donde intervienen los resultados logrados al final del proceso y aquellos recursos que son empleado en la producción (GUTIÉRREZ, 2010, p. 123).

Para la presente investigación se analizó la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, basada en la eficiencia y la eficacia del proceso (rutina de ordeño). Dichas dimensiones se determinaron por medio de los indicadores que se definen y muestran a continuación:

Eficiencia: La incorporación de la eficiencia en la gestión de las empresas, contribuye a mejorar la competitividad de la misma, además es considerada como una de las mejores potencialidades de una organización (RODRÍGUEZ & GARCÍA, 2012, p. 3). La eficiencia como dimensión del estudio, permitió cuantificar o medir la cantidad de los recursos que se utilizaron para la ejecución de la rutina de ordeño; que en este caso, al tener en cuenta que el estudio estuvo dirigido a la *Definición de cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*; se tomó en cuenta como indicador sometido a evaluación la eficiencia general de los equipos (OEE); la decisión fue tomada en base al diagnóstico previo.

Indicador 1: Eficiencia General de los Equipos

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

OEE: Eficiencia General de los Equipos

Disponibilidad: de la máquina en estudio

Rendimiento: de la maquina en estudio

Calidad: del producto final

Así mismo se tuvo en cuenta la tabla siguiente, donde se muestra la clasificación de las líneas de producción según CRUELLES (2010, p. 108).

Tabla 15. *Clasificación de líneas de producción respecto de la OEE*

Valor OEE	Clasificación	Observaciones	Competitividad
OEE < 65%	Deficiente (Inaceptable).	Se producen importantes pérdidas económicas.	Muy baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas.	Baja competitividad
75% < OEE < 85%	Aceptable.	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas.	Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial.	Buena competitividad.
OEE > 95%	Excelente.	Valores de Clase Mundial.	Alta competitividad.

Fuente: CRUELLES (2010, p. 108)

Eficacia: Se trata del grado de cumplimiento de los objetivos y las metas de una empresa u organización; considerando que cualquier organización, ya sea empresarial o sin fines de lucro, debería proponerse metas y objetivos a alcanzar en un periodo de tiempo establecido.

Esta dimensión del estudio, estuvo representada por el porcentaje de eficacia de la producción, definido por el cociente del volumen real de producción de leche fresca producida anualmente y el volumen de producción de leche planificada por año; la misma que a su vez dependió de *la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022*, dentro de la investigación.

Cabe resaltar en este ítem que si bien los administradores mencionan que tenían como objetivo aumentar la producción anual, a la fecha no habían planteado una meta real de crecimiento; razón por la cual, con ayuda de la bibliografía, se logró plantear un promedio de crecimiento de volumen anual (índice de producción de leche), el cual se planteó comparar con los volúmenes de producción a partir del 2017. Al respecto, OLIVERA (2001, p. 50), menciona que el índice de producción de leche fluctúa entre 14,1% y 17,6%, donde por la diversidad de características que presentan los animales en producción se decidió trabajar con el promedio (15,85% anual); tal como se observará en tablas posteriores.

Indicador 1: % de eficacia

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{\text{Volumen real de leche producida}}{\text{Volumen programado de producción}} \times 100$$

3.3. Población (criterios de inclusión), muestra y muestreo

Población y muestra

La **población** es el universo que constituye a los componentes que tienen características similares que suministran la información y que son parte del grupo a examinar o sobre los cuales se desea hacer la inferencia; en tanto que la muestra es una parte de la población, a partir de la cual se tomarán los datos de importancia para la investigación (observación – medición) (BERNAL, 2010, p. 160-161).

La **muestra** resulta siendo un subgrupo de esta población en estudio, de donde se obtienen los datos representativos que ayudan a describir, resumir y generalizar los parámetros de la investigación (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTA, 2014, p. 171).

Tomando en cuenta lo mencionado, en la presente investigación la población, estuvo constituida por los datos de producción de la leche fresca, registros de aceptación y rechazo del producto por parte del acopiador y registros de manejo de la maquinaria requerida para el proceso de ordeño; de lo cual es necesario mencionar que la organización mantiene registros diarios de producción, desde setiembre del 2014 hasta la fecha; siendo que a partir de enero del 2018 adquirieron una bomba de vacío para cuatro bajadas de ordeño, fecha desde la cual se inicia la investigación.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión de los datos de producción, fueron:

° Registros de ordeño comprendidos entre el 1 de enero del 2018 al 31 de marzo del 2022 (producción de leche real y programada), con un promedio de 25 animales en producción

(todo el año), 305 días de producción continua por animal y 365 días de producción total.

° Registros con respecto a la entrega de leche al acopiador, número de porongos entregados y el volumen total de leche al día, mes y año; a partir del 1 de enero del 2018 al 31 de marzo del 2022.

° Registros concernientes al manejo y mantenimiento de la máquina ordeñadora (registros de mantenimientos programados, registros de mantenimientos ejecutados, registros de paros y fallas, tiempos de reparación y especificaciones técnicas de máquinas), datos comprendidos desde el 1 de enero del 2018 al 31 de marzo del 2022.

° Registros de rechazo del producto final, los cuales se dimensionaron por medio del número de porongos rechazados por medio del análisis de sus características organolépticas (realizado por el acopiador a diario), estos registros se tomaron partir del 1 de enero del 2018 al 31 de marzo del 2022).

Así mismo, se debe considerar que los datos para el análisis del pre-test fueron tomados a partir del 1 de enero del 2018 al 31 de enero del 2022; donde se incluyeron datos históricos de la organización y aquellos tomados en plena ejecución de la investigación. Respecto de los datos del post test, éstos se registraron a partir del 1 de febrero al 31 de marzo de este año 2022 (59 días).

Muestreo

En el caso de la recopilación de datos históricos, al tratarse de una muestra igual a la población, no se utilizó ningún tipo de muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

La investigación se ejecutó bajo dos técnicas generales: la técnica documental y la técnica de campo (SARAY, 2021, p. 38).

° **La técnica documental o técnica de registro**, permitió compilar la información, desde donde se formularon las teorías, lo cual brindó las bases lógicas y soporte al presente estudio.

Análisis documental, La técnica permitió conocer los datos históricos de producción, rechazo, mantenimiento de máquinas y otros datos que se requirieron para el estudio.

° **La técnica de campo**, permitió la observación directa *in situ* de los fenómenos ocurridos en campo, lo cual facultó la recopilación de datos, testimonios e información histórica; para ser confrontada con la teoría. Al respecto, MUÑOZ (2015, p. 186) afirma que la calidad de una investigación depende mucho de la información recabada en campo, ya que ésta no solo integra la estructura de la investigación, sino que también ayuda a organizarla.

Observación estructurada no participante grupal, se aplicó para la medición de tiempos, desplazamientos, identificación de deficiencias, entre otros, que permitieron conocer a detalle la rutina de ordeño (el investigador no participó directamente (MUÑOZ, 2015, p. 192).

Entrevista guiada no estructurada, se trata de una técnica que complementa a la observación (MUÑOZ, 2015, p. 192). Su aplicación permitió que los trabajadores, personal administrativo y de supervisión aporten información deseada.

Instrumentos

Los instrumentos ayudan medir las variables de la investigación (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTA, 2014, p. 217), por ende, se consideraron los siguientes instrumentos:

° **Cuaderno de registro de datos**, se usó para hacer constar las observaciones y datos relevantes, aquellos que no se consignaron en los formatos, así mismo se hizo uso de los cuadernos archivados en la organización.

° **Formatos para registro**, se usó para registrar y transcribir la información relevante para el estudio.

Ficha para toma de datos históricos, se utilizó en el pre-test de la ejecución del proyecto.

- Mantenimientos (planificados – ejecutados)
- Producción (vaca/día – total mes)
- Paradas de máquina (fallas – mantenimiento)

Ficha de observación de mantenimientos, Se usaron para registrar en el pre-test los detalles del momento de la ejecución del mantenimiento de equipos.

- Tiempos de ejecución
- Chek list de procedimientos adecuados

Ficha de observación de rutina de ordeño, Se usó cuatro veces por semana (pre-test y post-test), donde se observó.

- Tiempos de ejecución
- Chek list de procedimientos adecuados
- DOP – DAP
- Registro de incidentes/accidentes

° **Examen de entrada y salida:** la aplicación de este instrumento permitió conocer el nivel de conocimiento de los trabajadores en el área de intervención (previo a la ejecución del plan de acción), así mismo permitió cuantificar la efectividad del aprendizaje y aprovechamiento de las capacitaciones que se ejecutó posterior a la implementación del MTP. Los datos se registraron en la etapa del pre-test (inicio de la ejecución del proyecto) y en la etapa del post-test (posterior a la ejecución de las capacitaciones e intervención del plan de acción).

Evaluación del personal encargado

- Funcionamiento de la maquina ordeñadora
- Manejo de ganado lechero
- Protocolo de ordeño

Así mismo se utilizaron otros equipos de apoyo para la ejecución del plan de acción.

Formato de evaluación de cumplimiento

Mapas y planos actuales de la planta

Cronómetros de pantalla digital

Cámara fotográfica

Cámara de video

Cinta métrica

Confiabilidad

Según BERNAL (2010, p. 247), se refiere a la consistencia de los instrumentos de medición para poder producir resultados congruentes para la investigación. Dichos instrumentos deben arrojar resultados congruentes a su vez, en una medición siguiente y en condiciones similares.

En esta investigación, los instrumentos que se utilizaron fueron tomados de investigaciones anteriores similares, ejecutadas en el país, en temas de implementación del TPM, productividad y calidad de leche de vaca. Los instrumentos que se muestran en los anexos, fueron aplicados para la formulación del diagnóstico y posterior evaluación y post test de la rutina de ordeño del establo Lechero Monteverde.

Validez

Para BERNAL (2010, p. 247-248), la validez de un instrumento, refleja el grado con el que se pueden medir las variables, y a su vez éstas permitan deducir conclusiones para la investigación, a partir de los resultados.

La validez de la presente investigación, fue evaluada por tres expertos, quienes revisaron y realizaron las observaciones respectivas a los instrumentos planteados por la investigadora, los mismos que se aplicaron para la obtención de resultados en la presente investigación.

Tabla 16. Validez de instrumentos

Nº	Expertos	Grado del Instructor	Resultado
1	Mg. Gustavo Adolfo Montoya Cárdenas	Maestría en Administración Estratégica de Empresas Ingeniero Industrial	Aplicable
2	Mg. Percy Sixto Sunohara Ramírez	Maestría en Dirección de Tecnologías de la Información Ingeniero Industrial	Aplicable
3	Mg. Margarita Jesús Egusquiza Rodríguez	Aplicable en Administración de Negocios Ingeniero Industrial	Aplicable

3.5. Procedimientos

Al estar ya planteado todo el sustento teórico del proyecto, se describe ahora la secuencia de procedimientos ejecutados durante la investigación.

Situación Actual

La Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias Monteverde, está formada por 27 socios, los cuales son parte de 9 establos de producción.

Tabla 17. Datos Generales de la Organización

Razón social	Asociación Profesional de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE		
RUC	20600368207		
Condición	Activo		
Inicio de actividades	11 de mayo del 2015		
Sector económico	Servicios agrícolas y ganaderos,		
Domicilio legal	Comunidad Huancasaya Lote 14, sector Muñani; Distrito de Vilque, Provincia y Departamento de Puno.		
Presidente	Juana Aranibar Huaquisto		
Sede Productiva	Distrito Vilque	Provincia Puno	Departamento Puno
Productos o servicios de la Organización	1) Producción y comercialización de leche fresca 2) Comercialización de ganado de pie de cría		
Nº de socios actual	Hombres : 13 Mujeres : 14 Total : 27		
Área total (ha)	390 Ha		
Nº total de cabezas	180 cabezas de ganado vacuno		
Nº de establos en operación	9 establos		
Teléfono de contacto	964915831		
Correo electrónico	monteverdepunoperu@gmail.com		

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el establo central de la organización (domicilio legal de la organización).



Figura 22. Establo Central – Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno

° **Descripción de la organización:** La Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE, fue fundada el 01 de marzo del 2015; tiene como antecedente la creación de la Asociación de Productores Agropecuarios Vilque – APAVIL fundada el 12 de agosto de 1996.

La APEM de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE es una asociación agropecuaria de carácter nacional, de derecho privado, sin ánimo de lucro; que agrupa en su seno a productores, investigadores, comercializadores e industriales que convergen en la actividad de explotación ganadera. Siendo la actividad principal, la producción y comercialización de leche fresca;

La Asociación tiene como objetivos la representación de los productores, industrializadores y comercializadores, así como el fomento del desarrollo e investigación de sus actividades; y con ello el fomento del trabajo conjunto de los socios y población en general para afianzar los eslabones de la cadena productiva lechera en el Distrito de Vilque, así mismo el desarrollo de programas productivos que busquen promover el uso de medios y tecnologías que permitan mejorar las actividades agrícolas, ganaderas, artesanales y culturales ancestrales en estricta armonía con el desarrollo y protección del medio ambiente.

La base social de la asociación está formada por medianos y pequeños productores de la zona y generaciones familiares profesionales con experiencia en la ganadería y agricultura.

Finalmente la organización se sustenta en los valores de solidaridad, democracia y equidad.

° **Estructura organizativa:** La estructura actual de la asociación, está organizada como lo sugiere la ley y reglamentos de las asociaciones en el Perú, como se muestra en figura siguiente.

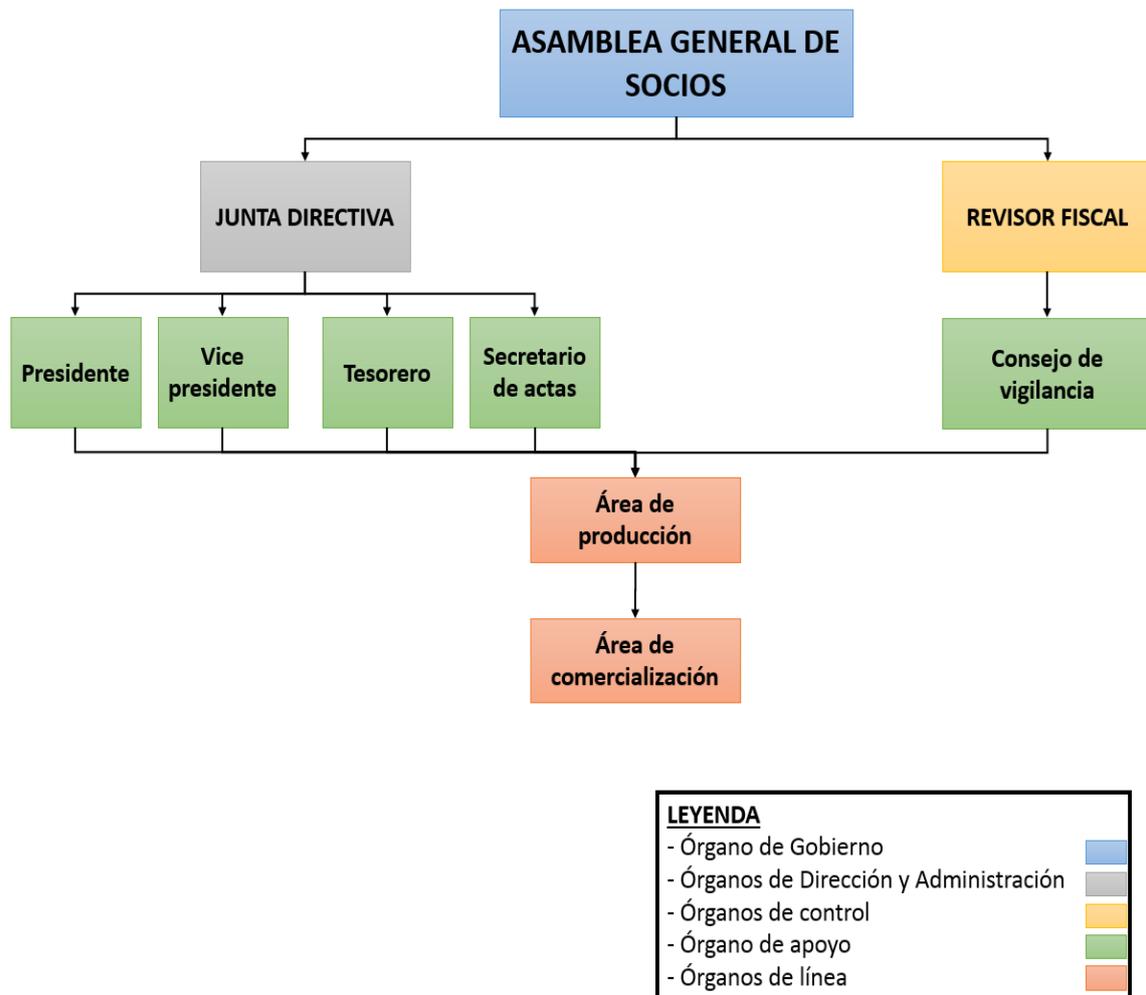


Figura 23. Organigrama APEM Monteverde

* **Productos y servicios:** La organización a la fecha se concentra en la producción de leche fresca para ser vendida a las pequeñas y medianas empresas transformadoras de la zona (empresas que elaboran queso, yogurt y otros derivados). Los nueve establos de la asociación están a la fecha en plena operación. Así mismo, se realiza la venta de ejemplares de raza Brown Swiss (ganado de pie de cría).

* **Distribución de áreas en el establo:** se muestra el esquema de distribución actual de los ambientes en el establo.

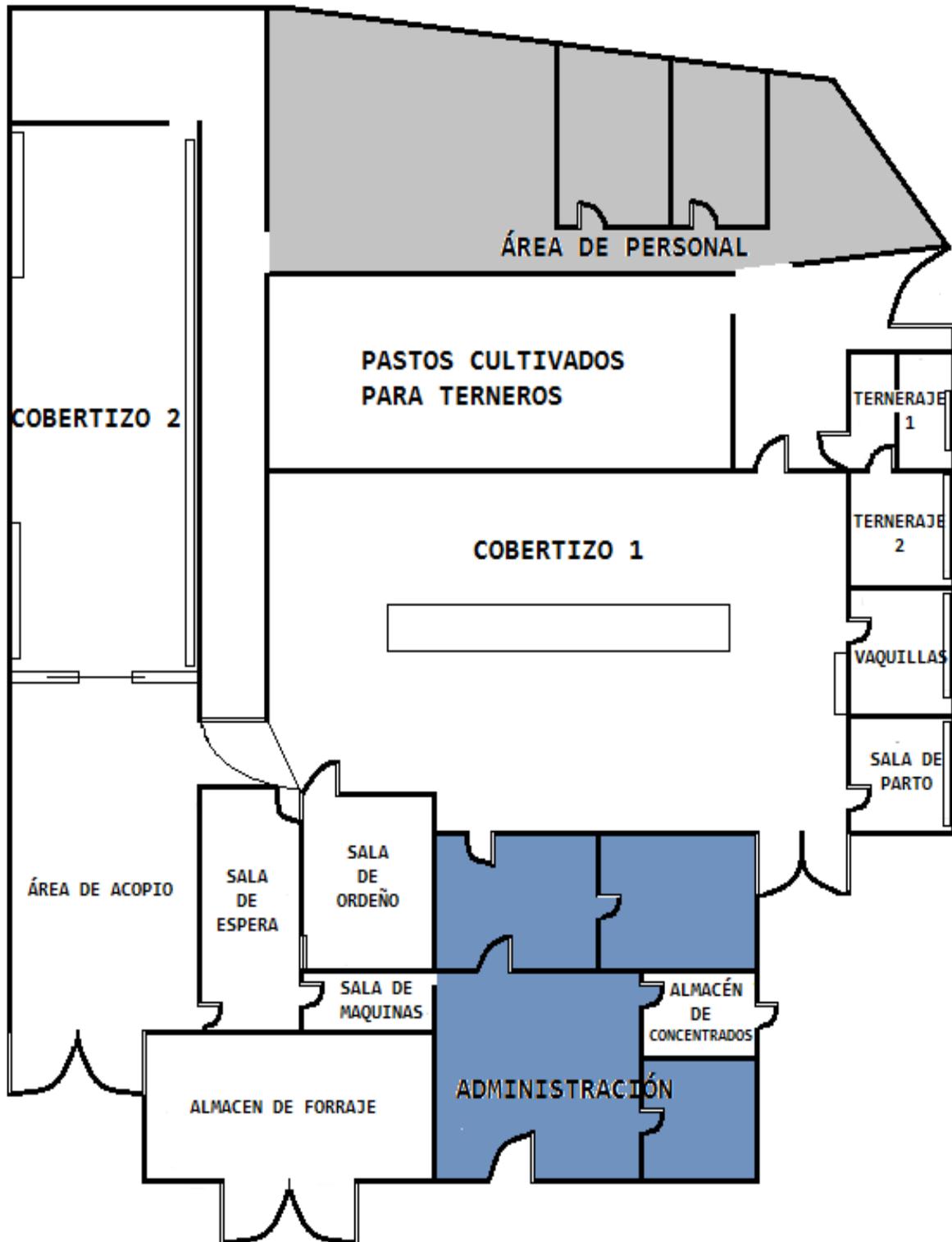


Figura 24. Esquema de la distribución del Establo APEM Monteverde

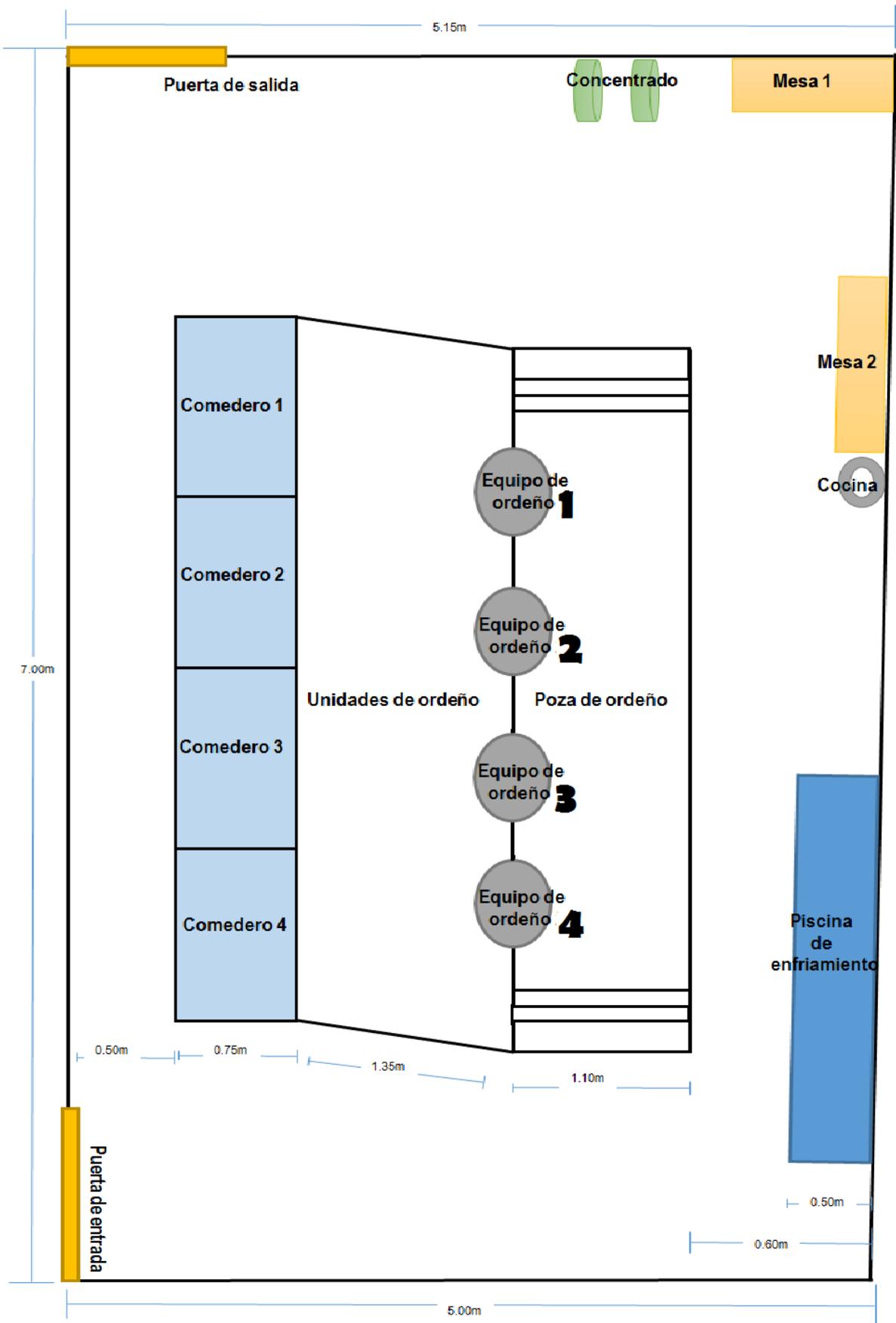


Figura 25. Esquema de la distribución de la sala de Ordeño del Establo APEM Monteverde

Desarrollo del procedimiento Pre-test

La investigación se dio inicio con la descripción del desarrollo actual de la rutina de ordeño, el cual se ilustra en el diagrama de bloques, DOP y DAP del trabajo actual en el establo.

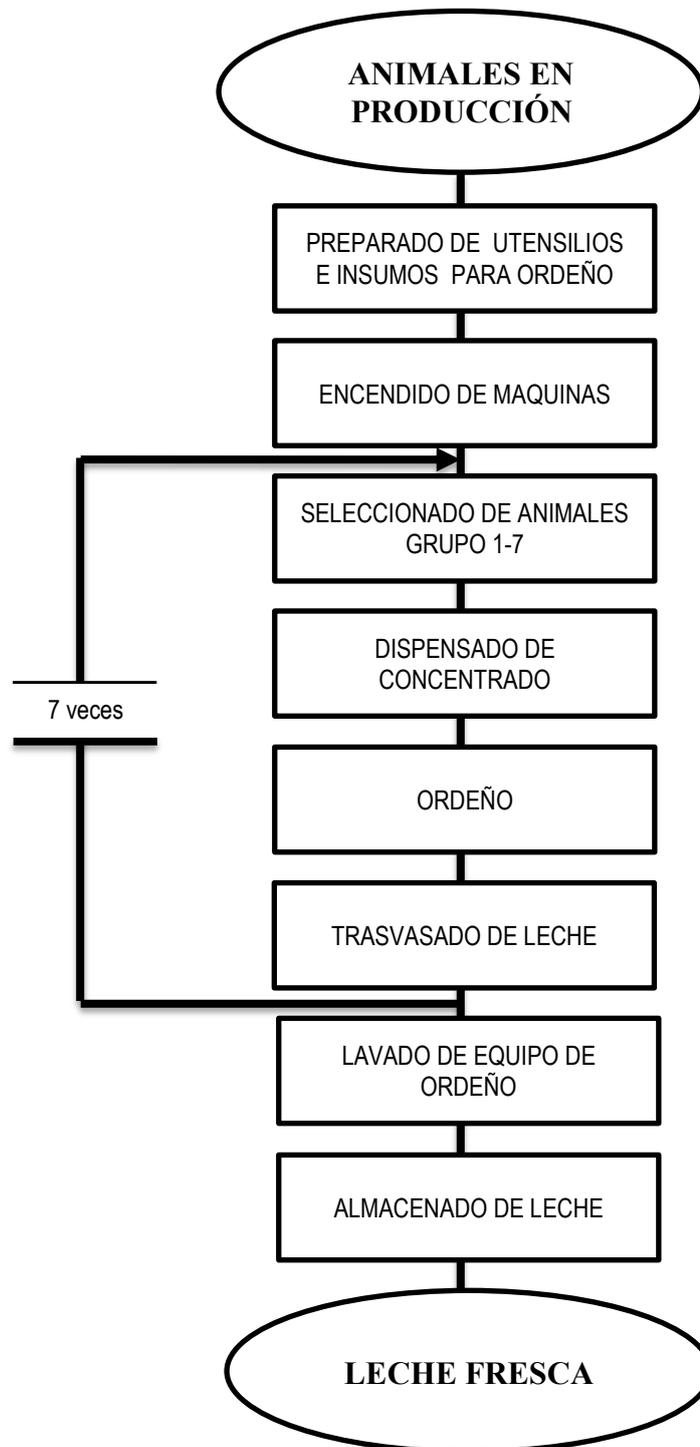


Figura 26. Diagrama de bloques del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde

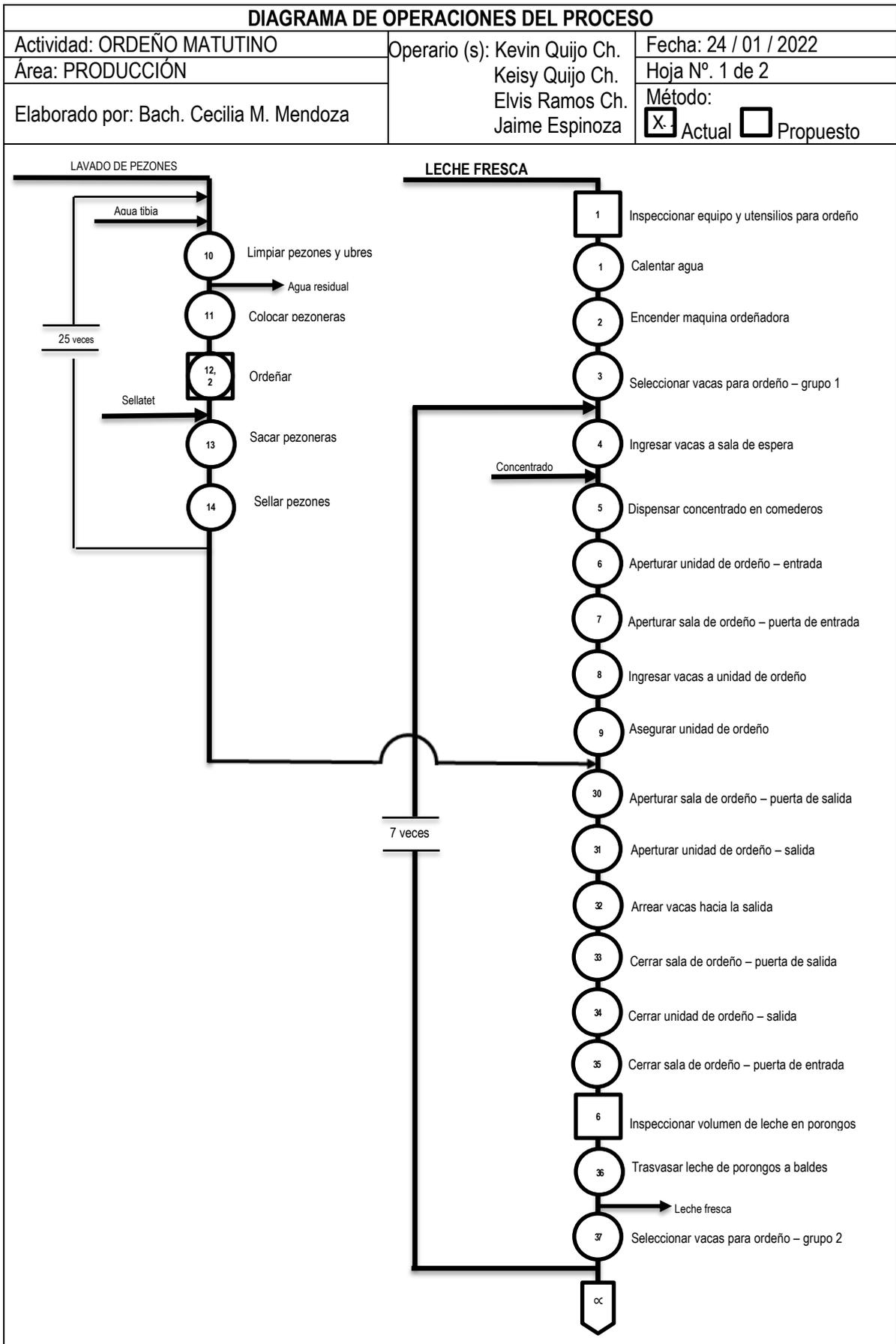
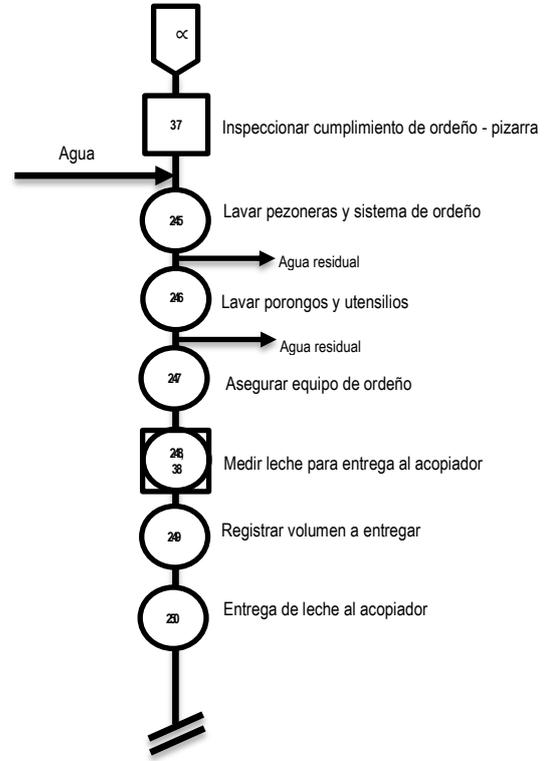


Figura 27. Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO		
Actividad: ORDEÑO MATUTINO	Operario (s): Kevin Quijo Ch. Keisy Quijo Ch. Elvis Ramos Ch. Jaime Espinoza	Fecha: 24 / 01 / 2022
Área: PRODUCCIÓN		Hoja N°. 2 de 2
Elaborado por: Bach. Cecilia M. Mendoza		Método: <input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto



RESUMEN		
Actividad	Símbolo	Cantidad
Operación	○	250
Inspección	□	38
	TOTAL	288

Figura 28. Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del estable lechero Monteverde

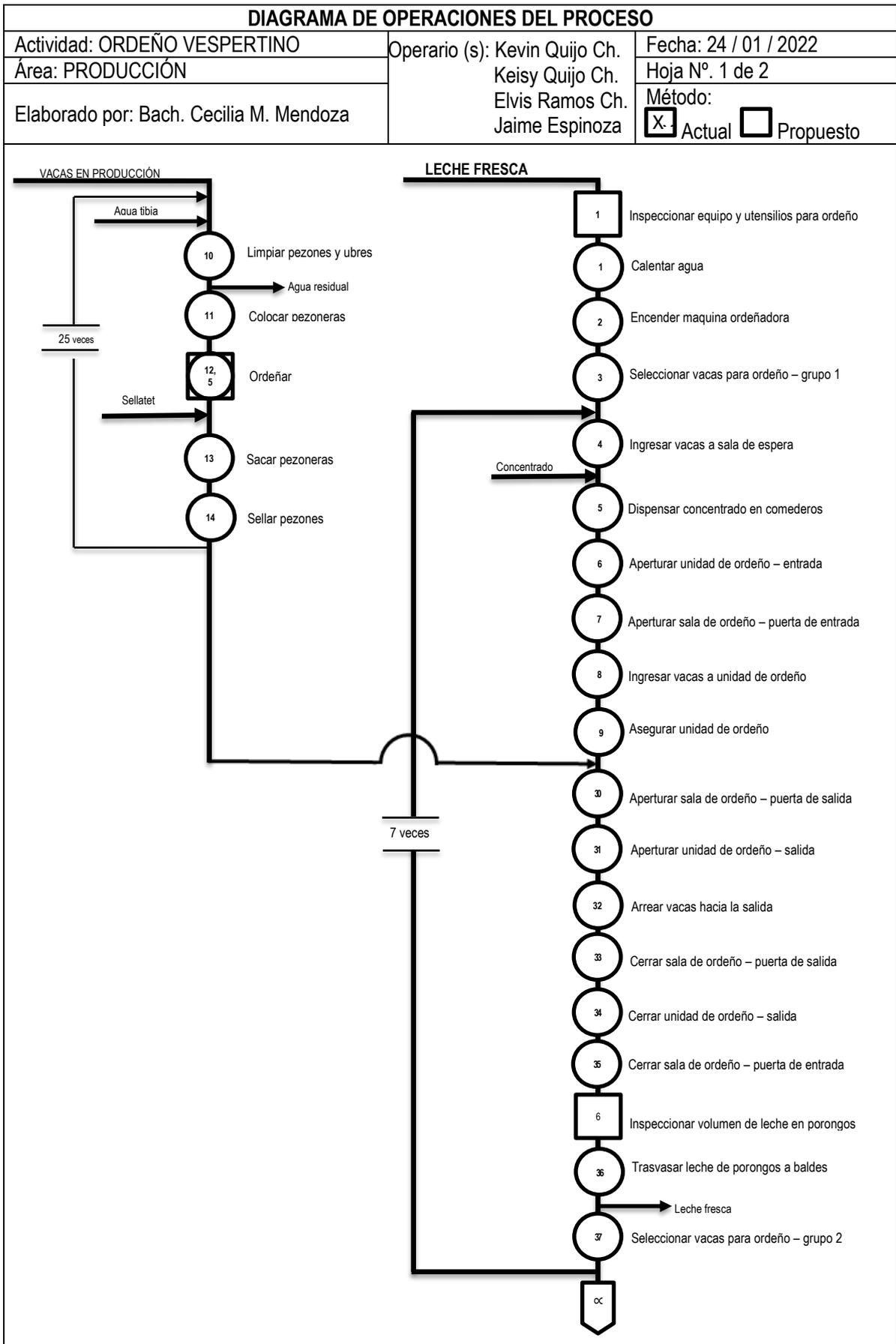
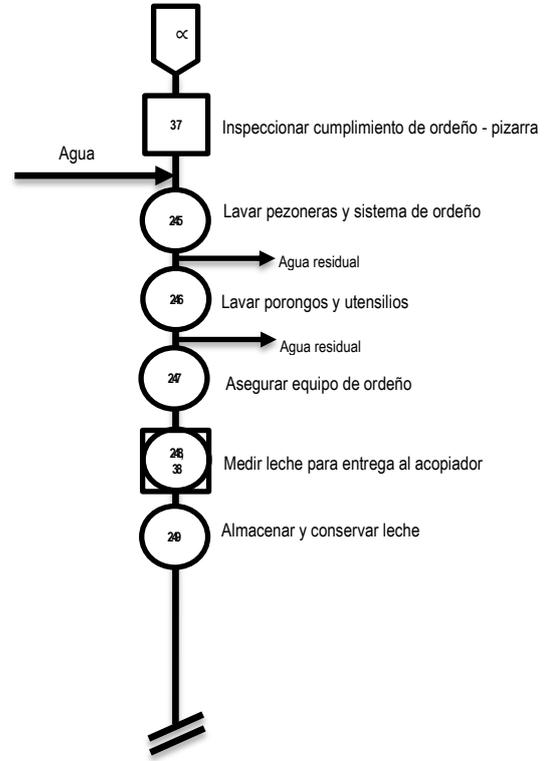


Figura 29. Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO		
Actividad: ORDEÑO VESPERTINO	Operario (s): Kevin Quijo Ch. Keisy Quijo Ch. Elvis Ramos R. Jaime Espinoza	Fecha: 24 / 01 / 2022
Área: PRODUCCIÓN		Hoja N°. 2 de 2
Elaborado por: Bach. Cecilia M. Mendoza		Método: <input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto



RESUMEN		
Actividad	Símbolo	Cantidad
Operación	○	249
Inspección	□	38
	TOTAL	287

Figura 30. Diagrama de operaciones del proceso actual de ordeño del establo lechero Monteverde

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS

Organización: APEM CPA MONTEVERDE
 Proceso: ORDEÑO MATUTINO
 Se inicia en: SALA DE ORDEÑO
 Se termina en: SALA DE ORDEÑO
 Método: DAP
 Operarios: Kevin Quijo Ch.
 Keisy Quijo Ch.
 Elvis Ramos Ch.
 Jaime Espinoza
 Elaborado por: Bach. Cecilia M. Mendoza
 Fecha: 28 de enero 2022
 Aprobado por: Juana Aranibar Huaquisto
 Hoja número: 1 de 2

RESUMEN

Actividad		Total	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación	○	308	101,04	
Transporte	➔	177		637,78
Demora	D	23	20,00	
Almacenamiento	▽	0	0	
Inspección	□	59	6,98	
Operación combinada	◻	85	28,77	
Total			156,79	637,78

Descripción de actividad	○	➔	D	▽	□	◻	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
INICIO									
□ Inspección de equipo y utensilios					*		3,32		
Traslado del operario por instalaciones		X						9,45	
○ Atemperado de agua	X						1,37		
○ Encendido de maquina ordeñadora	X						0,36		
○ Seleccionado de animales – Grupo 1	X						37,94		7 grupos
Traslado y arreo de vacas por el personal		X						197,55	7 grupos
○ Ingreso de vacas a sala de espera	X						13,29		7 Grupos
Espera del grupo para el ordeño			X				12,84		7 Grupos
○ Dispensado de concentrado	X						6,99		7 grupos
Traslado del personal a sala de ordeño		X						40,34	7 grupos
Medida de concentrado para cada comedero					*		0,36		7 grupos
○ Apertura de unidad de ordeño	X						4,61		7 grupos
○ Aperturar puerta de sala de ordeño	X								7 grupos
Desplazamiento del personal			X					27,23	7 grupos
○ Ingreso de vacas a unidad de ordeño	X						1,47		7 grupos
○ Aseguramiento de unidad de ordeño	X						1,75		7 grupos
Traslado del personal por la sala de ordeño		X						47,14	7 grupos
Espera del grupo en sala de ordeño			X				1,17		7 grupos
○ Limpieza de pezones y ubres	X						4,25		25 animales
Lavado de ubres y pezones	X								
Secado de ubres y pezones	X								
Verificación de estado de ubres y pezones					*		2,77		25 animales
Desplazamiento por instalaciones		X						44,78	
○ Colocado de pezoneras	X						7,25		25 animales
Desplazamiento del personal		X						24,67	25 animales
◻ Ordeño						X	25,06		7grupos
Masajeo de ubres						X			
Verificación de unidades de ordeño						X			

Sacar pezoneras	X								2,34		25 animales
Repaso de vacas	X										
Traslado del personal por foso de ordeño		X								47,68	7 grupos
○ Sellado de pezones	X								1,25		25 animales
Desplazamiento del personal		X								25,02	25 animales
○ Aperturar puerta de sala de ordeño	X								4,32		7 grupos
○ Apertura de unidad de ordeño	X										7 grupos
Traslado del personal por la sala de ordeño		X								39,11	7 grupos
○ Arreo de vacas a establo 1	X								1,26		7 grupos
Salida de vacas			X						4,07		7 grupos
Desplazamiento del personal			X							18,76	
○ Cerrado de sala de ordeño (salida)	X								1,75		7 grupos
○ Cerrado de unidad de ordeño	X										7 grupos
○ Cerrado de unidad de ordeño (entrada)	X										7 grupos
Desplazamiento del personal			X							21,47	
Traslado del personal por la sala de ordeño			X							41,52	7 grupos
□ Inspeccionado de volumen de leche						X			0,72		7 grupos
Medición de producción por vaca/día								X	2,04		25 animales
Desplazamiento del personal			X							21,45	
○ Traslado de leche a porongos	X								2,47		7 grupos
Búsqueda de utensilios para tamizar					X				0,29		
Colocación de porongos	X										
Transporte de porongos a piscina de frío			X							3,34	
□ Inspección de cumplimiento de ordeño								X	0,12		
Desplazamiento del personal			X							2,09	
○ Lavado de pezoneras y sistema de ordeño	X								0,83		
Desplazamiento del personal			X							4,12	
○ Lavado de porongos y utensilios	X								2,17		
Desplazamiento del personal			X							4,09	
Atemperado de agua para lavado	X										
Traslado de detergente alcalino			X							7,5	
Apagado de maquina de ordeño	X										
○ Aseguramiento de equipo de ordeño	X								1,2		
Secado de porongos de ordeño	X										
Desplazamiento del personal			X							4,15	
□ Medida de leche para entrega a acopiador								X	0,5		
Desplazamiento del personal			X							6,32	
○ Registro de volumen de leche producido	X								0,05		
Sumatoria de producción por vaca								X	0,81		
○ Entrega de leche a acopiador	X								4,12		
Verificación de volumen entregado								X	0,05		
Traslado de porongos al carro acopiador				X					1,63		
FIN											

Figura 31. Diagrama de análisis de proceso actual de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde (ordeño matutino)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS

Organización: APEM CPA MONTEVERDE
 Proceso: ORDEÑO VESPERTINO
 Se inicia en: SALA DE ORDEÑO
 Se termina en: SALA DE ORDEÑO
 Método: DAP
 Operarios: Kevin Quijo Ch.
 Keisy Quijo Ch.
 Elvis Ramos Ch.
 Jaime Espinoza
 Elaborado por: Bach. Cecilia M. Mendoza
 Fecha: 28 de enero 2022
 Aprobado por: Juana Aranibar Huaquisto
 Hoja número: 1 de 2

RESUMEN

Actividad		Total	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación	○	307	97,81	
Transporte	➔	177		643,09
Demora	D	23	17,50	
Almacenamiento	▽	1	1448,43	
Inspección	□	59	7,66	
Operación combinada	◻	85	15,79	
Total			1574,65	643,09

Descripción de actividad	○	➔	D	▽	□	◻	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
INICIO									
□ Inspección de equipo y utensilios					X		6,02		
Traslado del operario por instalaciones		X						12,46	
○ Atemperado de agua	X						2,56		
○ Encendido de maquina ordeñadora	X						0,56		
○ Seleccionado de animales – Grupo 1	X						47,46		7 grupos
Traslado y arreo de vacas por el personal		X						215,02	7 grupos
○ Ingreso de vacas a sala de espera	X						12,44		7 Grupos
Espera del grupo para el ordeño			X						7 Grupos
○ Dispensado de concentrado	X						5,67		7 grupos
Traslado del personal a sala de ordeño		X						22,564	7 grupos
Medida de concentrado para cada comedero					X		0,12		7 grupos
○ Apertura de unidad de ordeño	X						2,42		7 grupos
○ Aperturar puerta de sala de ordeño	X								7 grupos
Desplazamiento del personal		X						22,59	7 grupos
○ Ingreso de vacas a unidad de ordeño	X						1,34		7 grupos
○ Aseguramiento de unidad de ordeño	X						1,02		7 grupos
Traslado del personal por la sala de ordeño		X						43,01	7 grupos
Espera del grupo en sala de ordeño			X				1,1		7 grupos
○ Limpieza de pezones y ubres	X						1,92		25 animales
Lavado de ubres y pezones	X								
Secado de ubres y pezones	X								
Verificación de estado de ubres y pezones					X		1,02		25 animales
Desplazamiento por instalaciones		X						45,89	
○ Colocado de pezoneras	X						6,53		25 animales
Desplazamiento del personal		X						21,67	25 animales
◻ Ordeño						X	13,23		7grupos
Masajeo de ubres						X			
Verificación de unidades de ordeño						X			

Sacar pezoneras	X									2,05		25 animales
Repaso de vacas	X											
Traslado del personal por foso de ordeño		X									50,98	7 grupos
○ Sellado de pezones	X									1,34		25 animales
Desplazamiento del personal		X									27,56	25 animales
○ Aperturar puerta de sala de ordeño	X									3,45		7 grupos
○ Apertura de unidad de ordeño	X											7 grupos
Traslado del personal por la sala de ordeño		X									44,56	7 grupos
○ Arreo de vacas a establo 1	X									0,96		7 grupos
Salida de vacas			X							3,74		7 grupos
Desplazamiento del personal			X								20,76	
○ Cerrado de sala de ordeño (salida)	X									1,75		7 grupos
○ Cerrado de unidad de ordeño	X											7 grupos
○ Cerrado de unidad de ordeño (entrada)	X											7 grupos
Desplazamiento del personal			X								19,73	
Traslado del personal por la sala de ordeño			X								45,52	7 grupos
□ Inspeccionado de volumen de leche						X				0,52		7 grupos
Medición de producción por vaca/día								X		1,44		25 animales
Desplazamiento del personal			X								21,41	
○ Traslado de leche a porongos	X									2,65		7 grupos
Búsqueda de utensilios para tamizar					X					0,12		
Colocación de porongos	X											
Transporte de porongos a piscina de frío			X								3,21	
□ Inspección de cumplimiento de ordeño								X		0,1		
Desplazamiento del personal			X								1,79	
○ Lavado de pezoneras y sistema de ordeño	X									0,73		
Desplazamiento del personal			X								3,92	
○ Lavado de porongos y utensilios	X									1,92		
Desplazamiento del personal			X								4,19	
Atemperado de agua para lavado	X											
Traslado de detergente alcalino			X								6,5	
Apagado de máquina ordeñadora	X											
○ Aseguramiento de equipo de ordeño	X									1		
Secado de porongos de ordeño	X											
Desplazamiento del personal			X								3,55	
□ Medida de leche para entrega a acopiador								X		0,2		
Desplazamiento del personal			X								6,21	
Registro de volumen de leche producido	X									0,04		
Sumatoria de producción por vaca								X		0,8		
▽ Almacenado de leche fresca					X					1574,65		Pozo de agua fría
FIN												

Figura 32. Diagrama de análisis de proceso actual de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde (ordeño vespertino)

Así mismo, en esta etapa del pre test; se ejecutó la revisión histórica de los registros de la organización, el ítem revisado fueron las fechas y frecuencias de mantenimientos planificados y ejecutados de la maquina ordeñadora:

Tabla 18. Mantenimientos programados de máquina

Mantenimientos programados													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
2018	2*	2*	2*	2*	2*	2*	3	2	3	2	2	2	26
2019	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	26
2020	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	27
2021	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	26
2022	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	26

* Inicio de trabajo de la máquina y garantía de 6 meses con mantenimiento gratuito por parte de la empresa proveedora.

Cabe resaltar que en el cuadro se muestra el número de mantenimientos programados por mes y el total en el año, los cuales tuvieron como base, la recomendación de la empresa vendedora (mantenimiento cada 15 días), debido a que se trata de un equipo al cual se le ha aumentado el número de bajadas, por ende el cuidado debe ser más minucioso.

Tabla 19. Mantenimientos ejecutados de máquina

Mantenimientos programados													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
2018	2*	1*	2*	2*	2*	2*	2	2	2	2	2	1	22
2019	1	1	1	2	1	1	1	1	2	0	1	1	13
2020	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
2021	1	1	0	1	2	2	1	2	2	2	2	2	18
2022	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	1

* Inicio de trabajo de la máquina y garantía de 6 meses con mantenimiento gratuito por parte de la empresa proveedora.

P: mantenimientos pendientes

En la tabla anterior se observa el número de mantenimientos ejecutados por mes y total al año, donde los mantenimiento ejecutados en el 2020 fueron solo de tres, a causa de la inmovilización por pandemia COVID-19.

Tabla 20. Paros, fallas y reparación de equipo de ordeño

	Número de fallas y paros de máquina					Tiempo de reparación (horas)				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	0	12	31	26	54	0	18	42	30	42
Febrero	0	10	30	13		0	10	49	25	
Marzo	0	31	27	13		0	35	45	25	
Abril	0	13	14	14		0	26	34	24	
Mayo	0	31	25	15		0	35	29	19	
Junio	0	14	12	43		0	17	22	45	
Julio	0	63	47	21		0	65	80	34	
Agosto	0	31	15	11		0	25	25	21	
Septiembre	0	12	11	13		0	13	12	14	
Octubre	0	62	25	10		0	39	25	15	
Noviembre	0	62	56	10		0	45	67	15	
Diciembre	14	10	11	22		10	13	25	26	
TOTAL	14	351	304	211	54	10	341	455	293	42

En la tabla anterior, se muestra el número de paros y fallas que se han presentado en cada mes a partir del 2018 y las horas invertidas en la reparación y puesta en marcha de la máquina. El tiempo total de trabajo de la máquina, se calculó bajo el promedio de 4,72 horas diarias de funcionamiento, este valor fue tomado del DAP actual de la empresa, considerando que por mención de los administradores, el proceso se ha mantenido tal cual como se planteó en el 2018. En la tabla siguiente se observa el registro histórico de producción de leche mensual y anual, a partir de enero del 2018 (adquisición de maquina ordeñada de cuatro bajadas).

Tabla 21. Producción de leche en los últimos 4 años (litros)

	AÑOS				
	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	7278	4758	5577	7464	7762
Febrero	6902	4752	5043	7596	
Marzo	9146	4456	5036	8525	
Abril	9420	5722	5871	8496	
Mayo	8525	5453	6233	9115	
Junio	7188	5960	6504	7931	
Julio	6992	4072	4187	7127	
Agosto	7285	3635	5524	7285	
Septiembre	6900	4781	5313	8192	
Octubre	7000	4565	6090	8775	
Noviembre	7507	5674	4219	8378	
Diciembre	7390	5274	6278	7837	
TOTAL	91533	59102	65875	96721	7762

Pre – test de la variable dependiente

° **Eficiencia:** al estar basado el estudio, en el correcto funcionamiento de la máquina de ordeño; esta dimensión se cuantificó mediante la eficiencia general de los equipos (OEE)

- Eficiencia General de los Equipos

OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100\%$$

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

$$\frac{(\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Número de paradas}}$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones.

$$\frac{\text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}}$$

Tabla 22. Disponibilidad de la máquina (pre-test)

	MTBF					MTTR					DISPONIBILIDAD				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	0,00	10,69	3,36	4,47	1,93	0,00	1,50	1,35	1,15	0,78	0%	88%	71%	79%	71%
Febrero	0,00	12,21	2,93	8,24		0,00	1,00	1,63	1,92		0%	92%	64%	81%	
Marzo	0,00	3,59	3,75	9,32		0,00	1,13	1,67	1,92		0%	76%	69%	83%	
Abril	0,00	8,89	7,68	8,39		0,00	2,00	2,43	1,71		0%	82%	76%	83%	
Mayo	0,00	3,59	4,69	8,48		0,00	1,13	1,16	1,27		0%	76%	80%	87%	
Junio	0,00	8,89	9,96	2,24		0,00	1,21	1,83	1,05		0%	88%	84%	68%	
Julio	0,00	1,29	1,41	5,34		0,00	1,03	1,70	1,62		0%	56%	45%	77%	
Agosto	0,00	3,91	8,08	11,38		0,00	0,81	1,67	1,91		0%	83%	83%	86%	
Septiembre	0,00	10,71	11,77	9,81		0,00	1,08	1,09	1,08		0%	91%	92%	90%	
Octubre	0,00	1,73	4,85	13,12		0,00	0,63	1,00	1,50		0%	73%	83%	90%	
Noviembre	0,00	1,56	1,33	12,65		0,00	0,73	1,20	1,50		0%	68%	53%	89%	
Diciembre	9,73	13,32	11,02	5,46		0,71	1,30	2,27	1,18		93%	91%	83%	82%	

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Trabajo real}}{\text{Trabajo teórico}} \times 100$$

Es necesario dar a conocer que para el cálculo del trabajo real de la máquina, se tuvo en cuenta el promedio de horas al día que trabaja la máquina, basado en el DAP que fue parte del diagnóstico de esta investigación, donde se obtuvo que el promedio de horas de trabajo al día es de 4,72 horas en dos turnos de ordeño (pre-test).

Tabla 23. Rendimiento de la maquina ordeñadora

	TRABAJO REAL					TRABAJO TEÓRICO					RENDIMIENTO				
											2018	2019	2020	2021	2022
Enero	49,77	32,54	38,14	51,05	53,08	150	150	150	150	150	33%	22%	25%	34%	35%
Febrero	52,26	35,98	36,87	57,51		150	150	150	150	150	35%	24%	25%	38%	
Marzo	62,55	30,47	34,44	58,30		150	150	150	150	150	42%	20%	23%	39%	
Abril	66,57	40,44	41,49	60,04		150	150	150	150	150	44%	27%	28%	40%	
Mayo	58,30	37,29	42,63	62,34		150	150	150	150	150	39%	25%	28%	42%	
Junio	50,80	42,12	45,96	56,05		150	150	150	150	150	34%	28%	31%	37%	
Julio	47,82	27,85	28,63	48,74		150	150	150	150	150	32%	19%	19%	32%	
Agosto	49,82	24,86	37,78	49,82		150	150	150	150	150	33%	17%	25%	33%	
Septiembre	48,76	33,79	37,55	57,89		150	150	150	150	150	33%	23%	25%	39%	
Octubre	47,87	31,22	41,65	60,01		150	150	150	150	150	32%	21%	28%	40%	
Noviembre	53,05	40,10	29,82	59,21		150	150	150	150	150	35%	27%	20%	39%	
Diciembre	50,54	36,07	42,93	53,60		150	150	150	150	150	34%	24%	29%	36%	

Calidad: Este parámetro, abarca tres ítems de estudio, calidad organoléptica, fisicoquímica y microbiológica de la leche, siendo este último un análisis de laboratorio y los dos primeros de campo. Al respecto, la calidad organoléptica evalúa cualquier variación de color, sabor, olor y textura considerados anormales para la leche fresca. El acopiador realiza un control organoléptico del total de porongos que se entregan a diario (entre 8 y 10); de los cuales, los que considera no aptos son rechazados.

Tabla 24. Rechazos de leche por parte del acopiador (porongos por mes)

	AÑOS														
	2018			2019			2020			2021			2022		
	Porongos entregados	Porongos rechazados	CALIDAD	Porongos entregados	Porongos rechazados	CALIDAD	Porongos entregados	Porongos rechazados	CALIDAD	Porongos entregados	Porongos rechazados	CALIDAD	Porongos entregados	Porongos rechazados	CALIDAD
Enero	228	4	98,2%	149	48	67,8%	175	37	78,9%	234	30	87,2%	243,00	28	88,48%
Febrero	216	48	77,8%	149	47	68,5%	158	67	57,6%	238	17	92,9%			
Marzo	286	0	100,0%	140	67	52,1%	158	87	44,9%	265	34	87,2%			
Abril	285	0	100,0%	179	5	97,2%	184	84	54,3%	266	13	95,1%			
Mayo	267	0	100,0%	171	23	86,5%	195	24	87,7%	285	9	96,8%			
Junio	225	4	98,2%	187	25	86,6%	204	65	68,1%	248	8	96,8%			
Julio	219	28	87,2%	128	32	75,0%	131	54	58,8%	223	12	94,6%			
Agosto	228	0	100,0%	114	49	57,0%	173	76	56,1%	228	17	92,5%			
Septiembre	216	12	94,4%	150	67	55,3%	167	34	79,6%	256	6	97,7%			
Octubre	219	0	100,0%	143	97	32,2%	191	54	71,7%	275	5	98,2%			
Noviembre	235	0	100,0%	178	18	89,9%	132	26	80,3%	262	5	98,1%			
Diciembre	231	36	84,4%	165	24	85,5%	197	37	81,2%	245	3	98,8%			

Eficacia: Esta dimensión está representada por el nivel de consecución de metas; por ende, para el estudio se consideraron los volúmenes programados de producción de leche anual y los volúmenes reales de producción. Al respecto, OLIVERA (2001, p. 50); en su investigación acerca de los índices de producción de leche, menciona que éstos fluctúan entre 14,1% y 17,6%, dependiendo de varios factores; por lo que para la presente investigación se decidió trabajar con el promedio; puesto de que en el hato de la organización, la rotación de animales en producción es alta (primerizas y multíparas). Por lo tanto, el incremento de volumen de producción ideal por animal, se calculó con un índice de 15,85% anual.

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{\text{Volumen real de leche producida}}{\text{Volumen programado de leche producida}} \times 100$$

Tabla 25. Volúmenes de leche programados y volúmenes reales de producción.

	PRODUCCIÓN DE LECHE MENSUAL					EFICACIA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	7278	4758	5577	7464	7762	86,21%	49,58%	51,87%	62,68%	59,42%
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907	13062					
Febrero	6902	4752	5043	7596		90,52%	54,82%	50,14%	70,63%	
Volumen Programado *	7625	8668	10059	10755						
Marzo	9146	4456	5036	8525		108,34%	46,43%	46,84%	71,60%	
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907						
Abril	9420	5722	5871	8496		115,30%	61,61%	56,42%	73,73%	
Volumen Programado *	8170	9288	10405	11523						
Mayo	8525	5453	6233	9115		100,98%	56,82%	57,97%	76,55%	
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907						
Junio	7188	5960	6504	7931		87,98%	64,17%	62,51%	68,83%	
Volumen Programado *	8170	9288	10405	11523						
Julio	6992	4072	4187	7127		82,82%	42,43%	38,94%	59,85%	
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907						
Agosto	7285	3635	5524	7285		86,29%	37,88%	51,38%	61,18%	
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907						
Septiembre	6900	4781	5313	8192		84,46%	51,48%	51,06%	71,09%	
Volumen Programado *	8170	9288	10405	11523						
Octubre	7000	4565	6090	8775		82,92%	47,57%	56,64%	73,69%	
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907						
Noviembre	7507	5674	4219	8378		91,89%	61,09%	40,55%	72,71%	
Volumen Programado *	8170	9288	10405	11523						
Diciembre	7390	5274	6278	7837		87,54%	54,95%	58,39%	65,82%	
Volumen Programado *	8442	9597	10752	11907						

* El volumen programado se calculó a partir de los registros de producción del año 2017, de donde se sacó el promedio de producción por animal, esto por recomendación del asesor técnico de la investigación: 9,40 litros/vaca/día (2017); 10,89 litros/vaca/día (2018); 12,38 litros/vaca/día (2019); 13,87 litros/vaca/día (2020); 15,36 litros/vaca/día (2021) y 16,85,40 litros/vaca/día (2022).

Pre-test de la variable independiente

Mantenimiento autónomo (MA)

Este indicador cuantifica la capacidad de los operarios en llevar a cabo el mantenimiento autónomo de los equipos (CUATRECASAS & TORRELL, 2010, p. 143), por lo que se consideraron los registros de inspecciones a partir del año 2018.

$$\frac{\text{Inspecciones anuales realizadas}}{\text{Total de inspecciones anuales programadas}} \times 100\%$$

Tabla 26. *Cumplimiento del mantenimiento autónomo de la máquina ordeñadora de la organización.*

	INSPECCIONES PLANIFICADAS											CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				
												INSPECCIONES EJECUTADAS				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5						
Enero	31	31	31	31	31	25	1	1	1	2	100%	50%	33%	33%	33%	
Febrero	28	28	29	28	28	28	1	0	0	P	50%	50%	0%	50%		
Marzo	31	31	31	31	31	31	1	0	0	P	100%	33%	0%	0%		
Abril	30	30	30	30	30	30	2	0	1	P	100%	100%	0%	50%		
Mayo	31	31	31	31	31	27	1	1	2	P	100%	50%	50%	100%		
Junio	30	30	30	30	30	25	1	0	2	P	100%	50%	0%	100%		
Julio	31	31	31	31	31	26	1	0	1	P	67%	50%	0%	50%		
Agosto	31	31	31	31	31	27	1	0	2	P	100%	50%	0%	67%		
Septiembre	30	30	30	30	30	25	2	0	2	P	67%	67%	0%	100%		
Octubre	31	31	31	31	31	22	0	0	2	P	100%	0%	0%	100%		
Noviembre	30	30	30	30	30	18	1	1	2	P	100%	50%	50%	100%		
Diciembre	31	31	31	31	31	16	1	0	2	P	50%	50%	0%	100%		
TOTAL	365	365	366	365	365	300	13	3	17	2	85%	50%	11%	69%	33%	

* Supervisiones de estado de máquina a diario, recomendado por el proveedor del equipo de ordeño y la Boehringer Ingelheim Animal Health de España.

Mantenimiento planificado (MP)

Esta dimensión cuantifica la labor del personal de planta respecto de las labores de prevención y mantenimiento de equipos, en busca de una mejora continua (FERNÁNDEZ, 2018, p. 28), por esta razón se tomaron los registros de mantenimiento ejecutados por el personal de planta y aquellos planificados (programación recomendada por técnico de la empresa de donde se adquirió el equipo).

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ Mantenimiento preventivo anual realizado}}{\text{N}^\circ \text{ Mantenimiento preventivo anual programado}} \times 100\%$$

Tabla 27. *Cumplimiento del mantenimiento planificado de la máquina ordeñadora de la organización.*

	MANTENIMIENTOS PLANIFICADOS										CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO					
											MANTENIMIENTOS EJECUTADOS					
Enero	2	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	100%	50%	33%	33%	33%
Febrero	2	2	2	2	2	1	1	0	1			50%	50%	0%	50%	
Marzo	2	3	3	2	2	2	1	0	0			100%	33%	0%	0%	
Abril	2	2	2	2	2	2	2	0	1			100%	100%	0%	50%	
Mayo	2	2	2	2	2	2	1	1	2			100%	50%	50%	100%	
Junio	2	2	2	2	2	2	1	0	2			100%	50%	0%	100%	
Julio	3	2	2	2	3	2	1	0	1			67%	50%	0%	50%	
Agosto	2	2	3	3	2	2	1	0	2			100%	50%	0%	67%	
Septiembre	3	3	2	2	2	2	2	0	2			67%	67%	0%	100%	
Octubre	2	2	2	2	2	2	0	0	2			100%	0%	0%	100%	
Noviembre	2	2	2	2	2	2	1	1	2			100%	50%	50%	100%	
Diciembre	2	2	2	2	2	1	1	0	2			50%	50%	0%	100%	
TOTAL	26	26	27	26	26	22	13	3	18	1	85%	50%	11%	69%	33%	

Finalmente para cerrar la etapa de evaluación del pre-test, se consideró el cálculo de la productividad por año.

Tabla 28. Formato para cálculo de la productividad del años 2018 (pre – test).

FICHA DE REGISTRO DE ESTUDIO – PRODUCTIVIDAD									
Investigador: CECILIA M. MENDOZA CASTILLO					PRODUCTIVIDAD PRE – TEST (X) POST – TEST ()				
Empresa: Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE									
Proceso: ORDEÑO Método: ACTUAL Fecha: 2018									
	Mes	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia	Eficacia	Productividad Pre - Test
1	Enero	0,00	0,00	100%	33,18%	98,25%	32,60%	86,21%	28,10%
2	Febrero	0,00	0,00	100%	34,84%	77,78%	27,10%	90,52%	24,53%
3	Marzo	0,00	0,00	100%	41,70%	100,00%	41,70%	108,34%	45,18%
4	Abril	0,00	0,00	100%	44,38%	100,00%	44,38%	115,30%	51,17%
5	Mayo	0,00	0,00	100%	38,87%	100,00%	38,87%	100,98%	39,25%
6	Junio	0,00	0,00	100%	33,86%	98,22%	33,26%	87,98%	29,27%
7	Julio	0,00	0,00	100%	31,88%	87,21%	27,80%	82,82%	23,03%
8	Agosto	0,00	0,00	100%	33,21%	100,00%	33,21%	86,29%	28,66%
9	Septiembre	0,00	0,00	100%	32,51%	94,44%	30,70%	84,46%	25,93%
10	Octubre	0,00	0,00	100%	31,91%	100,00%	31,91%	82,92%	26,46%
11	Noviembre	0,00	0,00	100%	35,37%	100,00%	35,37%	91,89%	32,50%
12	Diciembre	9,73	0,71	93%	33,69%	84,42%	26,50%	87,54%	23,19%
	Promedio								31,44%
Observaciones:									
<hr/> <hr/> <hr/>									
Elaborado por: 					Revisado por: 				
Cecilia M. Mendoza Castillo					Juana Aranibar Huaquisto				

Tabla 29. Formato para cálculo de la productividad del años 2019 (pre – test).

FICHA DE REGISTRO DE ESTUDIO – PRODUCTIVIDAD									
Investigador: CECILIA M. MENDOZA CASTILLO					PRODUCTIVIDAD PRE – TEST (X) POST – TEST ()				
Empresa: Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE									
Proceso: ORDEÑO Método: ACTUAL Fecha: 2019									
	Mes	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia	Eficacia	Productividad Pre - Test
1	Enero	10,69	1,50	88%	21,69%	67,79%	12,89%	49,58%	6,39%
2	Febrero	12,21	1,00	92%	23,99%	68,46%	15,18%	54,82%	8,32%
3	Marzo	3,59	1,13	76%	20,32%	52,14%	8,06%	46,43%	3,74%
4	Abril	8,89	2,00	82%	26,96%	97,21%	21,39%	61,61%	13,18%
5	Mayo	3,59	1,13	76%	24,86%	86,55%	16,37%	56,82%	9,30%
6	Junio	8,89	1,21	88%	28,08%	86,63%	21,40%	64,17%	13,73%
7	Julio	1,29	1,03	56%	18,57%	75,00%	7,73%	42,43%	3,28%
8	Agosto	3,91	0,81	83%	16,57%	57,02%	7,83%	37,88%	2,97%
9	Septiembre	10,71	1,08	91%	22,52%	55,33%	11,32%	51,48%	5,83%
10	Octubre	1,73	0,63	73%	20,81%	32,17%	4,91%	47,57%	2,34%
11	Noviembre	1,56	0,73	68%	26,73%	89,89%	16,39%	61,09%	10,01%
12	Diciembre	13,32	1,30	91%	24,05%	85,45%	18,72%	54,95%	10,29%
	Promedio								7,45%
Observaciones:									
<hr/> <hr/> <hr/>									
Elaborado por: 					Revisado por: 				
Cecilia M. Mendoza Castillo					Juana Aranibar Huaquisto				

Tabla 30. Formato para cálculo de la productividad 2020 (pre – test).

FICHA DE REGISTRO DE ESTUDIO – PRODUCTIVIDAD									
Investigador: CECILIA M. MENDOZA CASTILLO					PRODUCTIVIDAD PRE – TEST (X) POST – TEST ()				
Empresa: Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE									
Proceso: ORDEÑO Método: ACTUAL Fecha: 2020									
	Mes	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia	Eficacia	Productividad Pre - Test
1	Enero	3,36	1,35	71%	25,43%	78,86%	14,29%	51,87%	7,41%
2	Febrero	2,93	1,63	64%	24,58%	57,59%	9,08%	50,14%	4,55%
3	Marzo	3,75	1,67	69%	22,96%	44,94%	7,14%	46,84%	3,35%
4	Abril	7,68	2,43	76%	27,66%	54,35%	11,42%	56,42%	6,44%
5	Mayo	4,69	1,16	80%	28,42%	87,69%	19,98%	57,97%	11,58%
6	Junio	9,96	1,83	84%	30,64%	68,14%	17,63%	62,51%	11,02%
7	Julio	1,41	1,70	45%	19,09%	58,78%	5,08%	38,94%	1,98%
8	Agosto	8,08	1,67	83%	25,19%	56,07%	11,71%	51,38%	6,01%
9	Septiembre	11,77	1,09	92%	25,03%	79,64%	18,24%	51,06%	9,32%
10	Octubre	4,85	1,00	83%	27,77%	71,73%	16,51%	56,64%	9,35%
11	Noviembre	1,33	1,20	53%	19,88%	80,30%	8,40%	40,55%	3,41%
12	Diciembre	11,02	2,27	83%	28,62%	81,22%	19,27%	58,39%	11,25%
	Promedio								7,14%
Observaciones:									
<hr/> <hr/> <hr/>									
Elaborado por: 					Revisado por: 				
Cecilia M. Mendoza Castillo					Juana Aranibar Huaquisto				

Tabla 31. Formato para cálculo de la productividad 2021 (pre – test).

FICHA DE REGISTRO DE ESTUDIO – PRODUCTIVIDAD									
Investigador: CECILIA M. MENDOZA CASTILLO					PRODUCTIVIDAD PRE – TEST (X) POST – TEST ()				
Empresa: Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE									
Proceso: ORDEÑO Método: ACTUAL Fecha: 2021									
Item	Mes	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia	Eficacia	Productividad Pre - Test
1	Enero	4,47	1,15	79%	34,03%	87,18%	23,58%	62,68%	14,78%
2	Febrero	8,24	1,92	81%	38,34%	92,86%	28,86%	70,63%	20,39%
3	Marzo	9,32	1,92	83%	38,87%	87,17%	28,09%	71,60%	20,11%
4	Abril	8,39	1,71	83%	40,03%	95,11%	31,61%	73,73%	23,31%
5	Mayo	8,48	1,27	87%	41,56%	96,84%	35,02%	76,55%	26,80%
6	Junio	2,24	1,05	68%	37,36%	96,77%	24,66%	68,83%	16,97%
7	Julio	5,34	1,62	77%	32,49%	94,62%	23,60%	59,85%	14,12%
8	Agosto	11,38	1,91	86%	33,21%	92,54%	26,32%	61,18%	16,10%
9	Septiembre	9,81	1,08	90%	38,59%	97,66%	33,96%	71,09%	24,14%
10	Octubre	13,12	1,50	90%	40,01%	98,18%	35,25%	73,69%	25,98%
11	Noviembre	12,65	1,50	89%	39,47%	98,09%	34,61%	72,71%	25,17%
12	Diciembre	5,46	1,18	82%	35,73%	98,78%	29,02%	65,82%	19,10%
	Promedio								20,58%
Observaciones:									
<hr/> <hr/> <hr/>									
Elaborado por: 					Revisado por: 				
Cecilia M. Mendoza Castillo					Juana Aranibar Huaquisto				

Tabla 32. Formato para cálculo de la productividad 2022 (pre – test).

FICHA DE REGISTRO DE ESTUDIO – PRODUCTIVIDAD									
Investigador: CECILIA M. MENDOZA CASTILLO					<i>PRODUCTIVIDAD PRE – TEST (X) POST – TEST ()</i>				
Empresa: Asociación Profesional Ecológica de Mejora de Cadenas Productivas Agropecuarias MONTEVERDE									
Proceso: ORDEÑO Método: ACTUAL Fecha: 2022									
	Mes	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia	Eficacia	Productividad Pre - Test
1	Enero	1,93	0,78	71%	35,39%	88,48%	22,32%	59,42%	13,26%
2	Febrero								
3	Marzo								
4	Abril								
5	Mayo								
6	Junio								
7	Julio								
8	Agosto								
9	Septiembre								
10	Octubre								
11	Noviembre								
12	Diciembre								
Observaciones:									
<hr/> <hr/> <hr/>									
Elaborado por:  Cecilia M. Mendoza Castillo					Revisado por:  Juana Aranibar Huaquisto				

Información adicional de la investigación

° **Registro de incidentes/accidentes:** Al momento de realizar el diagnóstico previo, el personal de planta mencionó la ocurrencia de accidentes en el momento de ejecución de la rutina de ordeño, los mismos que en ocasiones generan demoras en el proceso, razón por la cual se realizó un perfil de accidentabilidad y la frecuencia de ocurrencia de los mismos.

Tabla 33. Perfil de accidentabilidad en el establo lechero Monteverde – rutina de ordeño

Riesgos	Operación	Actividad	Alteraciones	2018	2019	2020	2021	2022	Total
				Número de casos					
Cortes y pinchazos	Mantenimiento de máquinas	Uso de herramientas de trabajo	Heridas en manos	28	14	32	18	4	96
		Traslado de animales	Traumatismos en pies y manos	26	34	28	25	6	119
Atrapamientos y aplastamientos	Ordeño	Colocación de pezoneras	Traumatismos en manos y cabeza	32	28	15	13	3	91
		Arreglo de jáquimas	Traumatismos en pies y manos	67	73	106	78	12	336
		Ordeño de terneras primerizas	Traumatismos en manos y cabeza	314	362	295	376	87	1434
Incendio y explosión	Preparación de equipos	Cambio de balón de gas	Quemaduras	0	0	2	1	0	3
		Encendido de cocina	Quemaduras	0	0	1	0	0	1
Contactos eléctricos	Ordeño	Encendido de máquina	Electrocución	0	0	0	2	1	3
		Cambio de fuente de energía	Electrocución	0	3	2	1	0	6
Caídas a desnivel	Trasvase de leche a porongos	Desplazamiento por ordeñadero	Traumatismos y lesiones	0	1	1	0	0	2
Caídas al mismo nivel	Ordeño	Desplazamiento por ordeñadero	Traumatismos y lesiones	5	6	6	7	0	24
	Selección de animales	Desplazamiento por establo	Traumatismos y lesiones	8	9	12	6	5	40
Contactos térmicos	Preparación de equipos	Atemperado de agua	Quemaduras	0	0	2	1	0	3
Accidentes causados por animales	Ordeño	Ingreso, salida y ordeño	Embestidas, empujones,	22	18	15	13	2	70
Exposición a agentes biológicos	Ordeño	Contacto directo con animales	Zoonosis y alergias	0	0	0	3	0	3
Exposición a agentes químicos	Limpieza de utensilios	Lavado de porongos y maquinaria	Intoxicaciones y alergias	3	2	2	1	0	8
Carga física	Dispensado de concentrado	Manipulación de cargas pesadas	Lesiones de espalda	52	48	51	56	9	216
	Ordeño	Movimientos repetitivos	Lesiones en espalda y cuello	109	88	65	42	28	332
TOTAL				666	686	635	643	157	

Examen de entrada: Estos datos se registraron en la etapa del pre-test (inicio de la ejecución del proyecto) y en la etapa del post-test (posterior a la ejecución de las capacitaciones e intervención del plan de acción, donde los resultados de la evaluación pre test a los cuatro operarios se muestran a continuación.

Tabla 34. *Evaluación de conocimientos del personal (pre-test)*

Operario	Manejo de ganado lechero (10)*	Protocolo de ordeño (10)*	Funcionamiento de ordeñadora (10)*
Kevin Quijo Chambilla	04	02	04
Keisy Quijo Chambilla	02	02	00
Elvis Ramos Chambilla	04	04	04
Jaime Espinoza Ramos	02	02	00

* Puntaje máximo de 10.

Implementación de la propuesta de mejora

Se implementó considerando las fases de implementación del TPM, teniendo en cuenta el cronograma.

Tabla 35. *Cronograma de implementación del TPM*

ACTIVIDADES	MESES											
	ENERO			FEBRERO				MARZO				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA		X	X	X								
FASE DE PREPARACIÓN			X	X								
FASE DE INTRODUCCIÓN				X								
FASE DE IMPLEMENTACIÓN					X	X	X	X	X	X	X	X
FASE DE CONSOLIDACIÓN									X	X	X	X
APLICACIÓN DEL POST – TEST											X	X

° **Elaboración de la propuesta:** Surgió a partir del análisis diagnóstico y los datos recabados en la etapa del pre-test; y teniendo como eje estratégico la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Los logros condujeron a la mejora en las áreas de medio ambiente, método, maquinaria y herramientas.

° **Fase de preparación:** Se ejecutaron dos entrevistas, una con el personal y otra con los directivos y administradores de la organización y una tercera reunión con ambos grupos, donde se formaron comités de trabajo y los líderes de los mismos; además se hizo de común conocimiento las metas para la propuesta de mejora y la forma de lograrlas con el apoyo de toda la organización y los especialistas externos de la organización.

° **Fase de introducción:** El lunes 31 de enero, después del segundo ordeño, se realizó la reunión con toda la organización para dar inicio con la propuesta de mejora, siendo un tema ya conocido por todas las áreas y valorado como tal.

° **Fase de implementación:** Para la presente investigación se seleccionó la “rutina de ordeño”, como centro del estudio de investigación; para ello se desarrolló un programa de mantenimiento autónomo y planificado, donde se buscó mejorar las capacidades de operación y mantenimiento por parte del personal de planta, tal como se muestra en la tabla siguiente, donde se plasmas el plan de mejora socializado y aprobado por la organización.

° **Fase de consolidación:** mediante el instrumento “check list de ejecución de procedimientos”, se evaluó el cumplimiento de los estándares de trabajo planteados; esto a partir de la primera semana de marzo hasta la culminación de la investigación.

Tabla 36. Plan de mejora ejecutado

PLAN DE MEJORA

ASOCIACIÓN PROFESIONAL ECOLÓGICA DE MEJORA DE CADENAS PRODUCTIVAS AGROPECUARIAS MONTEVERDE

Responsable: Bach. Cecilia Magaly Mendoza Castillo

Fecha de implementación: 01 de febrero 2022

Metodología: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Área	Acciones de mejora	Tareas	Responsable a cargo	Fechas (inicio - fin)	Recursos necesarios	Método de monitoreo	Meta
Maquinaria y herramientas	Elaborar un plan de mantenimiento y supervisión de maquinas	- Capacitación técnica al personal de planta y administrativo	Especialista Técnico del establo	17/01/2022 24/01/2022	- Pago por servicio de especialista técnico - Equipos y materiales para capacitación - Documentos de gestión elaborados	- Fichas de cumplimiento - Evaluación de personal	- 100% de cumplimiento del plan de mantenimiento - 0 paros de maquina no programados - Mejora de la productividad en el establo lechero - Reducción de rechazos del producto
		- Ejecución de taller para la elaboración del plan de mantenimiento	Dr. Leonel				
Medio ambiente	Identificar y localizar zonas inseguras en el todo el recorrido de la rutina de ordeño Identificar y localizar zonas deterioradas de ordeñadero	- Identificación de zonas inseguras	Presidente Sra. Juana A.	01/01/2022	- Pago por servicios de mejora de instalaciones	- Fichas de cumplimiento de tareas	- 0 reporte de accidentes y disminución de incidentes durante la ejecución del recorrido de la rutina de ordeño
		- Redistribución de ambientes en uso	Tesista Bach. Cecilia M.	31/03/2022	- Documentos de gestión elaborados		- 0 reportes de accidentes y disminución de incidentes durante la ejecución del ordeño
Métodos	Elaborar un protocolo de ordeño acorde a las características del establo – BPO Diseñar un plan de capacitaciones en manejo de ganado vacuno lechero	- Capacitar y concientizar al personal en el adecuado manejo de animales	Especialista Técnico del establo	24/01/2022 31/01/2022	- Pago por servicio de especialista técnico - Equipos y materiales para capacitación - Documentos de gestión elaborados	- Ficha de cumplimiento de protocolos - Evaluación de personal	- Disminuir demoras durante la rutina de ordeño.
		- Elaboración de diagrama de flujo	Dr. Cesar M.				- Acentuación del os caracteres lecheros del hato
		- Socializar y publicar diagramas de flujo					

La propuesta de mejora se planteó a partir del rediseño del diagrama de bloques y el DOP de la rutina de ordeño, en base a las observaciones y diagnóstico realizados.

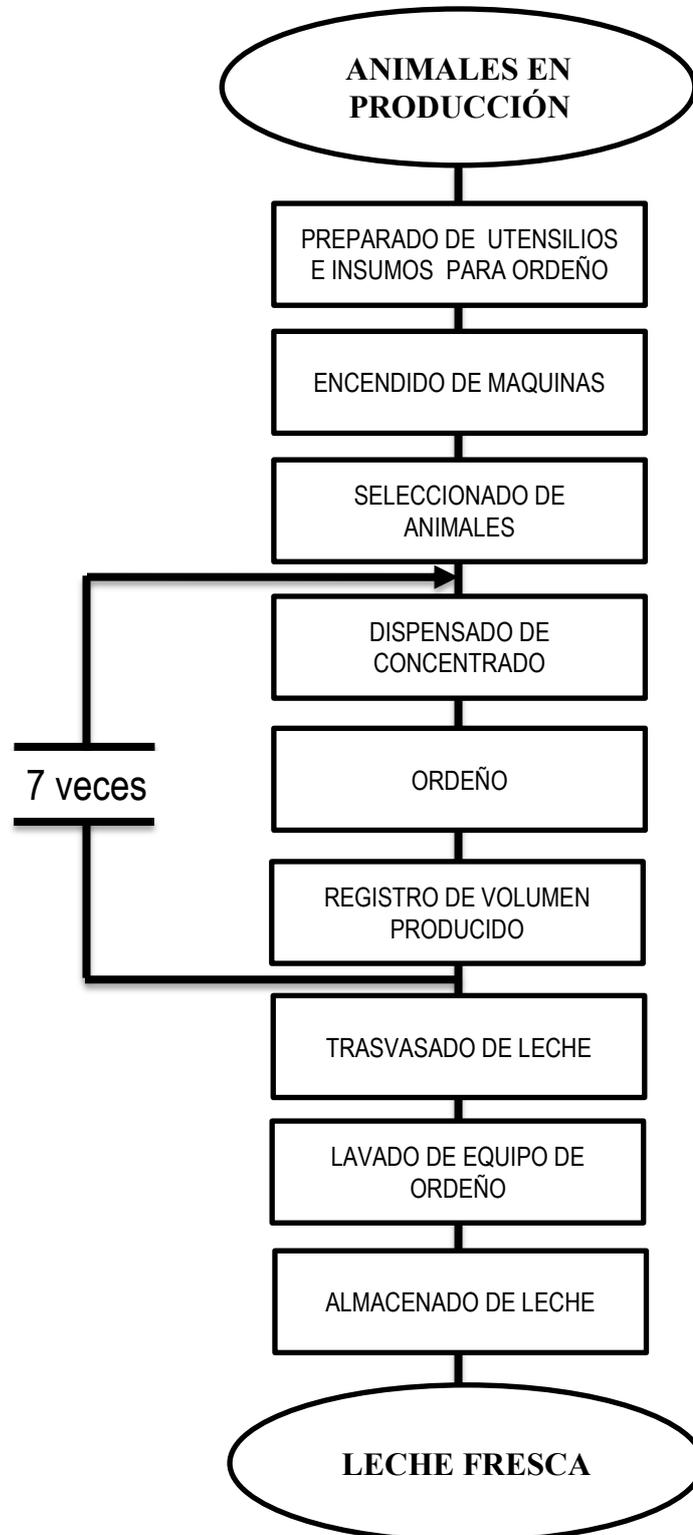


Figura 33. Diagrama de bloques del proceso propuesto de ordeño del establo lechero Monteverde

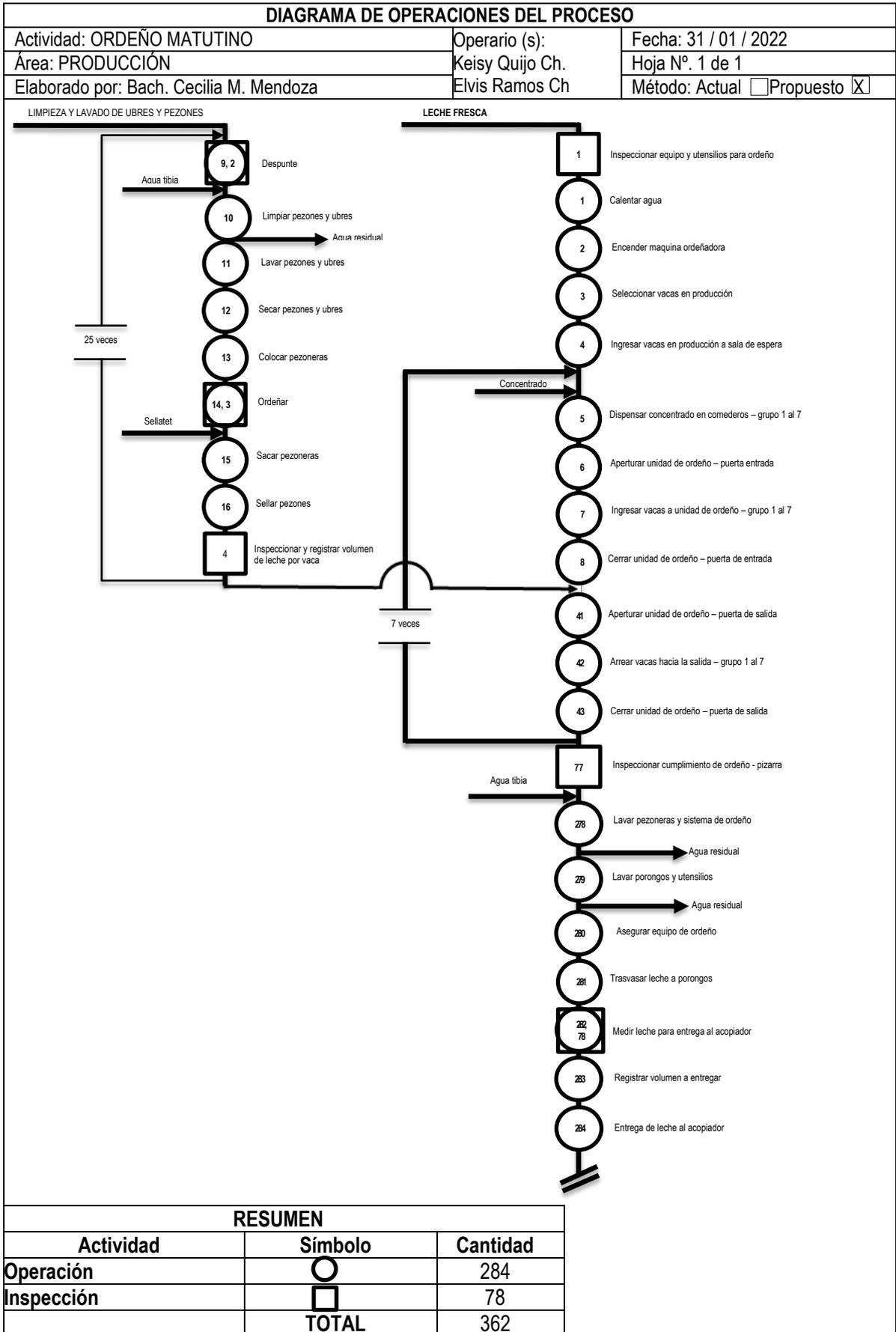


Figura 34. Diagrama de operaciones del proceso propuesto de ordeño del establo lechero Monteverde

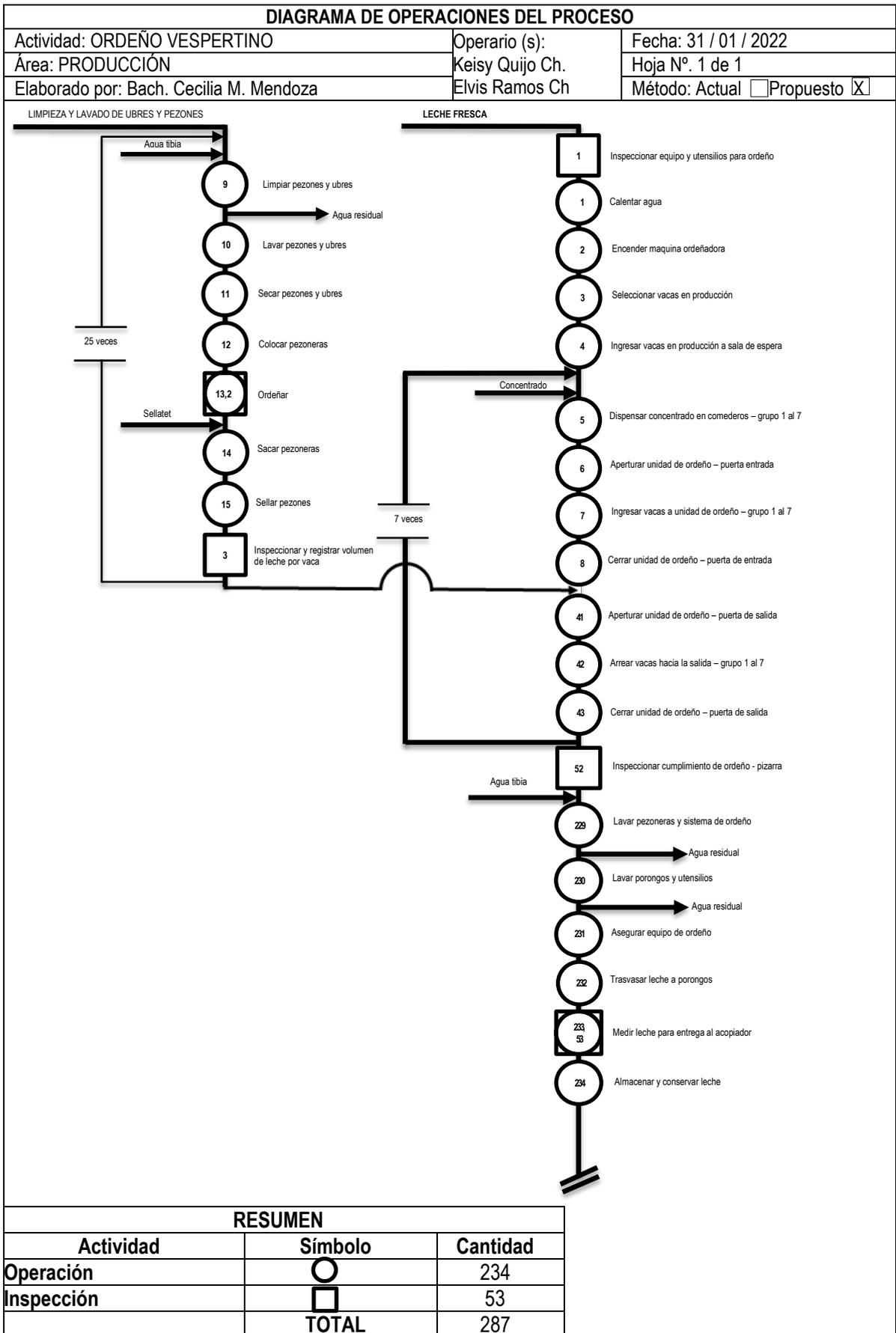


Figura 35. Diagrama de operaciones del proceso propuesto de ordeño del establo lechero Monteverde

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS

Organización: APEM CPA MONTEVERDE
 Proceso: ORDEÑO MATUTINO
 Se inicia en: SALA DE ORDEÑO
 Se termina en: SALA DE ORDEÑO
 Método: DAP - PROPUESTO
 Operarios: Keisy Quijo Ch.
 Elvis Ramos Ch.
 Elaborado por: Bach. Cecilia M. Mendoza
 Fecha: 31 de enero 2022
 Aprobado por: Juana Aranibar Huaquisto
 Hoja número: 1 de 2

RESUMEN

Actividad	Total	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación 	262	60,28	
Transporte 	120		363,35
Demora 	16	25,42	
Almacenamiento 	0	0	
Inspección 	53	13,49	
Operación combinada 	41	32,58	
Total		131,77	363,35

Descripción de actividad							Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
INICIO									
 Inspección de equipo y utensilios						X	1,21		
Traslado del operario por instalaciones		X						9,48	
 Atemperado de agua	X						1		
 Encendido de maquina ordeñadora	X						0,5		
 Seleccionado de animales en producción	X						9,01		
Traslado y arreo de vacas por el personal		X						98,34	
 Ingreso de vacas a sala de espera	X						3,21		
Espera del grupo para el ordeño			X				25,42		
 Dispensado de concentrado	X						3,12		7 grupos
Traslado del personal a sala de ordeño		X						36,23	
Medida de concentrado para cada comedero						X	1,37		
 Apertura de unidad de ordeño	X						1,31		7 grupos
Desplazamiento del personal		X						18,36	
 Arreo de vacas a unidad de ordeño	X						1,16		7 grupos
 Aseguramiento de unidad de ordeño	X						0,37		7 grupos
Traslado del personal por la sala de ordeño		X						12,47	
 Despunte						X	12,07		25 animales
 Limpieza de pezones y ubres	X						15,34		25 animales
Verificación de estado de ubres y pezones						X			
Lavado de ubres y pezones	X								
Secado de ubres y pezones	X								
Desplazamiento por instalaciones		X						56,65	
 Colocado de pezoneras	X						10,23		25 animales
Desplazamiento del personal		X						23,62	
 Ordeño						X	28,61		7grupos
Masajeo de ubres	X								
 Sacar pezoneras	X						1,69		25 animales
Repaso de vacas						X	2,19		25 animales

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS

Organización: APEM CPA MONTEVERDE
 Proceso: ORDEÑO VESPERTINO
 Se inicia en: SALA DE ORDEÑO
 Se termina en: SALA DE ORDEÑO
 Método: DAP - PROPUESTO
 Operarios: Keisy Quijo Ch.
 Elvis Ramos Ch.
 Elaborado por: Bach. Cecilia M. Mendoza
 Fecha: 31 de enero 2022
 Aprobado por: Juana Aranibar Huaquisto
 Hoja número: 1 de 2

RESUMEN

Actividad	Total	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación 	260	68,28	
Transporte 	119		361,2
Demora 	15	23,26	
Almacenamiento 	1	1448,4	
Inspección 	28	0,53	
Operación combinada 	39	27,37	
Total		1560,84	361,2

Descripción de actividad							Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
INICIO									
 Inspección de equipo y utensilios						X	1,21		
Traslado del operario por instalaciones		X						9,48	
 Atemperado de agua	X						1		
 Encendido de maquina ordeñadora	X						0,5		
 Seleccionado de animales en producción	X						9,01		
Traslado y arreo de vacas por el personal		X						98,34	
 Ingreso de vacas a sala de espera	X						3,66		
Espera del grupo para el ordeño			X				25,42		
 Dispensado de concentrado	X						3,12		7 grupos
Traslado del personal a sala de ordeño		X						36,23	
Medida de concentrado para cada comedero						X	1,12		
 Apertura de unidad de ordeño	X						1,31		7 grupos
Desplazamiento del personal		X						18,36	
 Arreo de vacas a unidad de ordeño	X						1,16		7 grupos
 Aseguramiento de unidad de ordeño	X						0,37		7 grupos
Traslado del personal por la sala de ordeño		X						12,47	
 Limpieza de pezones y ubres	X						15,34		25 animales
Verificación de estado de ubres y pezones						X			
Lavado de ubres y pezones	X								
Secado de ubres y pezones	X								
Desplazamiento por instalaciones		X						56,65	
 Colocado de pezoneras	X						10,23		25 animales
Desplazamiento del personal		X						23,62	
 Ordeño						X	28,61		7 grupos
Masajeo de ubres	X								
 Sacar pezoneras	X						1,69		25 animales
Repaso de vacas						X	2,19		
 Sellar pezones	X						1,21		25 animales
Desplazamiento del personal		X						27,02	

Seguidamente se consigna el número de paros y fallas registrados por el investigador en el periodo de post-test y puesta en marcha de la propuesta de mejora del TPM.

Tabla 37. Paros, fallas y tiempo de reparación de equipo de ordeño – post test

	Fallas	Tiempo total de reparación (horas)	Tiempo total de trabajo (horas/año)
Febrero	0	0	122,64
Marzo	0	0	135,78

Tabla 38. Producción de leche mensual en el año 2022 (litros)

AÑO	Febrero	Marzo	TOTAL
2022	8903	10921	27586

Post-test de la variable dependiente

º Eficiencia:

Tabla 39. Eficiencia de la máquina ordeñadora (post-test)

	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	EFICIENCIA
FEBRERO	100,00%	44,94%	97,43%	43,78%
MARZO	100,00%	49,79%	98,45%	49,02%

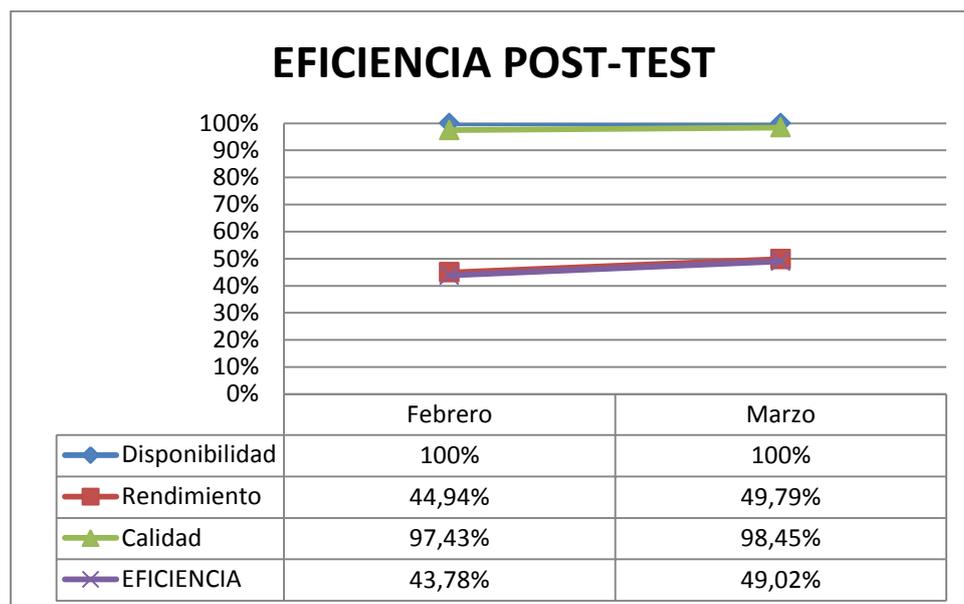


Figura 38. Disponibilidad de máquinas

° Eficacia:

Tabla 40. Eficacia de la máquina ordeñadora (post-test)

	PRODUCCIÓN DE LECHE MENSUAL	PRODUCCIÓN DE LECHE PROGRAMADA	EFICIENCIA
FEBRERO	8903	11798	75,46%
MARZO	10921	13062	83,61%

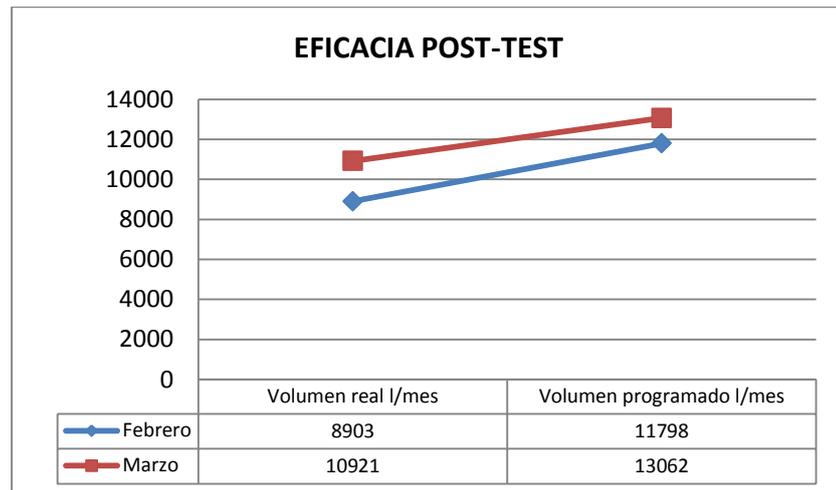


Figura 39. Eficacia post - test

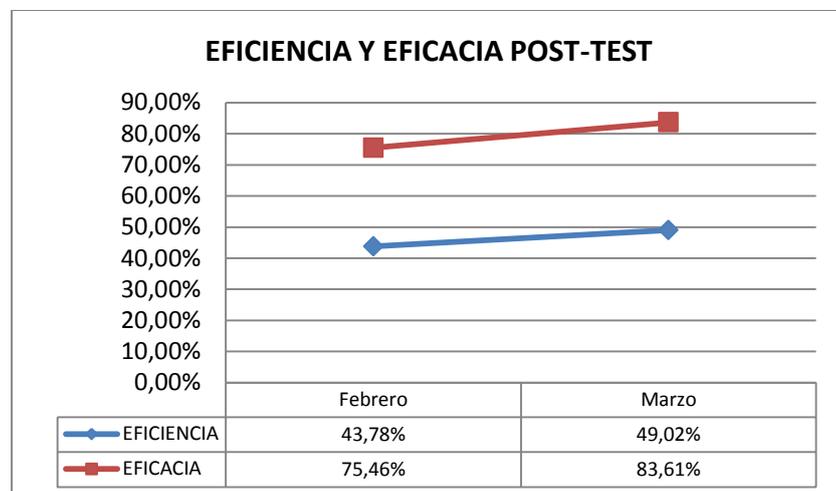


Figura 40. Avance de la eficiencia y eficacia de la productividad

En la figura 39 el avance de la eficacia en las etapas del post-test, lo cual lleva a la comparación entre eficiencia y eficacia, que avanzan paralelamente y en ascenso, después de la implementación del plan de mejora TPM.

Post-test de la variable independiente

Se observa a continuación el registro de inspecciones y mantenimientos planificados y ejecutados en la etapa del pos test y puesta en marcha de la propuesta de mejora TPM (febrero y marzo).

Tabla 41. *Inspecciones y Mantenimientos planificados y ejecutados a la máquina ordeñadora – post test*

Inspecciones Planificadas													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
2022	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Inspecciones Ejecutadas													
2022	2	38	31	P	P	P	P	P	P	P	P	P	71
Mantenimientos Planificados													
2022	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	26
Mantenimientos Ejecutados													
2022	1	2	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	5

P: mantenimientos pendientes

° Mantenimiento autónomo (MA)

Tabla 42. *Mantenimiento autónomo programado y realizado en el primer trimestre 2022*

Año	Supervisiones realizadas	Supervisiones programadas	Cumplimiento MA
Febrero	28	28	100%
Marzo	31	31	100%

° Mantenimiento planificado (MP)

Tabla 43. *Mantenimiento preventivo programado y realizado en el primer trimestre 2022*

Año	Mantenimientos realizados	Mantenimientos planificados	Cumplimiento MP
Febrero	2	2	100%*
Marzo	2	2	100%*

Información adicional de la investigación

° **Registro de incidentes/accidentes:** En los meses de febrero y marzo, del 2022; donde se mantuvo la ejecución del proyecto de investigación, el personal de planta reportó la ocurrencia de algunos incidentes que se muestran en la tabla, pero que a comparación del mes de enero; son significativamente en menor cantidad.

Tabla 45. Perfil de accidentabilidad en el establo lechero Monteverde – rutina de ordeño 2022

Riesgos	Operación	Actividad	Alteraciones	Número de casos			
				ene	feb	mar	Total
Cortes y pinchazos	Mantenimiento de máquinas	Uso de herramientas de trabajo	Heridas en manos	4	2	0	6
		Traslado de animales	Traumatismos en pies y manos	6	1	0	7
Atrapamientos y aplastamientos	Ordeño	Colocación de pezoneras	Traumatismos en manos y cabeza	3	0	0	3
		Arreglo de jáquimas	Traumatismos en pies y manos	12	5	3	20
		Ordeño de terneras primerizas	Traumatismos en manos y cabeza	87	12	9	108
Incendio y explosión	Preparación de equipos	Cambio de balón de gas	Quemaduras	0	0	0	0
		Encendido de cocina	Quemaduras	0	0	0	0
Contactos eléctricos	Ordeño	Encendido de máquina	Electrocución	1	0	0	1
		Cambio de fuente de energía	Electrocución	0	0	0	0
Caídas a desnivel	Trasvase de leche a porongos	Desplazamiento por ordeñadero	Traumatismos y lesiones	0	0	0	0
Caídas al mismo nivel	Ordeño	Desplazamiento por ordeñadero	Traumatismos y lesiones	0	0	0	0
	Selección de animales	Desplazamiento por establo	Traumatismos y lesiones	5	0	0	5
Contactos térmicos	Preparación de equipos	Atemperado de agua	Quemaduras	0	0	0	0
Accidentes causados por animales	Ordeño	Ingreso, salida y ordeño	Embestidas, empujones,	2	0	0	2
Exposición a agentes biológicos	Ordeño	Contacto directo con animales	Zoonosis y alergias	0	0	0	0
Exposición a agentes químicos	Limpieza de utensilios	Lavado de porongos y maquinaria	Intoxicaciones y alergias	0	0	0	0
Carga física	Dispensado de concentrado	Manipulación de cargas pesadas	Lesiones de espalda	9	4	3	16
	Ordeño	Movimientos repetitivos	Lesiones en espalda y cuello	28	9	8	45
TOTAL				157	33	23	

Examen de salida: Se aplicó la misma prueba inicial a todo el personal que bien laborando en el establo, considerando que a dos de ellos, se les fue designada otras labores en otras áreas.

Tabla 46. *Evaluación de conocimientos del personal (post-test)*

Operario	Manejo de ganado lechero (10)*	Protocolo de ordeño (10)*	Funcionamiento de ordeñadora (10)*
Kevin Quijo Chambilla	10	08	10
Keisy Quijo Chambilla	08	10	10
Elvis Ramos Chambilla	10	10	08
Jaime Espinoza Ramos	06	10	06

* Puntaje máximo de 10.

3.1. Métodos de análisis de datos

Análisis descriptivo: Busca cuantificar y categorizar los datos del estudio para contrastar las frecuencias de las categorías para que puedan ser analizadas (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTA (2014, p. 576). Este análisis se realizó en Excel y los gráficos que permitieron ilustrar el comportamiento de los datos recabados.

Análisis inferencial: O de significancia estadística para contraste de hipótesis (ACOLTZIN, 2014, p. 130). Se optó por realizar una regresión polinomial, que es una forma de regresión lineal en la que se analiza la relación entre la variable independiente y dependiente con el objetivo de modelarla como un polinomio de grado n en x, esto permitió realizar un pronóstico de la producción de leche para el 2022. Así mismo se recurrió a la prueba de normalidad de datos para comprobar la distribución normal de los mismos (Prueba de Kolmogorov-Smirnov) y posteriormente se hizo una prueba T que permitió evaluar las medias entre dos grupos mediante las pruebas de hipótesis (datos de distribución normal).

3.2. Aspectos éticos

Según PACO & VARGAS (2017, p. 63), la ética profesional, abarca los valores inherentes al ejercicio de determinada profesión y la relación del profesional con la sociedad; con un objetivo, “el bien común”. Ésta investigación estará parametrada dentro de todos los aspectos lógicos de la ética y la moral, respetando toda forma de vida en la búsqueda del bien común y la verdad. Todos los involucrados y mencionados en el documento, se responsabilizaron en brindar datos reales y verídicos, de los cuales el investigador puede dar fe. La identidad de los participantes no es confidencial, por lo que en cualquier momento pueden ser consultados, ya que la administración de la empresa no expresa inconveniente con ello.

IV. RESULTADOS

Para el análisis y evaluación de los datos recabados, fue necesario pronosticar el comportamiento de la producción de leche en el establo hasta diciembre del 2022, para realizar las comparaciones respectivas.

En esa línea, se sabe que en estadística, la regresión polinomial es una forma de regresión lineal en la que la relación entre la variable independiente x y la variable dependiente, es modelada como un polinomio de grado n en x ; a decir de los datos obtenidos por los registros históricos de la producción y aquellos tomados en la investigación, tienen un comportamiento de forma polinomial, donde $R^2 = 0.645$, el cual equivale a un 64.5%; con ello se puede establecer que la producción tiene un comportamiento polinomial y es posible realizar un pronóstico de la producción de los meses siguientes (figura siguiente).

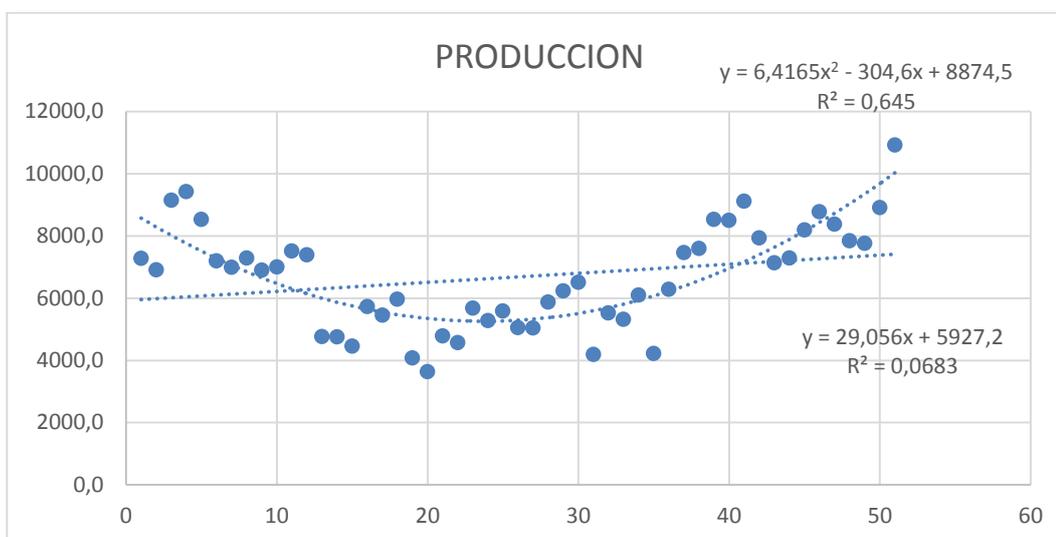


Figura 41. Regresión polinomial de los datos de la producción de leche en el establo lechero Monteverde de abril a diciembre 2022

El pronóstico del comportamiento de la producción permitió realizar un análisis de todas las variables planteadas por la investigación, de forma anual, lo cual permitió tener una mejor visión de las mejoras ejecutadas en los meses de implementación del TPM en la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde.

Tabla 47. Pronóstico de la producción de leche (abril – diciembre 2022)

Mes	PRODUCCIÓN	MES	AÑO	PRONÓSTICO
1	7278,0	1	2018	8.576
2	6902,0	2	2018	8.291
3	9146,0	3	2018	8.018
4	9420,0	4	2018	7.759
5	8525,0	5	2018	7.512
6	7188,0	6	2018	7.278
7	6992,0	7	2018	7.057
8	7285,0	8	2018	6.848
9	6900,0	9	2018	6.653
10	7000,0	10	2018	6.470
11	7507,0	11	2018	6.300
12	7390,0	12	2018	6.143
13	4758,0	1	2019	5.999
14	4752,0	2	2019	5.868
15	4456,0	3	2019	5.749
16	5722,0	4	2019	5.644
17	5453,0	5	2019	5.551
18	5960,0	6	2019	5.471
19	4072,0	7	2019	5.403
20	3635,0	8	2019	5.349
21	4781,0	9	2019	5.308
22	4565,0	10	2019	5.279
23	5674,0	11	2019	5.263
24	5274,0	12	2019	5.260
25	5577,0	1	2020	5.270
26	5043,0	2	2020	5.292
27	5036,0	3	2020	5.328
28	5871,0	4	2020	5.376
29	6233,0	5	2020	5.437
30	6504,0	6	2020	5.511
31	4187,0	7	2020	5.598
32	5524,0	8	2020	5.698
33	5313,0	9	2020	5.810
34	6090,0	10	2020	5.936
35	4219,0	11	2020	6.074
36	6278,0	12	2020	6.225
37	7464,0	1	2021	6.388
38	7596,0	2	2021	6.565
39	8525,0	3	2021	6.755
40	8496,0	4	2021	6.957
41	9115,0	5	2021	7.172
42	7931,0	6	2021	7.400
43	7127,0	7	2021	7.641
44	7285,0	8	2021	7.894
45	8192,0	9	2021	8.161
46	8775,0	10	2021	8.440
47	8378,0	11	2021	8.732
48	7837,0	12	2021	9.037
49	7762,0	1	2022	9.355
50	8903,0	2	2022	9.686
51	10921,0	3	2022	10.029
52		4	2022	10.386 *
53		5	2022	10.755 *
54		6	2022	11.137 *
55		7	2022	11.531 *
56		8	2022	11.939 *
57		9	2022	12.360 *
58		10	2022	12.793 *
59		11	2022	13.239 *
60		12	2022	13.698 *

* Pronostico de la producción de los meses restantes del año 2022

ANÁLISIS INFERENCIAL – HIPÓTESIS GENERAL

° Hipótesis nula (Ho)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) no mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022;

° Hipótesis alterna (Hi)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022;

Para contrastar la hipótesis general, se evaluó los valores correspondientes a la productividad (Pre y Post Test), para conocer el comportamiento de los 60 datos recabados, la evaluación de la normalidad se hizo mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

$H_0: X_i = N(\mu, \sigma^2)$ – los datos siguen una distribución normal con una media y varianza conocida

$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$ – los datos no se ajustan a la distribución normal

Tabla 48. *Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (KS) - Productividad*

Promedio de datos	Desviación estándar	KSc (valor calculado)	KSt (valor tablas, α 0,05)
0,24668853	0,21118221	0,16385521	0,172

p-value >0,1

El valor de tablas (error máximo permitido) es mayor al valor calculado (error máximo calculado o kolmogorov Smirnov calculado), por ende no se rechaza la hipótesis nula H_0 , con lo que se concluye que los datos tienen una distribución normal. Con ello se procedió a analizar las medias y la aplicación de la prueba T.

Tabla 49. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales 2018.

	Año 2021	Año 2018
Media	8060,08333	7627,75
Varianza	387010,447	789197,295
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	588103,871	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	1,38091621	
P(T<=t) una cola	0,09058641	
Valor crítico de t (una cola)	1,71714437	
P(T<=t) dos colas	0,18117282	
Valor crítico de t (dos colas)	2,07387307	

Tabla 50. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales 2021

	Año 2022	Año 2021
Media	11285,1988	8060,08333
Varianza	2989709,59	387010,447
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	1688360,02	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	6,0797871	
P(T<=t) una cola	0,0000020	
Valor crítico de t (una cola)	1,7171444	
P(T<=t) dos colas	0,0000040	
Valor crítico de t (dos colas)	2,0738731	

En las tablas se observa que si existe diferencia en la implementación del TPM, ya que los promedios varían de mayor (2022) a menor (2018); así mismo la media de los datos van desde 11285,20; 8060,08 y 7627,75 (para el 2022, 2021 y 2018 respectivamente), esto según tabla, demuestra que la productividad será significativamente mejor en el año 2022. Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna (Hi), donde se afirma que la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022.

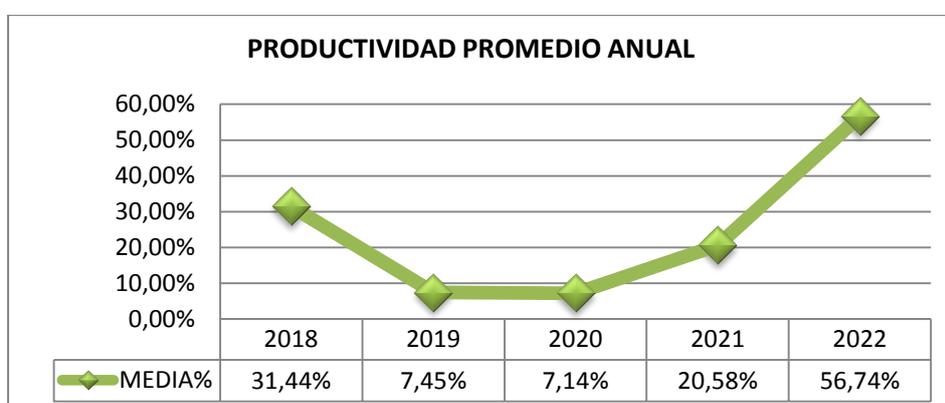


Figura 42. Media de la productividad de leche en el establo lechero Monteverde

ANÁLISIS INFERENCIAL – HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

° Hipótesis nula (Ho)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022

° Hipótesis alterna (Hi)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022

Para contrastar la hipótesis específica 1, se evaluó los valores correspondientes a la eficiencia (Pre Test y Post Test), para conocer el comportamiento de los 60 datos recabados (del año 2018 al 2022), la evaluación de la normalidad se hizo mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

$H_0: X_i = N(\mu, \sigma^2)$ – los datos siguen una distribución normal con una media y varianza conocida

$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$ – los datos no se ajustan a la distribución normal

Tabla 51. *Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (KS) - Eficiencia*

Promedio de datos	Desviación estándar	KSc (valor calculado)	KSt (valor tablas, α 0,05)
0,29396905	0,1793485	0,1362715	0,172

N=60

p-value >0,1

El valor de tablas (error máximo permitido) es mayor al valor calculado (error máximo calculado o kolmogorov Smirnov calculado), por ende no se rechaza la hipótesis nula H_0 , con lo que se concluye que los datos tienen una distribución normal. Con ello se procedió a analizar las medias y la aplicación de la prueba T.

Tabla 52. Prueba t para dos muestras (2018 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficiencia

	Año 2018	Año 2022
Estadístico t	5,1273457	
P(T<=t) una cola	0,000164836	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
α	0,05	

Tabla 53. Prueba t para dos muestras (2021 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficiencia

	Año 2021	Año 2022
Estadístico t	7,7519016	
P(T<=t) una cola	0,000004401	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
α	0,05	

Respecto de las tablas presentadas, se decide no se debe aceptar la hipótesis nula, debido a que la diferencia promedio de los porcentajes de eficiencia registrados, es mayor a cero; lo que quiere decir que hay diferencia significativa en cuanto a los promedios de las eficiencias registradas en la rutina de ordeño en el 2018, 2021 y el 2022.

Cabe aclarar que se están comparando los datos de la eficiencia registrada en los años 2018, 2021 y 2022 (año de aplicación del TPM), debido a que en el año 2019 y 2020 ocurrieron sucesos que no permitieron un funcionamiento normal del establo como es el caso del COVID 19.

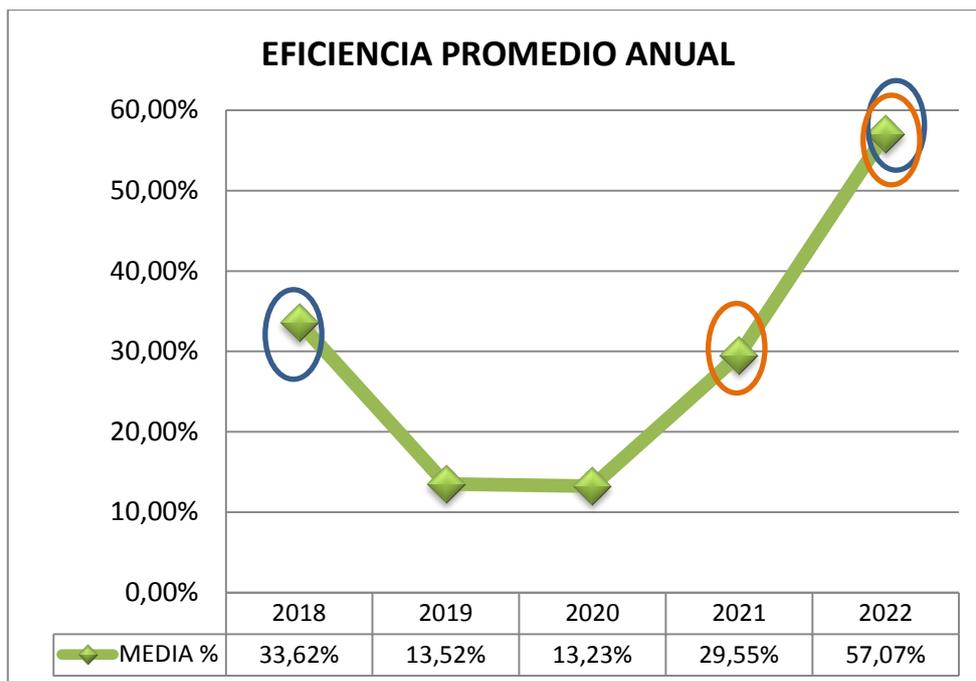


Figura 43. Promedio anual de la Eficiencia a partir del 2018 y la proyección de los meses restantes después de marzo 2022

Al existir una marcada diferencia en cuanto a los promedios registrados de la eficiencia de la rutina de ordeño entre los años 2018, 2021 y 2022; el investigador decide rechazar la hipótesis nula (H_0 – la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022), y aceptar la hipótesis alterna (H_1), donde se afirma que la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde.

Con ello, se concluye en que los valores registrados para la eficiencia de la rutina de ordeño en los años 2018 y 2021, en comparación con el año 2022, tienen una diferencia significativa, donde la eficiencia en los dos últimos meses del año 2022 (aplicación del TPM) ha mejorado sustancialmente frente al primer mes de estudio, y se pronostica se mantendrá en la misma tendencia hasta fin de año, considerando se siga aplicando la metodología del manteniendo productivo total.

ANÁLISIS INFERENCIAL – HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

° Hipótesis nula (Ho)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) no mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022.

° Hipótesis alterna (Hi)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022.

Para contrastar la hipótesis específica 2, se evaluó los valores correspondientes a la eficacia (Pre Test y Post Test), para conocer el comportamiento de los 60 datos recabados (del año 2018 al 2022), la evaluación de la normalidad se hizo mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

$H_0: X_i = N(\mu, \sigma^2)$ – los datos siguen una distribución normal con una media y varianza conocida

$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$ – los datos no se ajustan a la distribución normal

Tabla 54. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (KS) - Eficacia

Promedio de datos	Desviación estándar	KSc (valor calculado)	KSt (valor tablas, α 0,05)
0,72397624	0,2221756	0,1190088	0,172

N=60

p-value >0,1

El valor de tablas (error máximo permitido) es mayor al valor calculado (error máximo calculado o kolmogorov Smirnov calculado), por ende no se rechaza la hipótesis nula H_0 , con lo que se concluye que los datos tienen una distribución normal. Con ello se procedió a analizar las medias y la aplicación de la prueba T.

Tabla 55. Prueba t para dos muestras (2018 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficacia

	Año 2018	Año 2022
Estadístico t	0,7347093	
P(T<=t) una cola	0,238943688	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
α	0,05	

Respecto de la tabla anterior, se observa un caso especial, donde no hay mayor diferencia entre los promedios registrados respecto de la eficacia en los años 2018 y 2022, por ende se puede afirmar que en esos años la eficacia de la rutina de ordeño estuvo en condiciones similares.

Tabla 56. Prueba t para dos muestras (2021 y 2022) suponiendo varianzas iguales – Eficacia

	Año 2021	Año 2022
Estadístico t	5,38388077	
P(T<=t) una cola	0,000111032	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
α	0,05	

Respecto esta última tabla, se decidió no aceptar la hipótesis nula, debido a que la diferencia promedio de los porcentajes de eficacia registrados, es mayor a cero; lo que quiere decir que hay diferencia significativa en cuanto a los promedios de las eficacias registradas en la rutina de ordeño en el 2021 y el 2022, considerando como ya se mencionó que en los años 2019 y 2020 ocurrieron sucesos que no permitieron un funcionamiento normal del estable.

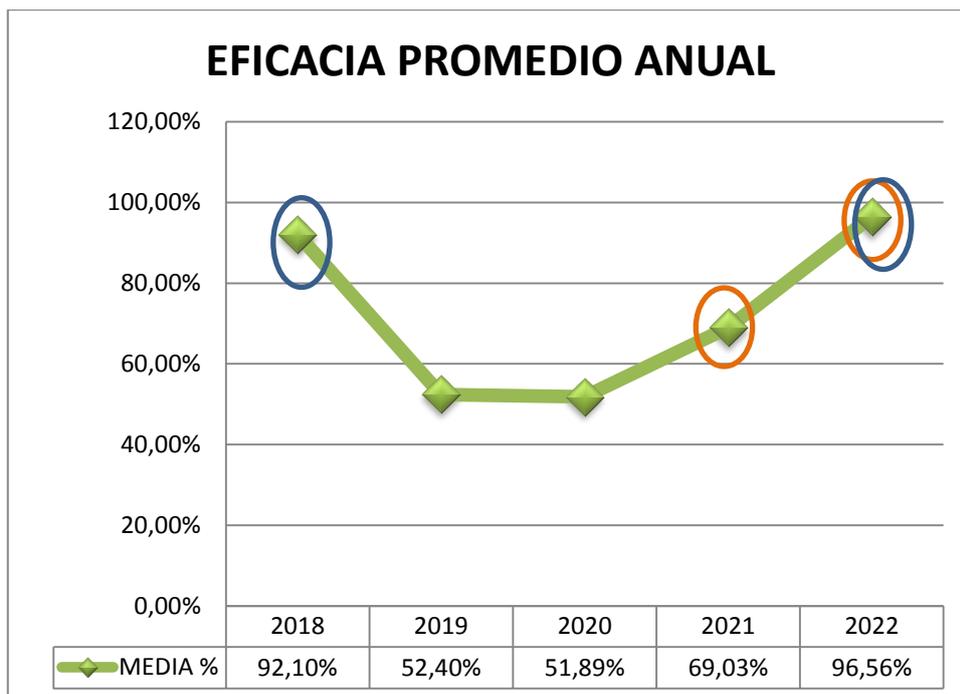


Figura 44 . Promedio anual de la Eficacia a partir del 2018 y la proyección de los meses restantes después de marzo 2022

En la comparación (estadístico T) se puede apreciar que no hay mayor diferencia en cuanto a la eficacia registrada en los años 2018 y 2020, pero en cuanto a la comparación de los años 2021 y 2022 si se registra una marcada diferencia en cuanto a los promedios de la eficacia de la rutina de ordeño. Por lo tanto, para la decisión se decide tomar como base al año 2021, por ser el más próximo al estudio, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alterna (H_1), donde se afirma que la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde.

Con ello, se concluye en que los valores registrados para la eficacia de la rutina de ordeño en el año 2021, en comparación con el año 2022, tienen una diferencia significativa, donde la eficacia en los dos últimos meses del año 2022 (aplicación del TPM) ha mejorado sustancialmente frente al primer mes de estudio, y se pronostica se mantendrá en la misma tendencia hasta fin de año, considerando se siga aplicando la metodología del manteniendo productivo total.

V. DISCUSIÓN

Respecto del objetivo general del estudio, se logró demostrar que la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde. Este incremento se dio a partir de un 31,44% (año 2018) y 20,58% (año 2021) a un 56,74% para el año 2022 (promedio de datos proyectados); año en el que se empezó la aplicación de TPM. Si bien es cierto se trata de un porcentaje relativamente bajo, los pronósticos son buenos para la organización, ya que significaría para fin de año incrementar la productividad en un 36,15% respecto del año anterior. En relación a ello, NAVARRO (2021) en su tesis “TPM para mejorar la productividad de una empresa de leche evaporada”, llegó a obtener un incremento del 72,5% y MANTILLA & PEREYRA (2018) en su “Propuesta de TPM para el incremento de la productividad en una empresa de servicios Industriales” logró elevar la productividad hasta en un 96,4%; esto significaría que las posibilidades de generar mayores mejoras e incrementos en la productividad son reales y plasmables. Por otro lado, Está claro que estos altos resultados después de la implementación del TPM dentro de un proceso van a ser muy variables debido no solo a la diferencia de la industrias en donde se aplican sino, los otros factores que condicionan las mejoras de la productividad; es así que se menciona a MORILLO (2018) y APONTE (2017), quienes lograron un incremento del 18% en la productividad del proceso de producción de lejía y la línea fabricación de transformadores respectivamente, por otro lado se menciona a CÁRDENAS & NÚÑEZ (2021), en su tesis de “Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad de un parque eólico” logró mejoras en un 8%. Estos tres últimos investigadores mencionados, ejecutaron sus investigaciones en procesos donde implica la intervención de diferentes factores, los cuales determinarían los bajos porcentajes de mejora en la productividad, al igual que en la investigación presentada, la misma que depende de factores no solamente externos de producción, sino de factores biológicos, fisiológicos y medioambientales.

En cuanto al primer objetivo específico planteado, se logró demostrar que la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, ya que se logró incrementar el porcentaje promedio de eficiencia anual, de 33,62% en el 2018 y 29,55% en el 2021 a 57,07% para el 2022 (datos pronosticados); ello significaría que para fin de año se incrementaría la eficiencia un 27,52% respecto del año anterior. Esta dimensión del estudio, “la eficiencia”, depende de factores de la producción muy importantes, como: la disponibilidad, rendimiento y calidad. Respecto de la DISPONIBILIDAD, se pronostica que para el 2022 se logrará una disponibilidad de máquinas durante el ordeño del 97,61%, mejorando así la disponibilidad en un 14,64% respecto del año 2021. Así mismo el RENDIMIENTO llegará hasta un 58,32% (incremento de 20,85%) y finalmente la calidad del producto alcanzará un 98,70% (mínimo de rechazos por parte del acopiador). Finalmente la eficiencia promedio de los equipos alcanzará un 57,07% al término del año 2022, porcentaje que supera largamente la eficiencia en los últimos cuatro años de trabajo en la organización. A ello LÓPEZ (2021) en su investigación logró elevar la disponibilidad de equipos en 6 horas y el rendimiento en 65%. Por su parte DUQUE & ECHEVERRI (2018) en su sistema de mantenimiento autónomo para un área de recurtición, lograron una mejora teórica de casi el 70% en la continuidad del flujo de producción, garantizando la disponibilidad de máquinas en la misma proporción. Por su parte VÁSQUEZ (2015) en la implementación del plan de mantenimiento preventivo de la planta de líquidos y polvos, logró disminuir los costos en cuanto mantenimiento de máquinas; lo cual en la presente investigación se recomienda calcular, ya que los mantenimientos están recomendados cada 15 días y el pago de los técnicos es elevado, y con la implementación del TPM, el mantenimiento y supervisiones vienen siendo ejecutados por los operarios, quienes ahora lo realizan como parte de su trabajo diario. Así mismo GARCÍA (2015) aumento del valor del OEE de 76.9% (inicial) a 83.9% (posterior a la implementación de las filosofías y herramientas de calidad propuestas). Además ROJAS (2011) en su investigación, elevó el valor del OEE de 76.9% a 83.9%, garantizando la eficiencia de las

máquinas. WYREBSKI (1997), logró reducir el promedio de intervenciones para reparaciones de 224 a 188. CÁRDENAS & NÚÑEZ (2021), en su tesis “Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad del Parque Eólico Wayra” logró mejorar de manera significativa: la prevención de falencias de los equipos, los cuales pasaron de 72.80% a 92.70%; el cumplimiento del Plan de Mantenimiento de 66.35% a 90.94%. Finalmente, es clara la tendencia de las investigaciones que implementan las mejoras planteadas por el TPM, las mismas que superan las expectativas de mejora de la eficiencia de los equipos en las organizaciones, los mismos que al contar con mantenimiento permanente y periódico, reducen tiempos muertos y gastos extra en reparaciones.

Por último, considerando que con la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) se logró mejorar la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022; en un 43,59% respecto del año anterior; en la misma línea GORMAS (2019), menciona que con la implementación del TPM en una línea de producción de una empresa Molinera, logró un incremento en la eficacia del 31.2 %. Por su parte CHUNG (2015) mostró resultados significativos en la reducción de pérdidas por escaneo (-72,7%) y reprocesamiento (-34%), procesos que repercutían negativamente en el logro de metas. Por su parte MANSILLA (2011) en su investigación menciona que el reprocesamiento se redujo entre 48% y 100%, en la fabricación de gomas de mascar, asegurando el cumplimiento de las metas de producción de la empresa. Como está comprobado, la eficacia va a depender del comportamiento de otros indicadores, los mismos que al ser intervenidos con la metodología del TPM generan un cambio, conduciendo así a la mejora de procesos, haciéndolos productivos y por ende rentables. Cabe resaltar que en la investigación que se presenta, la eficacia en el año 2018 no difiere significativamente con los promedios esperados para el 2022, a lo cual es necesario aclarar que en el 2018 se inició con el uso de la máquina de cuatro bajadas, y se llevó un control estricto del mantenimiento pero a altos costos, debido a que quincenalmente se hacían pagos a los técnicos.

VI. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el objetivo general de la investigación fue: *Determinar cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022;* se concluye en base a los análisis cuantitativos que la implementación del TPM en la ejecución diaria de la rutina de ordeño del establo lechero Monteverde, mejora la productividad en un 36,15%, esto respecto de los promedios anuales registrados en los últimos cuatro años y la proyección de la producción para el año 2022.

Así mismo se buscó *Definir cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022;* donde a partir de la evaluación de la disponibilidad de máquinas para el ordeño, el rendimiento de las mismas en el doble ordeño diario y la calidad del producto final (leche fresca) se obtuvo que la eficiencia de la rutina de ordeño mejorará en un 27,52%, respecto de la eficiencia del último año 2021, alcanzando al final del 2022 un total de 57,07%. Cabe resaltar en este punto que el porcentaje más bajo de análisis se centró en el rendimiento de la máquina, el cual no puede ser superado, sino se aplica un nuevo manejo para los animales, considerando aumentar un ordeño más al día.

Finalmente, al *definir cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022;* se obtuvo que la eficacia mejora en 43,59% cuando el TPM se implementa dentro del proceso de obtención de leche fresca, lo cual depende mucho del comportamiento de los otros factores de estudio mencionados en párrafos anteriores (eficiencia). Esto claramente se deduce al observar la mínima diferencia entre promedios de eficacia registrada en el 2018 y el 2022, donde las condiciones de funcionamiento de máquinas fueron similares, pero los promedios registrados de la eficiencia mostraron grandes diferencias.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda incidir en temas de costos en establos lecheros, ya que la investigación se centró solamente en la mejora de la eficiencia en base al funcionamiento y disponibilidad de máquinas y la eficacia en base a la producción real y programada de producción de leche. Considerando que en la fase de diagnóstico se encontró a cuatro operarios realizando la rutina de ordeño y a la fecha solo la ejecutan dos.

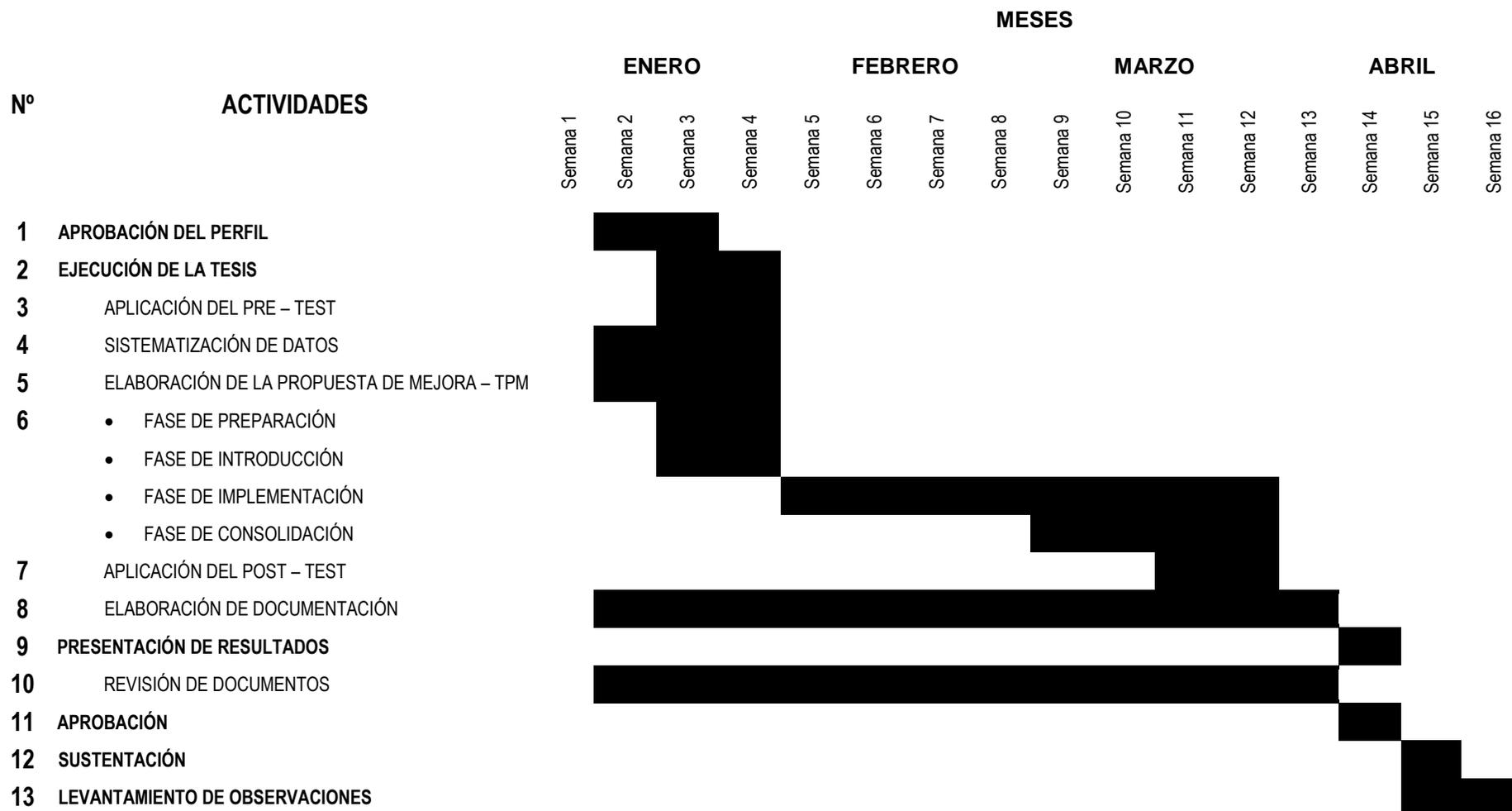
Se recomienda dar mayor énfasis al estudio de la implementación del TPM en la seguridad y salud de los trabajadores en establos lecheros, ya que como se ha podido observar, los registros pasan desapercibidos. Considerando que la implementación de TPM logró reducir el número de incidentes en la presente investigación.

Se recomienda también, ejecutar un estudio de tiempos y movimientos referentes a las técnicas de ordeño mecánico (colocado y retiro de pezoneras), ya que por lo observado, la manipulación y demoras en el proceso, repercuten en la producción de leche de las vacas en producción, así como en su comportamiento al momento del ordeño.

Finalmente se recomienda hacer un estudio más prolongado (anual) para tener datos reales y no solamente proyectados de los resultados de la implementación del TPM, considerando el comportamiento de los datos en cada tipo y giro de empresa.

Cronograma de ejecución del proyect

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA RUTINA DE ORDEÑO DEL ESTABLO LECHERO MONTEVERDE, VILQUE, PUNO, 2022



REFERENCIAS

- ACOLTZIN** Vidal, Cuauhtémoc. Estadística descriptiva y selección de la prueba. *Rev. Mex. Cardiol* [online]. 2014, vol.25, n.2 [citado 2022-01-17], pp.129-131. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982014000200009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0188-2198.
- APONTE** Trujillo, Gilber L. Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad de la línea fabricación de transformadores en la empresa BHM Industrial E.I.R.L., Carabayllo-2017. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad César Vallejo. 2017. 143 pp.
- AROCHE** Reyes, Fidel. Estudio de la productividad y de la evolución económica en América del Norte. Una perspectiva estructural. *Estad. Econ.* (México, D.F.) [online]. 2018, vol.33, n.1 [citado 2022-01-13], pp.151-191. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018672022018000100151&lng=es&nrm=iso> ISSN 0186-7202.
- BERNAL**, César. Metodología de la Investigación. Tercera. Ed. Colombia, Pearson, 2010. pág.322. ISBN-978-958-699-128-5.
- BUSTAMANTE** Rico, Marisella M. & **RODRÍGUEZ** Balcázar, Ruth K. Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la empresa kuri néctar Sac, 2017. Tesis (Ingeniero Industrial). Chiclayo – Perú: Universidad Señor de Sipán. 2018. 105 pp.
- CÁCERES** Roa, Ober A. & **GAMEZ** Puchuri Jeanpierre J. Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado, empresa JCB estructuras S.A.C., 2019. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Ricardo Palma. 2019. pág. 142.
- CÁRDENAS** Molina, Antonio. & **NUÑEZ** Chávez, Juan C. Aplicación de la estrategia del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad del parque eólico Wayra, Nazca – Perú, 2021. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo. 2021. pág. 82.
- CARVALLO**, “Factores del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y su importancia en la productividad”: una revisión de la literatura científica. Trabajo de investigación para optar al grado de: Bachiller en Ingeniería Industrial. Lima – Perú. Universidad Privada del Norte. 2018. 35 pp.
- CHUNG**, Paulo. Estudo de caso de implantação da manutenção produtiva total na linha de biscoitos recheados Da Vitarella. Tesis (Maestro). Recife - Brasil: Universidade Federal De Pernambuco. 2012. pág. 157.

- CONDEZO** López, Gustavo. Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa COSAPI Lima 2019. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima - Perú: Universidad Privada del Norte. 2019. pág. 151.
- CRUELLES**, J. (2010). La Teoría de la Medición del Despilfarro. Segunda Edición. Toledo: Artef S.L.
- CUATRECASAS**, L. (2009). Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexibles. Barcelona: Profit Editorial.
- CUATRECASAS**, Luis & **TORREL**, Francesca. TPM en un entorno Lean Management: Estrategia Competitiva. Tercera. Ed. Barcelona. Profit. 2010. Pág. 293
- DHILLON**, B.S. Engineering Maintenance. A modern approach. Boca Raton – New York, 2002. Pág. 223. ISBN: 1587161427.
- DÍAZ** C, Carlos; **CATARI** V, David; **MURGA** V, Corazon De Jesús; **DÍAZ** V, Gabriela & **QUEZADA** L, Venia. Efectividad general de equipos (OEE) ajustado por costos. Interciencia, vol. 45, núm. 3, pp. 158-163, 2020, Chile.
- DUQUE** Ocampo, Diana M. & **ECHEVERRI** Ángel, Juliana. Propuesta de un sistema de mantenimiento autónomo como pilar fundamental del mantenimiento total productivo para el área de recurtición de la empresa Americana De Curtidos LTDA. Y CIA S.C.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Pereira – Colombia: Universidad Católica de Pereira. 2018. pág. 127.
- ERSKINE**, Ron. “Eficiencia en el ordeño” ¿cuáles son sus metas? 2020. Edición 128 página 52. Revista: Infotambo, revista del Sector Lechero – Colombia. Disponible en: <https://www.infortamboandina.co/es/noticias/eficiencia-en-el-ordeno-cuales-son-sus-metas>
- FERNÁNDEZ** Bedoya, Víctor H. Tipos de justificación en la investigación científica. 2020. Espíritu emprendedor TES. Vol. 4, No. 3 julio a septiembre 65-76 Artículo Revisión Bibliográfica Indexada Latindex Catálogo 2.0 ISSN 2602-8093 DOI: <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- FAVIÁN**, Aida K. & **TRAVI**, Josías. Implementación del TPM para mejorar la productividad de maquinaria en la empresa Johesa, Villa el Salvador – 2020. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad César Vallejo. 2020. 183 pp.
- FALCÓ** R. 2009. Herramientas De Calidad. Universidad Pontificia ICAI –ICADE, Comilla Madrid, Modulo 7. <https://web.cortland.edu/matresearch/HerraCalidad.pdf>
- FAUZI**, **FADLIKHM**, **YUNOS**, **CHAN**, **ABDUL**, **AHMAD** & **NASRUN**. 2019. The Impact of Total Productive Maintenance (TPM) as Mediator between Total Quality Management (TQM) and Business Performance. Int. Sup. Chain. Mg. Vol. 8, No. 1

- FERNÁNDEZ** Ponte, Omar E. Implementación del Mantenimiento Productivo Total para optimizar la Productividad en una empresa fabricante de transformadores, Lima 2017. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad César Vallejo. 2018. 125 pp.
- FERNÁNDEZ** Bedoya, Víctor H. Tipos de justificación en la investigación científica. 2020. Espíritu emprendedor TES. Vol. 4, No. 3 julio a septiembre 65-76 Artículo Revisión Bibliográfica Indexada Latindex Catálogo 2.0 ISSN 2602-8093 DOI: <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- GALETO**, Alejandro. La producción de leche en América Latina y el Caribe: ¿Cómo estamos en relación con el resto del mundo? [En línea]. Argentina: 2020 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/-la-produccion-de-leche-en-america-latina-y-el-caribe-como-estamos-en-relacion-com>
- GAVIOLA**, Bruno & **GUTIÉRREZ**, Renzo. Análisis sectorial de la ganadería láctea en el Perú. Tesis (Máster en Dirección de Empresas). Piura – Perú: Universidad De Piura. 2020. 148 pp.
- GRANGETTO**, Dante. ¿Qué quiere saber sobre chequeos y mantenimiento de su equipo de ordeño? Sitio argentino de Producción Animal. Téc. Agr. 2012. 54 pp. Producir XXI, www.produccion-animal.com.ar.
- GAMARRA** R, Máximo. Situación actual y perspectivas de la ganadería lechera en la cuenca de Lima. Rev. investig. vet. Perú [online]. 2001, vol.12, n.2 [citado 2021-12-30], pp.01-13. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S19-972001022&lng=es&nrm=iso. ISSN 1609-9117.
- GARCÍA** Esparza, Cesar D. Modelo de Gestión de Mantenimiento para Incrementar la Calidad en el Servicio en el Departamento de Alta Tensión de STC Metro de la Ciudad de México. Tesis (Maestro en Ingeniería Industrial). México: Instituto Politécnico Nacional. 2015. 157 pp.
- GARCÍA** Palencia, Oliverio. 2008. El mantenimiento productivo total y su aplicabilidad industrial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). <https://www.virtualpro.co/biblioteca/el-mantenimiento-productivo-total-y-su-aplicabilidad-industrial>
- GARCÍA** Alcaraz, Jorge L; **ROMERO** González, Jaime y **NORIEGA** Morales, Salvador A. El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. Contad. Adm [online]. 2012, vol.57, n.4 [citado 2022-01-09], pp.173-196. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422012000400009&lng=es&nrm=iso. ISSN 0186-1042.

- GONZALES**, 2018, “Ordeño Mecánico”, párr. 5)
<https://zoovetespasion.com/ganaderia/ordeno-mecanico/>
- GUIMARÃES**, Thiago Correia. Padronização das atividades de manutenção para implementação de um projeto de TPM. 2011. Trabalho de conclusão de curso - (bacharelado - Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/930007>
- GUTIÉRREZ, Humberto**. Calidad y Productividad Total. Tercera. S.I.: McGraw Hill, 2010. Page. 400. Vol. III. 9786071511485.
- HERNÁNDEZ**, Roberto; **FERNÁNDEZ**, Carlos & **BAPTISTA**, Pilar. Metodología de la Investigación. Sexta edición. McGraw Hill, 2014. pág. 634. Nº736. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- INGA** Gallo, Eduardo M. & **MONTOYA** Chuquijajas, Katiusha. Implementación del TPM para la mejora de productividad en área de producción en la empresa S.C.R. S.A.C en planta CML - Lince, 2020. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo. 2020. 138 pp.
- INGA** Samaniego, Jean C. Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en la industria de productos lácteos. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad e Ingenierías y Tecnología UTEC. 2017. 127 pp.
- JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE**. Monodzukuri Test Learning Textbook, Cap. 2.
- KOUZMINE**, Valentine. América Latina: El comercio internacional de los productos lácteos. División de Comercio Internacional e Integración Santiago de Chile-CEPAL, Naciones Unidas. 2003. Publicación de las Naciones Unidas, Serie 30. LC/L.1950-P Nº de venta: S.03.II.G.108. ISSN 1680-869X
- LENZA, C., Antonio**. Eficiencia del ordeño mecánico en vacuno de leche. 2016. Universidad de Santiago de Compostela (España).
Tesis: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=128901#:~:text=Los%20resultados%20del%20estudio%20muestran,y%2082%25%20en%20las%20c%C3%A1ntaras.>
- LLONTOP** Mendoza, Lucio A. Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria POMALCA SAA. Tesis (Maestro en Ingeniería Industrial). Chiclayo-Perú: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. 2018. 175 pp.

- LÓPEZ** Arias, Ernesto A. El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación. Tesis (Ingeniero Industrial). Bogotá-Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. 2009. 58 pp.
- LÓPEZ**, Ayechia M. 2021. Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Laboratory Performance. Tesis Graduate School, Polytechnic University of Puerto Rico. 2021. 175 pp.
- MANTILLA** Tanta, Deyci E. & **PEREYRA** Chávez, Sandra L. Propuesta de implementación del mantenimiento productivo total para incrementar la productividad en la empresa servicios industriales AYBAR. Tesis (Ingeniero Industrial). Cajamarca-Perú: Universidad Privada del Norte. 2018.159 pp.
- MANSILLA** Del Valle, Natalia L. 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 (Ingeniera en Alimentos). Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2011. 133 pp.
- MÁRQUEZ**, Mervyn. Los sistemas de producción y la ergonomía: reflexiones para el debate Ingeniería Industrial [en línea]. Julio-diciembre, 2012, Vol. III, N° 9 pp. 49-60. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215026158004.pdf> ISSN: 1856-8327
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MIDAGRI)**. Plan Nacional De Desarrollo Ganadero Perú, País Ganadero 2017 – 2027 [en línea]. Dirección General de Ganadería R.M. N° 297-2017. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/dg-ganaderia/plan-nacional-ganadero-2017-2027.pdf>.
- MORALES** Vallecilla, F. & **ORTIZ** Grisales, S. Productividad y eficiencia de ganaderías lecheras especializadas en el Valle del Cauca (Colombia). Rev. Med. Vet. Zoot. [On line]. 2018, vol.65, n.3 [cited: 2022-12-20], pp.252-268. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-29522018000300252&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0120-2952. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n3.76463>.
- MORILLO** Guizabalo, I. Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad en el proceso de producción de lejía en la Empresa Quimex SA, en el distrito de San Martín de Porres, Tesis (Ingeniero Industrial). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018.163 pp.
- MUÑOZ** Abella, Belén. Mantenimiento Industrial [en línea]. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid Área De Ingeniería Mecánica. 2003 [fecha de consulta: 02-01-2022]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/teoria-de-maquinas/MantenimientoIndustrial.pdf>

- MUÑOZ**, Carlos. Metodología de la investigación, Primera edición. Editorial Progreso SA. México Oxford University Press México, S. A. 2015. 307 pp. CP. 06400.
- NAVARRO** Malca, Edwin W. Lean Manufacturing: TPM para mejorar la productividad de una empresa de leche evaporada, Lima 2021. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2021. 98 pp.
- OLIVERA**, Sergio. Índices de producción y su repercusión económica para un establo lechero. *Rev. investig. vet. Perú* [online]. 2001, vol.12, n.2 [citado 2022-03-28], pp.49-54. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1609-9117.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)**. Producción Lechera [en línea]. Portal Lácteo. 2021. [fecha de consulta: 21-10-2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)**. Producción pecuaria en América Latina y el Caribe [en línea]. Portal Lácteo. 2021. [fecha de consulta: 21-10-2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) & FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**, Lácteos y sus productos 2020-2029 [en línea]. Portal Lácteo. 2021. [fecha de consulta: 21-10-2021]. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/8b675a1a-es/index.html?itemId=/content/component/8b675a1a-es>.
- PADILLA** Pershing, Gino. Mantenimiento preventivo y disponibilidad de máquinas y equipos de producción en el sector de maestranza en la empresa agraria azucarera Andahuasi – Huaura, 2018. Tesis (Ingeniería Industrial). Huacho – Perú. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 2018. 89 pp.
- PALLETE** Pallete, Agustín E. **RODRÍGUEZ** Sánchez, Zoila M. & **GARCÍA** Salas, María E. Características de productividad lechera de un establo de la Cuenca de Cajamarca. 79 (2): 436–472. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018 [fecha de consulta: 15-12-2021]. Disponible en: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1257/pdf_128.
- PARIKH**, Yash & **MAHAMUNI**, Pranav. Total Productive Maintenance: Need & Framework. International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) [online]. 2015. Issue 2, Volumen 2 [citado 2021-12-19]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/335313768_Total_Productive_Maintenance_Need_Framework. ISSN: 2349-2163

- PEINADO** Camacho, José. Los recursos económicos para la investigación y su impacto en estudiantes de posgrado. *RIDE. Rev. Iberoam. Investig. Desarro. Educ* [online]. 2021, vol.11, n.22 [citado 2022-01-17], e03. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672021000100103&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.823>.
- PINEDA** Pizarro, Claudia J. & **VARGAS** Burga, Katerine M. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM), para mejorar la productividad y confiabilidad en el Molino Don Julio S.A.C - Lambayeque 2015. Tesis (Ingeniero Industrial). Pimentel-Lambayeque-Perú: Universidad Señor de Sipán. 2015. 156 pp.
- PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO:** Municipalidad Distrital de Vilque / CEDER [online]. 2016, Disponible en: <http://ceder.org.pe/prueba/wp-content/uploads/2019/06/PDC-VILQUE-13-12-16-plan-de-desarrollo.pdf>
- PROKOPENKO**, Joseph. La gestión de la productividad, manual práctico. Primera edición. Oficina Internacional Del Trabajo, 1989. 333 pp. ISBN: 92-2-2305901-1
- QUIRÓS** Jiménez Edgar S., Productividad Total: ¿Qué tan importante es desarrollar una gestión total de productividad en las empresas? Academia, accelerating the world's research. Primera edición. 1989. 17 paginas. https://www.academia.edu/8572122/productividad_total_Qu%C3%A9_tan_importante_es_desarrollar_una_gesti%C3%B3n_total_de_productividad_en_las_empresas. ISBN 92-2-305901-1.
- REQUEJO** Rojas, Gustavo H. & **SANTIN** Ramos, Yessica N. Implementación de un sistema de mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos de la empresa IPEFICAL S.A.C., 2018. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2019. 186 pp.
- RODRÍGUEZ**, Armando & **GARCÍA**, Vidal. Eficacia y Eficiencia, premisas indispensables para la Competitividad. Ciencias Holguín, Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba [online]. 2012, vol. XVIII, núm. 3, julio-septiembre, 2012, pp. 1-14. [citado 2022-01-17], e03. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181524338001.pdf>
- ROJAS** Rangel, María. Implementación de los pilares TPM (Mantenimiento Total Productivo) de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, en la planta de producción Ofixpres S.A.S. Tesis (Ingeniero Industrial). Floridablanca-Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2011. 108 pp.

- RUIZ**, Cipriano & Cabello, Eduardo. "Eficiencia De Mano De Obra E Incidencia De Mastitis En Tres Sistemas De Ordeño." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*. N°14 (1970). Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1947>
- SACRISTÁN**, Francisco. Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo. España: TGP-Hoshin S.L., 2001. 340 pp. ISBN: 84-95428-49-0
- SANZOL** Iribarren, Lorenzo. Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración. Tesis (Ingeniero Técnico Industrial Mecánico). Pamplona-España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. 2010, 107 pp.
- SARAY** Medina, Luis S. Propuesta de Modelo Contable para la Asociación de Mujeres Cafeteras de Viotá y Tequendama – ASOMUCAVIT. Tesis (Contador Público). Girardot-Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2021. 88 pp.
- NAKAJIMA**, Seiichi. Introducción al TPM: mantenimiento productivo total. Cambridge: Productivity Press, D.L. 1991 (Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción. 1991. España. **ISBN**: 84-87022-81-2
- SUSUKI**, T. TPM en Industrias del proceso. Madrid España, TGP-HOSHIN, S.L. 1992. 408 pp. ISBN 84-87022-03-0
- SOCCONINI**, Luis. Lean Company Marge books. 2019. 315 pp. ISBN -978-84-17313-98-2
- SÁNCHEZ**, V. Propuesta de mejora de la gestión de suministro de la producción de que vende impresiones digitales publicitarias. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). 2014. 159 pp.
- TAMAYO**, Mario. El proceso de la investigación científica. México. Cuarta edición. Editorial Limusa. 2003. 175 pp. ISBN 968-18-5872-7
- TORAL** Franco, Ximena & **BURGOS** Toaza, Luis. Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total en una empresa productora de alimentos balanceados. Tesis (Ingeniero Industrial). Guayaquil – Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2013. 270 pp.
- VÁSQUEZ** Fuentes, Bilder R. Actualización e implementación del plan de mantenimiento preventivo de la planta de líquidos y polvos de la empresa Natural Soaps Cosmetics International, NSCI S. A. Tesis (Ingeniero Mecánico). Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala. 2015. 254 pp.
- WYREBSKI**, Jerzy. 1997. Manutenção produtiva total - um modelo adaptado. Tesis (Mestre Em Engenharia). Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina. 1997. 135 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Mantenimiento productivo total	<p>Se trata de un sistema de gestión que evita todo tipo pérdidas durante la vida del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, apoyándose en el trabajo de pequeños grupos dentro de la empresa (SUZUKI, 1992, p.234).</p> <p>Por su parte, BUSTAMANTE (2018, p. 21), menciona que se trata de una metodología que permite aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos con el objetivo final de aumentar la productividad</p>	<p>Esta investigación se fundamenta en la definición cuantitativa de la variable MTP, la cual se medirá a través del cumplimiento del mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado, ambos pilares fundamentales de la variable independiente de este estudio.</p>	Mantenimiento autónomo (MA)	<p>Indicador: Cumplimiento de mantenimiento autónomo.</p> $\frac{\text{Inspecciones mensuales realizadas}}{\text{Total de inspecciones mensuales programadas}} \times 100\%$	Razón
			Mantenimiento planificado (MP)	<p>Indicador: Cumplimiento de mantenimiento planificado.</p> $\frac{\text{N}^\circ \text{ Mantenimiento preventivo mensual realizado}}{\text{N}^\circ \text{ Mantenimiento preventivo mensual programado}} \times 100\%$	Razón
Variable Dependiente: Productividad	<p>Según PROKOPENKO (1987, p. 3), define a la productividad como la relación entre el nivel de producción obtenido por cualquier sistema (producto o servicio) y los recursos que son invertidos para obtenerla. Razón por la cual, el incrementar la productividad se convierte en un punto de importancia para cualquier empresa que tiene como fin obtener rentabilidad por un capital invertido.</p>	<p>La productividad depende de la producción en el proceso, en este caso se representará por medio de la eficiencia y la eficacia.</p>	Eficiencia	<p>Indicador: Eficiencia General de los Equipos</p> $\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$ <p>OEE: Eficiencia General de los Equipos</p>	Razón
			Eficacia	<p>Indicador: % de eficacia</p> $\text{Eficacia (\%)} = \frac{\text{Volumen real de leche producida}}{\text{Volumen programado de leche producida}} \times 100$	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022?	Determinar cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022	“La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022”
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022?	Definir cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022.	“La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la eficiencia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022”.
¿Cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022?.	Definir cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022.	“La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la eficacia de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022”.

Anexo 3. Tabla de Kolmogorov - Smirnov

<i>Tamaño de la muestra (n)</i>	$d_{\alpha,n}$		
	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$
1	0.950	0.975	0.995
2	0.776	0.842	0.929
3	0.642	0.708	0.829
4	0.564	0.624	0.734
5	0.510	0.563	0.669
6	0.470	0.521	0.618
7	0.438	0.486	0.577
8	0.411	0.457	0.543
9	0.388	0.432	0.514
10	0.368	0.409	0.486
11	0.352	0.391	0.468
12	0.338	0.375	0.450
13	0.352	0.361	0.433
14	0.314	0.349	0.418
15	0.304	0.338	0.404
16	0.295	0.328	0.392
17	0.286	0.318	0.381
18	0.278	0.309	0.371
19	0.272	0.301	0.363
20	0.264	0.294	0.352
25	0.240	0.264	0.317
30	0.220	0.242	0.290
35	0.210	0.230	0.270
40		0.210	0.252
50		0.188	0.226
60		0.172	0.207
70		0.160	0.192
80		0.150	0.180
90		0.141	
100		0.134	

Anexo 4. Evidencia fotográfica

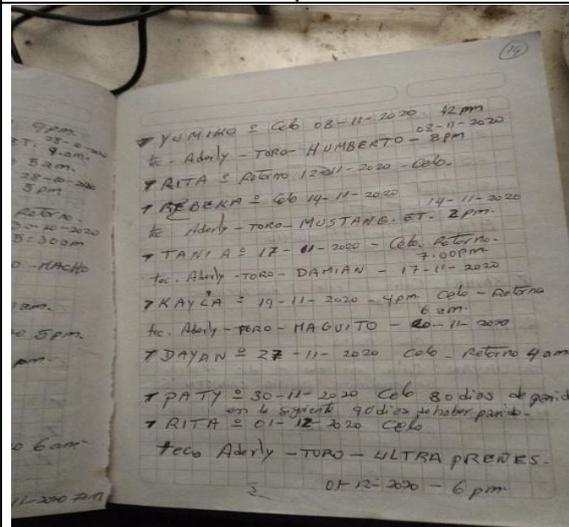
FASE DIAGNÓSTICA



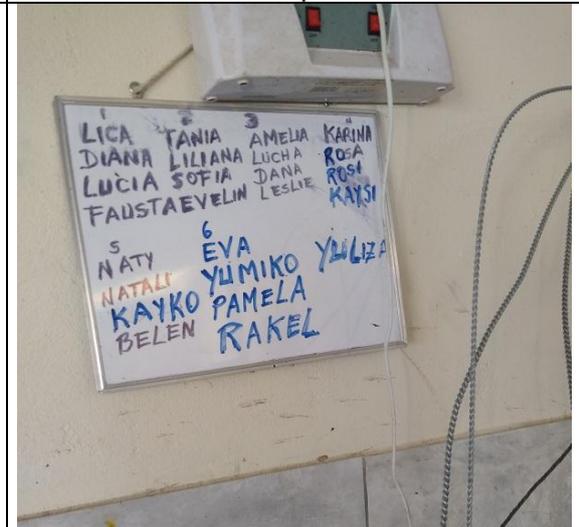
1. Observación del proceso



2. Observación del proceso



3. Recopilación de información



4. Recopilación de información



5. Observación de rutina de ordeño



6. Observación de rutina de ordeño

ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA



7. Fase de preparación



8. Fase de preparación



9. Fase de introducción



10. Fase de introducción



11. Fase de implementación



12. Fase de implementación



13. Fase de implementación



14. Fase de implementación



15. Fase de implementación



16. Fase de implementación



17. Fase de implementación



18. Fase de implementación



19. Fase de implementación



20. Fase de implementación

Nº	Nombre	Sexo	Edad	Fecha de nacimiento	Edad en meses	Estado	Observaciones
12	KARINA	HEM	3 años	27/12/2015	3 años	HEM	HEM
13	KATHIA	HEM	2 años	21/06/2021	2 años	HEM	HEM
14	KAYKO	HEM	7 años	10/12/2013	7 años	HEM	HEM
15	KAYLA	HEM	4 años	07/07/2017	4 años	HEM	HEM
16	KARLA	HEM	1 año	06/07/2022	1 año	HEM	HEM
17	KINA	HEM	2 años	06/03/2019	2 años	HEM	HEM
18	LESLEY	HEM	6 años	30/07/2013	6 años	HEM	HEM
19	LICHA	HEM	2 años	02/08/2019	2 años	HEM	HEM
20	LILIANA	HEM	2 años	02/07/2011	2 años	HEM	HEM
21	LINA	HEM	1 año	16/01/2019	1 año	HEM	HEM
22	LINDA	HEM	2 años	02/02/2020	2 años	HEM	HEM
23	LUCIA	HEM	8 años	17/10/2014	8 años	HEM	HEM
24	LUCHA	HEM	8 años	23/12/2014	8 años	HEM	HEM
25	NATALY	HEM	4 años	15/09/2019	4 años	HEM	HEM
26	NIERY	HEM	2 años	23/04/2019	2 años	HEM	HEM
27	PAMELA	HEM	2 años	28/03/2019	2 años	HEM	HEM
28	PATY	HEM	2 años	09/02/2019	2 años	HEM	HEM
29	PAULA	HEM	2 años	09/02/2022	2 años	HEM	HEM
30	RAKEL	HEM	11 años	13/11/2011	11 años	HEM	HEM
31	RAYSA	HEM	2 años	14/01/2018	2 años	HEM	HEM
32	REBECA	HEM	2 años	22/02/2019	2 años	HEM	HEM
33	RIANA	HEM	2 años	20/02/2020	2 años	HEM	HEM
34	RINA	HEM	2 años	25/09/2017	2 años	HEM	HEM
35	ROMINA	HEM	11 años	15/04/2011	11 años	HEM	HEM
36	ROSARIO	HEM	4 años		4 años	HEM	HEM

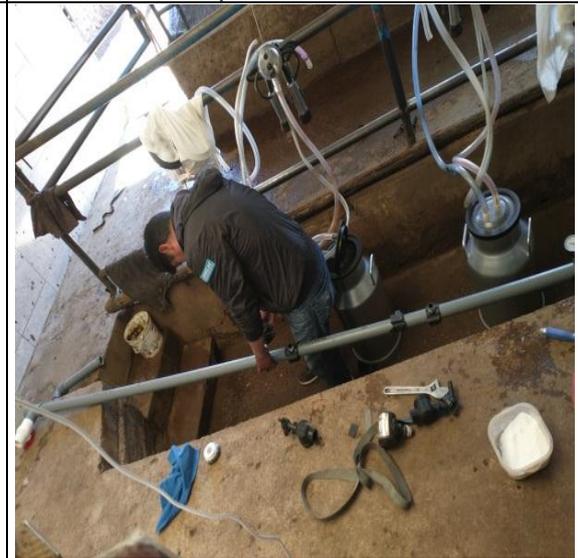
21. Fase de implementación

Nombre de vaca	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: PROFETA	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: LILIANA	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: LICHA	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: LINDA	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: LUCIA	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: LUCHA	Celo	Fecha	Inservación
Nombre de vaca: NATALY	Celo	Fecha	Inservación

22. Fase de implementación



23. Fase de implementación



24. Fase de implementación



25. Fase de implementación

 A hand is holding a green pen over a large data table. The table is titled "UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO" and "FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA". It contains columns for "SEMESTRE", "CATEDRA", "NOMBRE", "NOTA", and "CALIFICACION". The table is filled with rows of data, including names and scores.

26. Fase de implementación



27. Fase de implementación



28. Fase de implementación



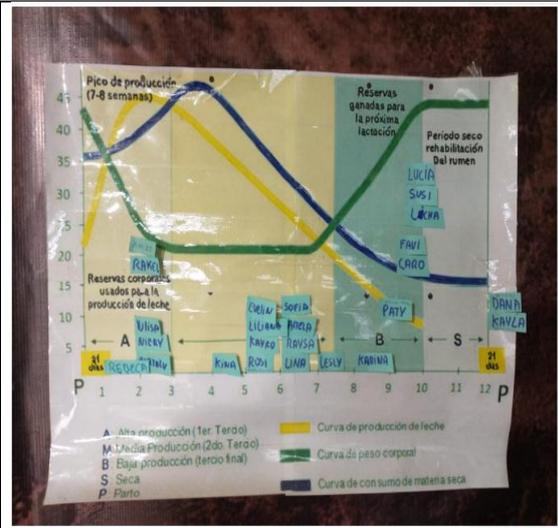
29. Fase de implementación



30. Fase de implementación



31. Fase de implementación



32. Fase de implementación



33. Fase de implementación



34. Fase de implementación

FASE DE CONSOLIDACIÓN



35. Fase de consolidación



36. Fase de consolidación