

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

**Propuesta de implementación TPM para incrementar la eficiencia total de
equipos en el área de Mantenimiento de la Empresa Agroindustrial Virú
S.A.**

Línea de Investigación:
Optimización De La Producción

Autor:

Br. Julca Chavez, Luz Aurora

Jurado Evaluador:

Presidente: Dra. Ing. María Isabel Landeras Pilco

Secretario: Ms. Ing. Filiberto de la Rosa Anhuaman

Vocal: Ms. Ing. Pablo Granados Porturas

Asesor:

Dr. Ing. Manuel Urcia Cruz
Código Orcid: 0000-0001-8286-0597

TRUJILLO – PERÚ

2021

Fecha de sustentación: 2021/11/06

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

**Propuesta de implementación TPM para incrementar la eficiencia total de
equipos en el área de Mantenimiento de la Empresa Agroindustrial Virú
S.A.**

Línea de Investigación:
Optimización De La Producción

PRESIDENTE

Dra. Ing. María Isabel Landeras Pilco
C.I.P. N° 44282

SECRETARIO

Ms. Ing. Filiberto de la Rosa Anhuaman
C.I.P. N° 90991

VOCAL

Ms. Ing. Pablo Granados Porturas
C.I.P. N° 192364

ASESOR

Dr. Ing. Manuel Urcia Cruz
C.I.P. N° 27703

Dedicatoria

Al Todopoderoso

Porque es dador de vida, de las fuentes de las aguas y si vivo es gracias a él y todo lo que soy se lo debo a Jesucristo el que tiene un nombre que es sobre todo nombre, por las bendiciones recibidas en mí vida, en mi familia, en mis estudios y en la presente tesis.

A mi asesor

Que me ha brindado su apoyo incondicional, su valioso tiempo y conocimientos para el desarrollo de esta investigación.

Plana docente

Debido a ellos he adquirido competencias en lo académico y en lo actitudinal. En las habilidades adquiridas sabiendo que a través de estos años pasados en los claustros universitarios he tenido bueno y malos momentos, pero el apoyo recibido ha sido trascendental.

Mis padres

Por la educación recibida, por el amor recibido, por encaminarme a los caminos de Jesucristo.

Querido esposo

Gracias porque me has dado mucha comprensión, respaldo, por ser empático, por la ayuda carismática, que me ayudó a alcanzar mis objetivos.

Resumen

La propuesta de implementación TPM para incrementar la eficiencia total de equipos en el área de mantenimiento de espárragos de la empresa agroindustrial Virú S.A., de los 19 tractores que tiene la empresa en espárrago campo, se determinó 12 con mayor criticidad. Se logró realizar el diagnóstico para los meses de ene-dic del 2019 concluyéndose que el promedio la eficiencia total (OEE) de los tractores de campo espárrago fue de 79.31% en el 2019. Se diseñó y aplicó TQM en el Subsistema Motor, el CMA fue de 42% de las 12 tareas programadas y para el CMP fue de 76% del total de 46 mantenimientos programados para el año 2019 y el incremento para el 2020 es de 24%. En el Subsistema Hidráulico, el CMA fue 56% de las 9 tareas programadas y para el CMP fue 85% del total de 37 mantenimientos programados para el año 2019 y el incremento para el 2020 es de 15%. En el Subsistema Eléctrico, el CMA fue 50% de las 4 tareas programadas y para el CMP fue de 79% del total de 14 mantenimientos programados para el año 2019 y el incremento para el 2020 es 21%. En el Reemplazo de Elementos, el CMA fue 53% de las 15 tareas programadas y para el CMP fue de 79% del total de 31 mantenimientos programados para el año 2019 y el incremento para el 2020 es 21% debido a la implementación del TQM. Se concluyó que en el 2019 el Tiempo de paradas por fallas promedio fue de 281 horas y en el 2020 se calculó 223 horas siendo la reducción de 58 horas promedio por tractor. En el 2019 el Tiempo de producción real promedio fue de 3919 horas y se aumenta a 3977 horas para el 2020 siendo el incremento de 58 horas de producción real promedio por tractor. En el 2019 el tiempo medio de reparación de fallas fue de 8.6 horas y para el 2020 se determinó en 9.8 horas y se justifica porque se reducen los mantenimientos de imprevistos aumentando los mantenimientos preventivos. El número de fallas de los tractores de mayor criticidad en el 2019 fue de 392 fallas y en el 2020 se calculó 274 fallas con una reducción de 118 fallas. Se concluye que se proyecta una eficiencia OEE de 86.37% para el 2020 con un incremento promedio de 7.06% debido a la propuesta de implementar TPM en los tractores utilizados en campo espárrago de la empresa agroindustrial Virú S.A.

Palabras claves: TPM, Eficiencia Total de Equipos, mantenimiento de máquinas pesadas.

Abstract

The TPM implementation proposal to increase the total efficiency of equipment in the asparagus maintenance area of agro-industrial company Virú S.A., of the company's 19 tractors in asparagus field, was determined 12 with greater criticality. Diagnosis was made for the 2019 Jan-Dec months, concluded that the average total efficiency (OEE) of asparagus field tractors was 79.31% in 2019. was designed and applied in the Motor Subsystem, the CMA was 42% of the 12 scheduled tasks and for the CMP it was 76% of the total of 46 maintenance scheduled for 2019 and the increase for 2020 is 24%. In the Hydraulic Subsystem, the CMA was 56% of the 9 scheduled tasks and for the CMP it was 85% of the total of 37 maintenance scheduled for 2019 and the increase by 2020 is 15%. In the Electrical Subsystem, the CMA was 50% of the 4 scheduled tasks and for the CMP it was 79% of the total of 14 maintenance scheduled for 2019 and the increase for 2020 is 21%. In Element Replacement, the CMA was 53% of the 15 scheduled tasks and for the CMP it was 79% of the total of 31 maintenance scheduled for 2019 and the increase by 2020 is 21% due to the implementation of the TQM. was concluded that in 2019 the average downtime was 281 hours and by 2020 223 hours was calculated being the reduction of 58 hours per tractor average. In 2019 the average actual production time was 3919 hours and is increased to 3977 hours by 2020 being the increase of 58 hours of average actual production per tractor. In 2019 the average fault repair time was 8.6 hours and by 2020 it was determined in 9.8 hours and justified because unforeseen maintenance is reduced by increasing preventive maintenance. The number of most critical tractor failures in 2019 was 392 failures and in 2020 274 failures were calculated with a reduction of 118 failures. It is concluded that an OEE efficiency of 86.37% is projected by 2020 with an average increase of 7.06% due to the proposal to implement TPM in the tractors used in the asparagus field of the agro-industrial company Virú S.A.

Keywords: TPM, Total Equipment Efficiency, Heavy Machine Maintenance.

Índice

Dedicatoria	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Problema de investigación	14
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo General.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Justificación del estudio	19
II. MARCO DE REFERENCIA.....	21
2.1. Antecedentes del estudio	21
2.2. Marco teórico.....	26
2.3. Marco conceptual	35
2.4. Sistema de hipótesis.....	37
2.5. Variables e indicadores (cuadro de Operacionalización de variables)	39
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	41
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	41
3.2. Población y muestra de estudio.....	41
3.2.1. Población	41
3.2.2. Muestra.....	41
3.3. Diseño de investigación	42
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	42
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	43
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	45

4.1.	Propuesta de investigación TPM	45
4.1.1.	Propuesta TPM con el mantenimiento autónomo del “Subsistema Motor (SM)” de los tractores usados en campo espárrago.....	45
4.1.2.	Propuesta TPM con mantenimiento autónomo del “Subsistema Hidráulico” de los tractores que se utilizan en campo espárrago	47
4.1.3.	Propuesta TPM el mantenimiento autónomo del “Subsistema eléctrico” de los tractores usados en campo espárrago	49
4.1.4.	Propuesta TPM para el mantenimiento autónomo de “reemplazos de elementos” de los tractores usados en campo espárrago	51
4.1.5.	Propuesta TPM con mantenimiento autónomo para la Revisión diaria antes de usar el tractor.....	54
4.1.6.	TPM con mantenimiento autónomo para controlar las fallas más frecuentes (CFF) del tractor	56
4.1.7.	Propuesta TPM para disminuir el número de fallas de los tractores en el 2020	58
4.2.	Análisis e interpretación de resultados.....	59
4.2.1.	Máquinas Tractores utilizados en campo espárrago de agroindustria Virú S.A.	59
4.2.2.	Método de Pareto para determinar la criticidad del número de fallas de los tractores	60
4.2.3.	Distribución de frecuencias ordenadas en forma descendente del total de fallas de tractores de campo espárragos del año 2019	61
4.2.4.	Tiempo de paradas por fallas (TPF) de los tractores con criticidad año 2019 ..	64
4.2.5.	Tiempo de producción real (TPR) año 2019.....	66
4.2.6.	Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) por mantenimiento de tractores	68
4.2.7.	Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento de tractores.....	70
4.2.8.	Porcentaje de disponibilidad de tractores del año 2019	72
4.2.9.	Porcentaje de rendimiento de tractores del año 2019	74
4.2.10.	Porcentaje de calidad de tractores del año 2019 del año 2019.....	76
4.2.11.	Eficiencia Total de Tractores de campo espárragos del año 2019	78
4.2.12.	TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Motor (SM)” de tractores.....	80

4.2.13.	TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Hidráulico (SH)” de tractores	83
4.2.14.	TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Eléctrico (SH)” de tractores	86
4.2.15.	TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Reemplazo de elementos” de tractores.....	89
4.2.16.	Programación del Tiempo de Paradas por Fallas proyectado año 2020 ...	93
4.2.17.	Programación del Tiempo de producción de operatividad (TPR) proyectado para el año 2019.....	94
4.2.18.	Programación del Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) por mantenimiento de tractores proyectado año 2020	95
4.2.19.	Proyección del Porcentaje de disponibilidad de tractores para el año 2020	97
4.2.20.	Proyección del Porcentaje de rendimiento de tractores para el año 2020 .	99
4.2.21.	Proyección del Porcentaje de calidad de tractores para el año 2020	100
4.2.22.	Proyección del Eficiencia Total de Tractores de campo espárragos del año 2019	102
4.3.	Docimasia de hipótesis	104
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	107
5.1.	Resultado objetivo 1: Diagnosticar los OEE actual en el área de mantenimiento de maquinarias de campo de la empresa Agroindustria Virú S.A.	107
5.2.	Resultado objetivo 2: Diseñar y aplicar TPM en el área de mantenimiento de maquinarias de campo de la empresa Agroindustria Virú S.A.	107
5.3.	Resultado objetivo 3: Determinar la disminución los tiempos de mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.	109
5.4.	Resultado objetivo 4: Determinar el incremento de eficiencia de equipos OEE por mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.....	110
VI.	CONCLUSIONES	111
VII.	RECOMENDACIONES	115
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116

ANEXOS	122
<i>Instrumento de recolección de datos, tabla de distribución t-student</i>	<i>122</i>
<i>Mantenimiento del “Subsistema Motor(SM)” de tractores.....</i>	<i>123</i>
<i>Mantenimiento del “Subsistema Hidráulico” de tractores.....</i>	<i>124</i>
<i>Mantenimiento del “Subsistema eléctrico” de tractores</i>	<i>125</i>
<i>Mantenimiento de “reemplazos de elementos” de tractores</i>	<i>126</i>
<i>Estadística y tendencia nacional de disponibilidad y calidad aplicada a las máquinas</i>	

Índice de tablas

Tabla 1	Los Tres Enfoques del TPM	30
Tabla 2	Calificativo y consecuencias según valores de OEE	33
Tabla 3	Operacionalización de Variables	40
Tabla 4	Técnica e instrumentos	42
Tabla 5	Propuesta TPM para el mantenimiento del “Subsistema Motor(SM)” de tractores año 2020	45
Tabla 6	Propuesta TPM para el mantenimiento del “Subsistema Hidráulico” de tractores año 2020	48
Tabla 7	Propuesta TPM para el mantenimiento del “Subsistema eléctrico” de tractores año 2020	50
Tabla 8	Propuesta TPM para el mantenimiento autónomo de “reemplazos de elementos” de tractores año 2020.....	52
Tabla 9	Componentes de tractores de Revisión Diaria	55
Tabla 10	Fallas más frecuentes de los tractores	57
Tabla 11	Número de fallas de tractores proyectadas para el año 2020	58
Tabla 12	Tractores utilizados en campo espárrago de agroindustria Virú S.A. ...	59
Tabla 13	Número de fallas de las máquinas tractores de campo espárragos del año 2019	60
Tabla 14	62
Tabla 15	Tiempo de paradas por fallas TPF (horas) de los tractores de mayor criticidad año 2019	64
Tabla 16	Tiempo de producción real TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad año 2019	67
Tabla 17	Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF)	69
Tabla 18	Porcentaje de tiempo perdido PTP.....	71
Tabla 19	Cálculo de la disponibilidad de tractores de campo espárrago	73
Tabla 20	Cálculo del rendimiento de tractores de campo espárrago	75
Tabla 21	Cálculo de la calidad de tractores de campo espárrago.....	77
Tabla 22	Cálculo de la Eficiencia Total de las máquinas tractores del campo espárrago	79
Tabla 23	Cumplimiento del Mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Motor (SM)” de tractores	81

Tabla 24 Cumplimiento del mantenimiento autónomo y programado del “Sistema Hidráulico (SH)” de tractores	84
Tabla 25 Cumplimiento del mantenimiento autónomo y programado del “Sistema Eléctrico (SE)” de tractores	87
Tabla 26 Cumplimiento del Mantenimiento autónomo y programado del “Reemplazo de elementos (RE)” de tractores	90
Tabla 27	93
Tabla 28 Operatividad proyectada de TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad para el 2020	95
Tabla 29 Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) proyectado para el año 2020	96
Tabla 30 Cálculo de la disponibilidad de tractores de campo espárrago para el año 2020	98
Tabla 31 Cálculo del rendimiento de tractores de campo espárrago proyectado año 2020	100
Tabla 32 Cálculo de la calidad de tractores de campo espárrago proyectada ..	101
Tabla 33	102
Tabla 34 Diferencia de medias para el número de fallas de tractores.....	104

Índice de figuras

Figura 1 Campana t-student con nivel de significancia de 0.05, grados de libertad n-1	38
Figura 2 Diagrama de Pareto para determinar la criticidad de fallas de los tractores	63
Figura 3 Tiempo de parada por fallas (TPF) anuales en horas	66
Figura 4 Tiempo de producción real TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad	68
Figura 5 Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF)	70
Figura 6 Porcentaje de tiempos perdidos por fallas en tractores.....	72
Figura 7 Disponibilidad de tractores año 2019	74
Figura 8 Porcentaje de rendimiento de tractores año 2019.....	76
Figura 9 Porcentaje de calidad de tractores año 2019. (Fuente: elaboración propia)	78
Figura 10 Porcentaje de Eficiencia de tractores de campo espárrago año 2019.	80
Figura 11 Campana de t-student.....	106

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

A nivel internacional, los costos del mantenimiento por imprevistos son un gasto que deben ser sumados al costo final del producto o servicio. El costo total de mantenimiento, por no ser analizado a profundidad no ayuda a encontrar el beneficio que este conlleva, por ejemplo, el cambio oportuno de los insumos de lubricación por uno de mayor costo y de mejores propiedades genera un impacto en la liquidez de la empresa, pero a largo plazo se verá el ahorro por el mejor desempeño de la maquinaria y mayor tiempo de cambios de los lubricantes. (Valbor Soluciones, 2019)

A nivel mundial el problema del mantenimiento de maquinarias y equipos se ha convertido en un problema de costos por pérdidas de producción a causa de fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad del producto al mal funcionamiento de los equipos. (Alain, 2016)

Cuando se trata de equipos del proceso productivo, las maquinarias pesadas que se utilizan en el desplazamiento de materiales y productos tienen falta de disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas y equipos causadas por una carencia de programación de mantenimiento correctivo lo cual ha generado un incremento de paradas de producción debido a imprevistos que se han presentado en las máquinas y equipos generando pérdidas por paradas de producción no programadas y elevando los costos de mantenimiento lo cual repercute en la rentabilidad de la empresa y en el incumplimiento de entregas de productos a los clientes en los plazos establecidos. (Chavez, 2019)

Las empresas agroindustriales que utilizan equipos, realizan mayor cantidad de mantenimiento correctivo de imprevistos que mantenimiento correctivo programado debido a que no aplican la eficiencia general de equipos (OEE) en el mantenimiento de las maquinarias y equipos que se utilizan en el proceso productivo. Si no se aplica OEE no se va a conocer cuál es el porcentaje real de la disponibilidad de las maquinarias, así

como se desconocerá el porcentaje de rendimiento o confiabilidad de las maquinarias, también no existirá una información relacionada con el porcentaje de mantenibilidad de las maquinarias. La diferencia entre los mantenimientos correctivos previstos y los imprevistos radica en que los primeros es el resultado de una inspección o evaluación previa, realizada en cualquiera de los mantenimientos programados, mientras que el mantenimiento correctivo de imprevistos ocurre inesperadamente y son mucho más costosos, porque no son programados y generan costos ocultos a causa de paralizaciones en la producción (Zegarra Ventura, 2015).

En el anexo 1 muestra una parte de la estadística y tendencia a nivel internacional y nacional de disponibilidad, rendimiento y calidad de las maquinarias o equipos calculados para las empresas indicadas en la tabla en donde se observa que la disponibilidad antes de aplicar la mejora del mantenimiento fue menor que la disponibilidad de los equipos obtenida después de la mejora indicada; lo mismo ocurre con el rendimiento y la calidad de las máquinas o equipos. En los casilleros donde no hay datos de rendimiento y calidad significa que la data se ha abocado solo a la disponibilidad, sin embargo, hay información suficiente para analizar estadísticamente la tendencia en los tres indicadores.

En el Perú, aparte de los elevados costos de reparación por mantenimientos correctivos de imprevistos, las empresas agroindustriales tienen costos de mano de obra calificada ya que, si una máquina o equipo se paraliza por fallas imprevistas, requiere de personal de mantenimiento altamente capacitado. Estas paradas sorpresivas tienen un impacto mayor en el tiempo perdido, ya que muchas veces para no incurrir en penalidades se opta por el pago de horas extras por mano de obra calificada. Cuando los daños en los equipos son mayores la empresa se ve obligada a la parada de trabajadores por las máquinas o equipos que se encuentran paralizados por defectos imprevistos. Además, se ocasionan también problemas logísticos, ya que las paradas retrasan el proceso productivo y obligan a modificar los cronogramas de abastecimiento y de producción. Las paradas imprevistas generan

incumplimiento en la producción con retrasos en la entrega de productos al cliente (Villegas Arenas, 2016).

En el Perú, Amado y Campos (2018), en la empresa Señor de Pomallucay diagnosticó el índice de calidad en 87.9% en el mantenimiento a la máquina excavadora CAT 336D2L y luego de mejorar el mantenimiento preventivo se incrementó en 94.5%. Montenegro (2017), en la empresa Chancadora del Norte SAC diagnosticó el índice de disponibilidad en 93.03% como promedio en la Excavadora hidráulica, Cargador frontal, Retroexcavadora, Compactadora y tractor, y el índice de calidad fue de 54.9% y luego de aplicar la Eficiencia General de las maquinarias se incrementó la disponibilidad en 98.45% y la calidad llegó a 92.74%. Ramos (2017), en la empresa Atlanta Metal Drill SAC diagnosticó la calidad en 83.33% en Torno paralelo, fresadora y mandrinadora y después de mejorar el mantenimiento correctivo se incrementó la disponibilidad en 93.84%. Zumaeta y Peláez (2019) en la empresa Promaq Perú SAC diagnosticaron en el montacargas 4 TM Toyota una disponibilidad de la maquinaria de 92.86% y después de aplicar la eficiencia general de los equipos se incrementó la disponibilidad a 96.13%. Se muestra en todas estas investigaciones que la disponibilidad y la calidad de las maquinarias antes de mejorar el mantenimiento correctivo eran valores más bajos que después de mejorar el mantenimiento correctivo y se determinó mediante la eficiencia general de los equipos tal como se muestra en el anexo 1.

El mantenimiento correctivo imprevisto es consecuencia de una falla que puede ir desde el lucro cesante o pérdida de producción, pasando por las horas hombre improductivas de operaciones, hasta la degradación e inoperatividad de las propias máquinas. Una alta disponibilidad no implica necesariamente una alta confiabilidad, pero una alta confiabilidad si implica una buena disponibilidad y seguridad, en la medida que la maquinaria presenta una baja probabilidad de falla. Para el caso de la maquinaria pesada, la confiabilidad será el producto de la confiabilidad individual de cada sistema que la compone (Rodríguez, 2014).

Para las empresas, el mantenimiento ocupa un lugar muy importante en las organizaciones, sin embargo, la actividad de mantenimiento es considerada como un costo innecesario en muchas organizaciones. La tendencia para las organizaciones es aplicar las nuevas tecnologías que permitan considerar al mantenimiento como una inversión y no como un costo. (Ángeles Cumpa, 2017)

A nivel local, el mantenimiento correctivo imprevisto ocasiona que la disponibilidad disminuya en las máquinas críticas en más de un 10%, es decir, el torno paralelo de 93.84% a 83.33 %; la fresadora de 94.79% a 84.72% y la mandriladora de 96.96 a 86.97, reduciendo de esta manera el rendimiento de las maquinarias. Además, se incrementó los costos por mantenimiento correctivo imprevisto de S/. 38, 659 a S/. 99,471 soles, es decir, se genera una pérdida de 60,812 soles, el costo que representa 61.14 % de los costos. (Ramos Sparrow, 2017).

La empresa Agroindustrial Virú S.A., es líder en el sector agroindustrial y el mayor productor de finas hortalizas y frutas en conservas y congelados del Perú. Desde hace 25 años cultivan, procesan y desarrollan soluciones a medida para los mercados y consumidores más exigentes del mundo. Es una empresa que exporta productos agroindustriales, sin embargo, existe una baja eficiencia total de las máquinas y equipos del área de mantenimiento de espárrago campo, esta problemática genera pérdida de producción lo cual repercute en los costos y a su vez en la calidad del producto, por ello el conocimiento sobre la eficiencia del personal del área de mantenimiento para la producción de espárragos es importante para obtener un producto que cumple con las demandas del mercado.

El mantenimiento correctivo imprevisto de los tractores de campo de espárragos de la empresa Agroindustrias Virú S.A., ocasiona que la disponibilidad disminuya en las máquinas pesadas (tractores) a un nivel de criticidad de 81.5 %, reduciendo de esta manera el rendimiento (mantenibilidad) y calidad de las maquinarias lo cual ha disminuido la Eficiencia Total de máquinas pesadas de campo de espárragos.

Además, el costo por mantenimiento correctivo imprevisto fue de S/. 125,628 soles en el 2019, es decir, se genera una pérdida significativa por la falta de un mantenimiento preventivo adecuado o un mantenimiento productivo total. (Agroindustrias Virú, 2019)

La formulación del problema es: ¿Cómo influye la propuesta de implementación del TPM en el incremento de la Eficiencia Total de Equipos en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustrial Virú S.A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer la implementación de mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la Eficiencia Total de Equipos en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los OEE actual en el área de mantenimiento de maquinarias de campo de la empresa Agroindustria Virú S.A.
- Diseñar y aplicar TPM en el área de mantenimiento de maquinarias de campo de la empresa Agroindustria Virú S.A.
- Determinar la disminución los tiempos de mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.
- Determinar el incremento de eficiencia de equipos OEE por mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.

1.3. Justificación del estudio

La justificación a nivel tecnológico propone criterios técnicos y científicos con la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo total (TPM) para incrementar la eficiencia total de equipos en el área mantenimiento de espárragos campo de la empresa Agroindustrial Virú S.A., lo cual permitirá reducir los costos de mantenimiento de imprevistos gracias a la utilización de TPM, logrando competitividad y una imagen de calidad de los productos de la empresa Agroindustrial Virú S.A.

Se justifica en lo económico porque la presente investigación reducirá los costos de mantenimiento correctivo imprevisto debido a la aplicación de TPM en el incremento de los OEE de las maquinarias de campo en la empresa Agroindustrial Virú SA.

Se justifica en el aspecto social porque la presente investigación beneficiará a los operarios de las máquinas de campo, debido a que habrá mayor tiempo de operatividad por el buen funcionamiento de las maquinarias mencionadas gracias a la aplicación de TPM, reduciéndose los costos de mantenimiento e incrementándose los ingresos para el trabajador con beneficio a su entorno familiar incluyendo la protección del medio ambiente y la empresa Agroindustrial Virú SA ofrecerá una mejor imagen institucional debido al cumplimiento de la programación de la producción ante sus clientes mayoristas tanto a nivel nacional como internacional.

Se justifica a nivel académico por que la presente investigación dejará sentada las bases de la aplicación de TPM en el incremento de los OEE para mejorar la disponibilidad, rendimiento y confiabilidad y operatividad de las maquinarias de campo en la empresa Agroindustrial Virú SA, lo

cual se verá como una guía para el personal de mantenimiento con estándares internacionales de calidad.

También se justifica a nivel institucional porque la presente investigación beneficiaría económicamente a la empresa Agroindustrial Virú SA. debido a que se reducirán los costos de mantenimiento con la aplicación de TPM que mejorará los OEE de las maquinarias, evitando paradas imprevistas y mejorando la vida útil de las maquinarias de campo en la empresa Agroindustrial Virú S.A., y a la vez habrá mayor eficiencia en la utilización de las herramientas, equipos e instrumentos que se usan en el proceso de mantenimiento de maquinarias de campo en la producción de espárragos.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

El primer antecedente internacional fue desarrollado por Algarra y Sierra (2018) en su tesis titulada “Estudio de la efectividad global de los equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa Inemflex S.A.S” realizada en la Universitaria Agustiniiana de Bogotá. Se requirió realizar una reestructuración, en la codificación de las causas de tiempos y de no calidad, metodología del registro y actualizaciones e incorporaciones de formatos. En los resultados, se calculó el indicador mediante el uso de la base de datos generada por el software ERP (Sistema de planificación de recursos empresariales), en el que se determinó que su rango porcentual, está por debajo de los estándares de competitividad. Se concluyó que los procesos en el que es necesario la intervención son: impresión y laminación. La necesidad surge en que son procesos y máquinas primarias, es decir, que las variables críticas que impactan a estos tienen repercusión en todos los procesos del sistema de producción. La filosofía lean manufacturing, contiene las herramientas indicadas, como base inicial para la creación de las acciones de mejoramiento. Esta investigación aporta en la mejora de uso de herramientas para el OEE por la intervención de la impresión y laminación para la obtención de mejores resultados de producción. (Algarra & Sierra, 2018)

El segundo antecedente internacional es de Arriaza (2015) en su investigación “Diseño de investigación de reducción de tiempos muertos aplicando TPM como herramienta de ingeniería para incrementar la productividad de una planta de prefabricados de concreto” realizada en la Universidad de San Carlos de Guatemala. La metodología utilizada en la investigación del tema es teórica-descriptiva. La población serán los trabajadores que interactúen con la maquina en análisis. La productividad actual de la empresa presenta resultados bastante bajos respecto a su capacidad instalada. Los resultados muestran que gran

parte de la improductividad actual se debe a la cantidad de tiempos de muda que afectan constantemente el rendimiento de los turnos de producción, que son ocasionados por constantes fallos de maquinaria, tanto eléctricos como mecánicos. Se concluyó que mediante la implementación metodología TPM se reducen los tiempos improductivos de las maquinarias. Esta investigación aporta la utilización del TPM mediante el correcto uso de maquinarias para incrementar la productividad. (Arriaza Rivera, 2015)

Díaz (2014), en su investigación “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia Etecol SAS”, realizada en la Universidad Tecnológica de Pereira de Colombia. Dentro del plan de mantenimiento el autor procedió a elaborar el formato de tarjeta maestra para la maquinaria que se tuvo en cuenta dentro del inventario, en el cual se asignaron los datos más importantes de la maquinaria como sus datos generales y los datos de sus componentes principales. En los resultados se encontró que el momento de realizar la entrega de los equipos, solo estaba presente el vendedor del mismo. Se implementó como política, que una persona del departamento técnico esté presente para explicar las rutinas, tiempo y procedimientos. El aporte que puede realizar una empresa en cuanto a la organización y la disposición de la información, permite que el desarrollo del plan de mantenimiento sea mucho más eficiente que si no se tuviera ningún dato referente. (Díaz Gonzalez, 2014)

Como antecedente nacional García (2018) en su tesis titulada “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)” realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se identificó que uno de los principales problemas es la ausencia de información histórica sobre las máquinas y principales herramientas. Dentro del plan de mejora propuesto se ha diseñado base para los datos maestros que involucran producción y mantenimiento. Los resultados

dieron que el uso de nueva maquinaria representa que las técnicas de los operadores también deben de ser renovadas. Es por ello que la capacitación, que se menciona en todo momento dentro de la propuesta, es fundamental para generar eficiencias en el tiempo. Se concluyó que la seguridad es el pilar más importante de toda organización, y por ello es que se busca crear una cultura de prevención en donde se pueda obtener estadísticas de las principales actividades y condiciones inseguras que pasan al interior de la planta. El aporte de esta investigación se centra en la elaboración de TPM mediante la capacitación al personal de mantenimiento para aumentar la eficiencia de maquinarias pesadas. (García Cabello, 2018)

El segundo antecedente nacional lo desarrolló Valencia (2017) en su tesis titulada “Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa Hilados Cheviot E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2016” desarrollada en la Universidad César Vallejo de Lima. La investigación es de tipo aplicada. Los resultados dentro de la organización fueron evolucionando positivamente; los operarios lograron ser capaces de brindar el mantenimiento autónomo a sus máquinas, cumpliendo con las actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajustes, y de detectar las pequeñas averías. Además, el número total de fallas de las máquinas se redujo a 26 y el tiempo de reparación a 21.1 horas por mes.

En cuanto a los resultados obtenidos después de la implementación de la metodología, ha quedado demostrado que la productividad se incrementó a 78.9% en el área de hilandería gracias a la aplicación del Mantenimiento Productivo Total. Se concluyó que la aplicación del TPM en la empresa Hilados Cheviot muestran una mejora del 19% de la eficacia, proporcionando una eficacia actual de 89.3%. Esta investigación aporta en la aplicación de TPM mediante el cumplimiento de actividades de limpieza e inspección para la detección de averías en maquinarias pesadas. (Valencia Chaupis, 2017)

Como tercer antecedente a nivel nacional tenemos a Bances (2017) en su tesis titulada “Aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos y su incidencia en el mejoramiento del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos” realizada en Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es una investigación cuantitativa, descriptiva aplicada correlacional de diseño pre experimental y tipo transversal. La población y muestra son en base a 13 máquinas que fabrican puntas de bolígrafo. Los resultados fueron que después de un año de iniciar la aplicación de la OEE, el indicador mejoró de 36.6% a 86.9%. Se concluyó que la aplicación del Sistema de indicadores de eficiencia general de equipos (OEE) permitió tener un diagnóstico claro de la situación real de las máquinas y poder intervenir en sus tres aspectos para mejorar el proceso de fabricación de puntas de bolígrafo. Esta investigación aporta en el diagnóstico de la mejora de OEE para mejorar la productividad de maquinarias pesadas. (Bances Cruz, 2017)

Como antecedente local, Torres (2017) en su investigación titulada “Implementación de OEE para incrementar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minera Volcán Shungar S.A.” realizada en la Univesidad Privada del Norte sede Trujillo. El muestreo fue no probabilístico al jefe de mantenimiento de los camiones Komatsu 730E y al personal que opera dichos equipos. Estos camiones son un total de 15 unidades. En los resultados se demostró que el año en mención posee un incremento significativo de 25.83% del factor OEE, con relación al siguiente detalle: La disponibilidad del OEE aumentó en 12.24% en el 2016 con relación al 2015. El rendimiento del OEE aumentó en 11.58% en el 2016 con respecto al 2015. La calidad del OEE aumentó en 11.58% en el 2016 con respecto al 2015. Se concluyó que se incrementó la productividad del OEE en 25.83 en el año 2016 observándose una mejora significativa en la empresa minera Volcán Shungar S.A. Se concluyó que se incrementó la productividad del OEE en 25.83 en el año 2016 observándose una mejora significativa en la empresa minera Volcán Shungar S.A. La investigación aporta en la implementación de

OEE para el incremento de la disponibilidad, rendimiento y calidad de maquinarias pesadas. (Torres Díaz, 2017)

Otro antecedente local, Ponce (2017) en su investigación “Distribución de planta para mejorar la eficiencia global de los equipos, área de habilitado de productos; empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote, 2016.” Realizada en la Universidad César Vallejo. Es de tipo pre experimental, La población lo conformo los 20 colaboradores. Los datos de distancias por movimientos se registran en el método de numeración explícita dando un resultado inicial de 14 721 movimientos por distancia, y el resultado final es de 3 000 movimientos.

La conclusión fue que al diseñar la distribución de planta disminuye en un 79,6% la distancia por movimientos, reduce los tiempos durante las operaciones de 162 minutos a 139 minutos esto significa un en un 14.20% como detalla en el cuadro del diagrama analítico. Se concluyó que la distribución de planta se relaciona con la eficiencia global de los equipos (OEE) en la Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A - Chimbote, 2016 (cuantitativa); con un coeficiente de correlación de $R^2 = 6\%$, lo que significa una correlación positiva débil con respecto a la eficiencia global de los equipos. La presente investigación aporta de manera positiva en la eficiencia de maquinarias pesadas debido a que los resultados dieron una reducción de tiempos en operaciones de planta. (Ponce, 2017)

Catalán (2018) en su investigación “Propuesta de mejora en el área de mantenimiento, aplicando TPM, para reducir costos en la minera Tahoe Resources La Arena” realizada en la Universidad Privada del Norte sede Trujillo. El autor ha planteado mejorar la situación actual del Área de Mantenimiento a través de una propuesta de mejora aplicando Mantenimiento Productivo Total (TPM). Los principales problemas que incrementan los costos operacionales son: tercerizan el mantenimiento correctivo, incumplen el plan de mantenimiento preventivo, la falta de un mantenimiento productivo Total (TPM), no hay repuestos por los equipos

críticos, no hay vinculación con indicadores de producción y no existe una gestión por indicadores de KPI. Esta propuesta de mejora logró reducir las paradas de planta en un 5%, un aumento de procedimientos estandarizados mediante la implementación de BPM al 72% y un Mantenimiento Productivo Total de la maquinaria, repuesto por equipos críticos y gestión por indicadores KPI a 70.8%. Se concluyó que el TPM ayudó a mejorar la gestión de Mantenimiento. Para culminar, se realizó una evaluación económica financiera obteniéndose un van de S/. 26927.00 y un TIR de 49.1%, lo cual indica que el proyecto es rentable. La investigación aporta en la aplicación de TPM que se planteó para mejorar el mantenimiento y probar su rentabilidad en la aplicación de empresas que manejan maquinarias pesadas. (Catalán Cubas, 2018)

2.2. Marco teórico

TPM (Mantenimiento Productivo Total)

El Mantenimiento Productivo Total conocido como TPM, comienza a implantarse por la década de los años setenta, en Japón. Se desarrolla un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado por los enfoques anteriores, se diferencia por la incorporación de conceptos innovadores entre ellos el Mantenimiento Autónomo. Están involucrados los propios operarios de producción, y la implantación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta el operario, originando la creación de una nueva cultura propia que estimula el trabajo en equipo y eleva la moral personal. (Llontop Mendoza, 2018)

Uno de los fundamentos del TPM es la de disminuir y eliminar las fallas y problemas cíclicos en las máquinas y equipos. Su objetivo es de garantizar su disponibilidad y operatividad, a partir de diagnósticos continuos, estimar el tiempo de vida de cada equipo, detectar el gasto de cada pieza, contar las horas de trabajo, etc., así poder prevenir con antelación cualquier falla o parada de máquina que afecte a la producción. (Mora, 2009)

El Mantenimiento Productivo Total “TPM”, o Total Productive Maintenance, en inglés, es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficiencia Total, Sistema Total de Gestión del Mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención. (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

El TPM es una filosofía del mantenimiento perfeccionado a partir del mantenimiento preventivo establecido en la industria de los Estados Unidos. El instituto japonés de ingenieros de planta más conocida como JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) es el centro de estudio que ha desarrollado la metodología y conocimientos de TPM. En el año 70 se realizó el desarrollo de tipos de mantenimientos eficientemente y adaptables en las industrias. Se obtiene la palabra TPM con los siguientes enfoques: la letra M representa acciones de management y mantenimiento. Está orientado de realizar actividades de dirección e innovación en la organización. La letra P está enlazada a la palabra productivo o productividad en los equipos, sin embargo, tenemos apreciado que se puede relacionar a un término con una visión más extensa como mejora. La letra T se aclara como todas las acciones que ejecutan todo el personal en la organización. (Gómez, 2001)

TPM es una estrategia orientada a formar una serie de actividades programadas que al ser implantadas permitan un incremento significativo de la competitividad de la industria donde se está aplicando. Esto permite aumentar la productividad generando mayores ganancias y una marcada diferenciación con la competencia. Es considerada como estrategia, ya que ayuda a establecer capacidades competitivas por medio de la eliminación de las deficiencias de los sistemas operativos, a través de un sistema riguroso y ordenado. Es una nueva filosofía para la producción y el mantenimiento. (Arriaza Rivera, 2015)

Pilares del TPM (Dowlatshahi, 2009)

Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) como “pilares”. Los pilares considerados por el JIMP como necesarios para el desarrollo del TPM.

Pilar 1: Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen. - Se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo o la maquina con la que labora. Tiene especial trascendencia en la aplicación práctica de las Cinco “S”. Una característica básica del TPM es que son los propios operarios de producción quienes llevan a término el mantenimiento autónomo, también denominado mantenimiento de primer nivel. Algunas de las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 2: Mejoras enfocadas o Kobetsu Kaisen. - Son actividades que buscan encontrar formas y actividades más eficientes. Se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto de maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 3: Mantenimiento planificado o progresivo. - El objetivo es el de eliminar los problemas en las maquinas a través de acciones de mejoras, prevención y predicción. Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 4: Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen. - Tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen un impacto directo en las características de la calidad del producto. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 5: Prevención del mantenimiento (Reingeniería). - Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su explotación. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 6: TPM en áreas administrativas. - Procura la relación entre las áreas que facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 7: Educación, entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación. - Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones que se presentan para el buen funcionamiento de los procesos. (Dowlatshahi, 2009)

Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente. - Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente. (Dowlatshahi, 2009)

Enfoques del TPM

El logro de “cero pérdidas” se obtiene del logro del TPM, el cual tiene tres enfoques según (Cuatrecasas & Torrell, 2010):

T hace referencia a la palabra “Total” que se descifra como “todas funciones que ejecutan todos los empleados que están involucrados en la empresa”, aquí se explican tres aspectos fundamentales: colaboración del personal, eficiencia total, enfoque de gestión del mantenimiento desde su sistema de prevención.

P de la palabra “productivo” o “productividad” de equipos, aquí se minimizan los problemas para producir, inclusive se relaciona con la expresión más cercana como “perfeccionamiento”. (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

M simboliza actividades de “Management” y “mantenimiento”. Es un sistema que repara, lubrica, limpia y mantiene en buenas condiciones además de realizar diligencias de dirección y gestión de la empresa. (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

Tabla 1
Los Tres Enfoques del TPM

TOTAL	PRODUCTO	MANTENIMIENTO
Todos comprometidos	Producir más	Mantener el entorno
Todos responsables	Producir mejor	Mantener el estado de ánimo
Todos favorecidos	Producir beneficio	Mantener el rumbo

Nota: (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

Procesos de implementación de TPM

Existen diez pasos para la implementación del mantenimiento productivo total: (Consultoría ITC, 2019)

1. Hacer una evaluación preliminar de la planta.
2. Obtener apoyo de gerencia y compañeros.
3. Organizar el comité de dirección.
4. Seleccionar el campeón.
5. Definir metas objetivos y planes.
6. Seleccionar el área piloto y equipos críticos.
7. Capacitación filosófica y técnica de todo el personal.
8. Formación de equipos de mejora.
9. Difusión masiva del inicio del TPM en toda la planta.
10. Hacer limpieza inicial en el área piloto.

Objetivos del TPM

Los objetivos que una organización busca al implantar TPM pueden tener diferentes dimensiones según (Gómez, 2001):

Objetivos Estratégicos: El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a la contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del “conocimiento” industrial. (Gómez, 2001)

Objetivos operativos: El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada. (Gómez, 2001)

Objetivos organizativos: El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato. (Gómez, 2001)

DIMENSIONES DEL TPM

Para (Cuatrecasas & Torrell, 2010) son:

Mantenimiento Autónomo (MA): Son todas las actividades que el personal operario de las máquinas ejecuta habitualmente, como por ejemplo la inspección del estado del equipo, ejecutar la limpieza, ejecutar alguna intervención menor al nivel de su comprensión, entre otras labores. Además, aprendiendo, analizando y enmendando complicaciones del equipo y trabajos que lleven a conservar en buenas condiciones de operación. (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

Mantenimiento Programado (MP): se razonan seis pasos: Indicar el inicio de marcha de las máquinas, está relacionada con la pretensión de optimizar la información que se tenga sobre el equipo para ello surgen interrogantes como Tenemos la información necesaria para diagnosticar

los problemas del equipo, Tenemos la información necesaria sobre las máquinas, Se han determinado los tipos de fallos aleatorios, Tenemos historial de deterioros e acciones correctivas , Ostentamos un sistema de costos de mantenimiento, La calidad de servicio de mantenimiento es la apropiada. (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

OEE

Según Alonzo, (2009), Efectividad Global del Equipamiento (OEE) como herramienta de mejora continua, enmarcado en la industria manufacturera actual y su relación con el Mantenimiento Productivo Total (TPM), y como el mismo mide a diferencia de otros indicadores en un solo Ratio el porcentaje de efectividad de las máquinas y líneas con respecto a su máquina ideal equivalente; el cual es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. (Alonzo, 2009)

Según (Rajadell & Sanchez, 2011) establece: “el coeficiente global de los equipos se obtiene calculando la fracción de tiempo que el equipo funciona, una vez deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y las que resultan de fabricar productos defectuosos. Por ejemplo, poseer de un OEE un 60%, se razona que de cada 100 piezas correctas que la máquina debería haber producido, solo ha fabricado 60 piezas buenas” (Rajadell & Sanchez, 2011)

CLASIFICACIÓN DE OEE: (Cruelles, 2010)

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas, incluso toda una planta, respecto a otras consideradas excelentes, y proporciona una idea de cuáles son los factores a mejorar para escalar posiciones en esta clasificación.

Tabla 2
Calificativo y consecuencias según valores de OEE

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIAS
<65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
≥65% <75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora
≥75% <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja
≥85% <95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados 'World Class'
≥95%	Excelente	Competitividad excelente

Nota: (Ponce, 2017)

Dimensiones de OEE

Según (Cruelles, 2010) establece:

- Disponibilidad: tiempo real de la máquina produciendo
- Rendimiento: producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- Calidad: producción sin defectos generada.

El cálculo de OEE permite tener conocimiento de los procesos, de esta manera, ser capaces de medir los resultados de la mejoría, para ello es necesario identificar las seis grandes pérdidas que se generan por no utilizar OEE las cuales son: por averías o fallas de equipos, preparación y ajuste de máquinas, pérdidas por disponibilidad, por rendimiento, por defectos y repetición de trabajos, y finalmente pérdidas por puesta en marcha. Para atacar las pérdidas es imprescindible la participación de

todos los empleados de mantenimiento y administración que sean capaces de aportar en la mejora de producción. (Cruz, 2018)

Cálculo de OEE

Según (Rajadell & Sanchez, 2011) la eficiencia general de equipos se calcula multiplicando la tasa de disponibilidad, la eficiencia y la calidad:

$$\text{Cálculo del \% disponibilidad} = \frac{\textit{Tiempo operativo}}{\textit{Tiempo de producción neto}}$$

Donde:

Tiempo de producción neto = horas de trabajo – descansos y mantenimiento planificado

Tiempo operativo = Tiempo de producción neto – tiempos de paradas por averías y ajustes

$$\text{Cálculo de \% rendimiento} = \frac{\textit{Tiempo operativo eficiente}}{\textit{Tiempo operativo}}$$

Donde:

Tiempo operativo eficiente = tiempo operativo – paradas por baja velocidad – paradas cortas

$$\text{Cálculo del \% calidad} = \frac{\textit{Total piezas producidas} - \textit{piezas para muestras o defectuosas}}{\textit{Total de piezas producidas}}$$

2.3. Marco conceptual

- **Mantenimiento:** Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas. Este sistema requiere un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Implica la elaboración de un plan de inspecciones para los distintos equipos de la planta, a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades a fin de descubrir y corregir deficiencias que posteriormente puedan ser causa de daños más graves. (Alpízar, 2019)
- **TPM:** es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total, Sistema Total de Gestión del Mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención. (Cuatrecasas & Torrell, 2010)
- **Eficiencia:** Expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos. (Fernández Ríos & Sánchez, 1997)
- **Disponibilidad:** Hace referencia a la posibilidad de que algo, un producto o un fenómeno, esté disponible de ser realizado, encontrado o utilizado. (Bembibre, 2010)
- **Planificación de productos:** El proceso de planificación y control de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y

operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía. (Novoa, 2018)

- **Calidad:** Es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el útil y siempre satisfactorio para el consumidor. (Ishikawa, 1988).
- **OEE:** Mide en un solo Ratio el porcentaje de efectividad de las máquinas y líneas con respecto a su máquina ideal equivalente; el cual es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. (Alonzo, 2009)
- **Producción:** Producción es el proceso de transformación de un material que se encuentra en un estado inicial (materia prima), a través de una serie de etapas (proceso) para llevarlo a estado final (producto: Bien o servicio). (Beltrán Jaramillo, 1998)
- **Productividad:** es la eficiencia entre el uso de productos e insumos en la producción de un producto o ejecución de un servicio. Si el producto o servicio ha sido desarrollado acorde a los recursos establecidos ello se traduce en productividad, ganancias, disminución de costos, elementos que aseguran el crecimiento comercial y empresarial. (Peña & Hernández, 2007)
- **Rendimiento:** El rendimiento de los instrumentos de precisión y de los equipos de medición es fundamental para el éxito de su empresa. Espera que las operaciones se lleven a cabo de forma óptima, que se produzcan productos de alta calidad y que se consigan resultados fiables. (Mettler Toledo, 2019)

2.4. Sistema de hipótesis

Se plantea el siguiente sistema de hipótesis:

Ha: La propuesta de implementación TPM influirá en el rendimiento de la eficiencia total de equipos de la Eficiencia Total de Equipos en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustrial Virú S.A.

H0: La propuesta de implementación TPM no influirá en el rendimiento de la eficiencia total de equipos de la Eficiencia Total de Equipos en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustrial Virú S.A.

En el diseño de contrastación se va a contrastar la hipótesis general. Se utilizará la t-student por tener una muestra $n < 30$ ya que la muestra de maquinarias son 18 tractores y 11 camiones y la muestra de trabajadores del área de mantenimiento de campo son 10 trabajadores. Se utilizarán grados de libertad igual a $n-1$ donde n representa la muestra para cada estrato (maquinarias y trabajadores). Se procesará la data del antes y post prueba y después y post prueba en el año 2019.

Se determinará la diferencia de medias para cada muestra.

Hipótesis H0:

$$H_0 = D_a - D_d = > 0$$

“D” representa la disponibilidad de las maquinarias.

“a” representa el antes de implementar TPM o pre prueba

“d” representa el después de implementar TPM o post prueba

Hipótesis Ha:

$$H_a = D_a - D_d < 0$$

Grados de libertad = $n - 1$, donde n equivale al número de maquinarias de campo.

La media se calcula con la siguiente formula:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (DA - DD)}{n}$$

El valor t calculado se determina con la siguiente formula:

$$t = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{SD}$$

A. Región Crítica

Para $\alpha = 0.05$ y con el valor de n se determina los grados de libertad, en la Tabla de distribución t-student se localiza el valor t tabular T_t . Entonces la región crítica de la prueba es $t_c = < T_t$ si esto se cumple se acepta la hipótesis nula y si $T_c > T_t$ se rechaza la hipótesis nula.

B. Conclusión:

En la Figura 1 podemos ver la Región de aceptación y rechazo para la prueba de la hipótesis planteada.

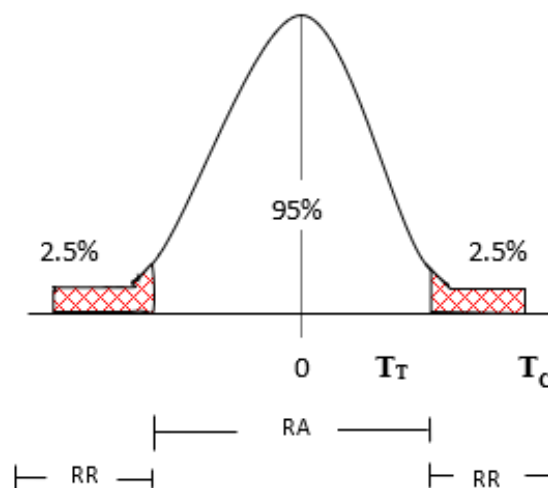


Figura 1
Campana t-student con nivel de significancia de 0.05, grados de libertad $n-1$

Si se encuentra en esa ubicación los valores T tabular (T_t) y T calculado (T_c) entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

2.5. Variables e indicadores (cuadro de Operacionalización de variables)

Variable Independiente: Mantenimiento Productivo Total TPM

Indicadores:

- Cumplimiento de Mantenimiento autónomo (CMA).

CMA = N° de Tareas de MA terminadas / N° Tareas de MA Planificados.

- Cumplimiento del Mantenimiento Programado (CMP).

CMP = N° de Mantenimiento Preventivo Realizado / N° Mantenimiento Preventivo Programado.

Variable Dependiente: Eficiencia Total de Equipos

Indicadores:

- Disponibilidad de máquina Tractor (D)

D = (tiempo real de operatividad / tiempo programado de operatividad) * 100%

- Rendimiento de máquina pesada (R)

$$R = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{TRO}\right)*TPO}{100}} \right) * 100\%$$

TRO es el tiempo real de operatividad

TPO es el tiempo programado de operatividad

- Calidad de operación de maquinarias pesadas

$$\left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{TMRF * NF}\right)*TPO}{100}} \right) * 100\%$$

TMRF es el tiempo medio de reparación de falla

NF es el número de fallas por periodo

TPO es el tiempo programado de operatividad

Tabla 3
Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente: Mantenimiento Productivo Total - TPM	Es disminuir y eliminar las fallas y problemas cíclicos en las máquinas y equipos. (Mora, 2009).	El mantenimiento productivo total se realiza mediante el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Programado	Mantenimiento Autónomo	Indicador: Cumplimiento de Mantenimiento autónomo. N° de Tareas de MA terminadas/N° Tareas de MA Planificados. Dónde: MAR=Mantenimiento Autónomo Realizado. MAP=Mantenimiento Autónomo Planificado. $\% CMA = \frac{N^{\circ} \text{ Tareas de MAR}}{N^{\circ} \text{ Tareas de MAP}} \times 100$	Razón
			Mantenimiento Planificado	Indicador: Cumplimiento del mantenimiento Programado. N° de Mantenimiento Preventivo Realizado / N° Mantenimiento Preventivo Programado. Dónde: MPR=Mantenimiento Preventivo Realizado MPP=Mantenimiento Preventivo Programado $\% CMP = \frac{N^{\circ} MPR}{N^{\circ} MPP} \times 100$	Razón
Variable dependiente: Eficacia Total de Equipos - OEE	La Efectividad Total de Equipos (OEE) se determinará mediante la disponibilidad y calidad de las maquinarias pesadas (Alonzo, 2009)	El mantenimiento productivo total se realiza mediante la disponibilidad, mantenibilidad y calidad	% de disponibilidad de maquinarias pesadas (D)	$\frac{\text{Tiempo real de operatividad}}{\text{Tiempo programado}} \times 100\%$	Razón
			% de mantenibilidad o rendimiento de maquinarias pesadas	$\left(e^{-\frac{1}{(TRO)} * TPO} \right) * 100\%$	Razón
			Calidad de operación de maquinarias pesadas	$\left(e^{-\frac{1}{(TMR * NF)} * TPO} \right) * 100\%$	Razón

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de la presente investigación.

El tipo de la presente investigación es aplicada debido a que se deja una propuesta para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) con el objetivo de incrementar la Eficiencia Total de Equipos en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.

Nivel de la investigación.

El nivel de la presente investigación es descriptivo debido a que se ha descrito el proceso para implementar el mantenimiento productivo total (TPM) y se ha descrito como se incrementa la Eficiencia Total de Equipos en las máquinas tractores objeto de estudio en el área de investigación.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

En el presente estudio se está considerando las máquinas de mantenimiento campo Virú de las áreas de espárrago y palto.

La población es de 33 máquinas tractores de diferentes marcas:

- Mantenimiento campo espárrago 19 máquinas tractores.
- Mantenimiento campo palto 14 máquinas tractores.

3.2.2. Muestra

La muestra es no probabilística por conveniencia, se tomó como muestra las máquinas de mantenimiento campo espárrago que es igual a 19 máquinas.

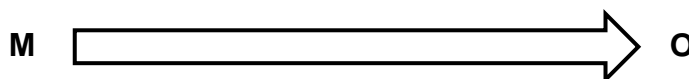
Criterio de Inclusión: Se incluyeron a todas las máquinas pesadas (tractores) utilizadas en el área de espárragos de campo de la empresa Agroindustrias Virú SA.

Criterio de Exclusión: Se excluyen a las máquinas que no sean tractores y no estén programadas para el campo espárragos de la empresa objeto de estudio.

3.3. Diseño de investigación

- En el diseño de investigación, existe un análisis de las variables sin ser manipuladas directamente por ser descriptiva.
- Además, el diseño es transversal debido a que los datos recolectados se realizan en un mismo tiempo.

Esquema del diseño



Donde:

“M” es el tamaño de la muestra y “O” es la observación

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 4
Técnica e instrumentos

TÉCNICA	PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTO
Observación	Se observan la disponibilidad, rendimiento y confiabilidad, el tiempo medio de mantenimiento reparación de fallas por maquinaria pesada, el tiempo medio entre fallas por maquinaria pesada, los costos incurridos en cada	Hojas de registros de datos
De campo	reparación de las maquinarias pesadas. Así mismo se observa la disponibilidad, rendimiento y confiabilidad de las maquinarias pesadas de campo. Se observa el historial de reparación de maquinarias pesadas.	

TÉCNICA	PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTO
Análisis Documental	Se analiza la eficiencia del mantenimiento de maquinaria pesada de campo para la producción de espárrago de la empresa Agroindustria Virú S.A.	Informes de Mantenimiento, manual de mantenimiento.

Nota: elaboración propia

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Después de aplicar los instrumentos de recolección de datos, se realizó el procesamiento de los siguientes datos:

- a. Determinar el número de fallas de las máquinas pesadas de campo de espárragos del año 2019 de agroindustria Virú S.A.
- b. Graficar la distribución de frecuencias de fallas de las máquinas pesadas de campo de espárragos.
- c. Elaborar el diagrama de Pareto para determinar las máquinas que tienen criticidad.
- d. Construir de la matriz de criticidad.
- e. Calcular el tiempo de paradas por fallas de las máquinas pesadas de campo de espárragos del año 2019.
- f. Graficar la distribución de frecuencias de tiempo de parada por fallas de las máquinas pesadas de campo de espárragos.
- g. Calcular el tiempo medio de reparación de fallas de las máquinas pesadas de campo de espárragos del año 2019
- h. Calcular el tiempo medio de producción entre fallas de las máquinas pesadas de campo de espárragos del año 2019
- i. Calcular la disponibilidad de las máquinas pesadas de campo de espárragos
- j. Calcular la calidad o confiabilidad de las máquinas pesadas de campo de espárragos
- k. Calcular la mantenibilidad de las máquinas pesadas de campo de espárragos

- I. Calcular el OEE
- m. Propuesta del mantenimiento Productivo Total TPM.

El análisis de datos que toma el personal de mantenimiento del área de espárrago de campo, del cual se obtuvo la data requerida para procesar los indicadores del número de fallas, tiempo de reparación de fallas, tiempo entre fallas, tiempo de operatividad de equipos, tiempo total de paradas de equipos por periodos. Con la data mencionada se procederá a calcular la disponibilidad, el rendimiento o mantenibilidad, la confiabilidad o calidad y la eficiencia de maquinarias de campo. La información debe salir de los diferentes informes por mes de mantenimiento. Se determinó el diagnóstico del mantenimiento de maquinarias pesadas de campo del área de espárrago, se identificó la disponibilidad, el rendimiento o mantenibilidad, la confiabilidad o calidad y la eficiencia de las maquinarias pesadas de campo antes de aplicar TPM, luego se propone TPM para mejorar el mantenimiento. Se proyectará la disminución de los tiempos de mantenimiento y se proyectarán los costos de mantenimiento de maquinarias pesadas de campo de espárragos en la empresa Agroindustria Virú S.A.

Se calculó la disponibilidad, rendimiento, confiabilidad y eficiencia a través de los indicadores mostrados en la matriz de operacionalización de variables. Se espera que con la aplicación de TPM se incremente la eficiencia total de maquinarias pesadas de campo del área de espárrago.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación TPM

4.1.1. Propuesta TPM con el mantenimiento autónomo del “Subsistema Motor (SM)” de los tractores usados en campo espárrago

Se propone TPM con mantenimiento autónomo para el mantenimiento del “Subsistema Motor (SM)” de tractores año 2020 con una programación mensual en el cual se indica los meses que corresponde al mantenimiento preventivo para los componentes indicados como tareas al subsistema “motor”. Para la inspección del motor se debe realizar una vez al mes, para el mantenimiento del turbo compresor se debe realizar 6 veces al año en los meses de enero, marzo, mayo, julio, setiembre y noviembre del año 2020 y así se debe realizar las tareas para los demás componentes al que se tiene programado el mantenimiento preventivo con TPM. En el mantenimiento del Subsistema Motor hay 12 tareas o actividades y 46 mantenimientos en total para el año 2020 que corresponde al mantenimiento preventivo programado del subsistema Motor y que será monitoreado mediante CMA y CMP que son indicadores del mantenimiento autónomo del TPM. Lo descrito se muestra en la tabla 5:

Tabla 5
Propuesta TPM para el mantenimiento del “Subsistema Motor(SM)” de tractores año 2020

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot.
1.Inspección del motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
2.Turbo Compresor	1		1		1		1		1		1		6
3.Nivel de aceite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
4.Filtro de aire	1		1		1		1		1		1		6
5.Filtro de petróleo	1			1			1			1			4

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot.
6.Inyectores	1			1			1			1			4
7.Sensor de temperatura	1			1			1			1			4
8.Sensor de presión	1			1			1			1			4
9.Radiador	1				1				1				3
10.Cañerías, mangueras y cables	1				1				1				3
11.Abrazaderas	1			1			1			1			4
12.Soporte de motor	1						1						2
Total													46

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 5 se muestra la propuesta de TPM con el mantenimiento autónomo del “Subsistema Motor (SM)” para el mantenimiento preventivo proyectado mensualmente para el año 2020, tomando en cuenta los ítems o componentes en el cual se ha detectado 12 tareas relacionado con los 12 componentes o ítems a los cuales se le tiene que aplicar un mantenimiento preventivo programado al Subsistema Motor de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. La cantidad total de mantenimiento preventivo para el Subsistema Motor es de 46 mantenimientos focalizados con una distribución de frecuencia mensual.

Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el subsistema motor CMA(SM) a través de la siguiente formula:

$$CMA(SM(12)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas SM} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados SM.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 12 del “Subsistema Motor (SM) de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 12 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el Subsistema Motor.

Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Programado CMP(SM) mediante el siguiente indicador.

$$\text{CMP(SM(46))} = \text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (SM)} / \text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (SM)}.$$

En el mantenimiento del Subsistema Motor hay 12 tareas o actividades y 46 mantenimientos en total para el año 2020 que corresponde al mantenimiento preventivo programado del subsistema Motor y que será monitoreado mediante CMA y CMP que son indicadores del mantenimiento autónomo del TPM.

4.1.2. Propuesta TPM con mantenimiento autónomo del “Subsistema Hidráulico” de los tractores que se utilizan en campo espárrago

Se propone TPM con mantenimiento autónomo para el mantenimiento del “Subsistema Hidráulico (SH)” de tractores año 2020 con una programación mensual en el cual se indica los meses que corresponde al mantenimiento preventivo para los componentes indicados como tareas al subsistema “hidráulico”. Para el cambio del filtro hidráulico se debe cambiar tres veces al año en los meses de enero, mayo y setiembre. Para verificar el nivel de aceite hidráulico se realiza mensualmente siendo la frecuencia anual de 12. De esta manera se ha descrito las tareas del mantenimiento autónomo con TPM y es el mismo procedimiento para los demás componentes del subsistema hidráulico que se tiene programado el mantenimiento preventivo con TPM para el año 2020. En el mantenimiento del subsistema

Hidráulico hay 9 tareas o actividades y 37 mantenimientos en total para el año 2020 que corresponde al mantenimiento preventivo programado del subsistema Hidráulico y que será monitoreado mediante CMA y CMP que son indicadores del mantenimiento autónomo del TPM. Lo descrito se muestra en la tabla 6:

Tabla 6
Propuesta TPM para el mantenimiento del “Subsistema Hidráulico” de tractores año 2020

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
1.Filtro hidráulico	1				1				1				3
2.Nivel de aceite hidráulico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
3.Bomba hidráulica	1				1				1				3
4.Control de válvulas	1				1				1				3
5.Pistones	1				1				1				3
6.Tanque hidráulico	1			1			1			1			4
7.Cañerías	1				1				1				3
8.Mangueras	1				1				1				3
9.Conexiones	1				1				1				3
Total													37

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 6 se muestra la propuesta de TPM con el mantenimiento autónomo del “Subsistema hidráulico (SH)” para el mantenimiento preventivo proyectado mensualmente para el año 2020, tomando en cuenta los ítems o componentes en el cual se ha detectado 9 tareas relacionado con los 9 componentes o ítems a los cuales se le tiene que aplicar un mantenimiento preventivo programado al subsistema hidráulico de los tractores utilizados en el campo espárragos de

agroindustrias Virú SA. La cantidad total de mantenimiento preventivo para el subsistema hidráulico es de 37 mantenimientos focalizados con una distribución de frecuencia mensual.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el subsistema hidráulico (CMA(SH)) a través de la siguiente formula:

$$CMA(SH(9)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas SH} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados SH.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 9 del “Subsistema Hidráulico (SH) de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 9 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Programado (CMP) mediante el siguiente indicador.

$$CMP(SH(37)) = N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (SH)} / N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (SH).}$$

4.1.3. Propuesta TPM el mantenimiento autónomo del “Subsistema eléctrico” de los tractores usados en campo espárrago

Se propone TPM con mantenimiento autónomo para el mantenimiento del “Subsistema Eléctrico (SE)” de tractores año 2020 con una programación mensual en el cual se indica los meses que corresponde al mantenimiento preventivo para los componentes indicados como tareas al subsistema “eléctrico”. Para el mantenimiento del alternador se realiza con una frecuencia anual de 3 veces en el año 2020 en los meses de enero, mayo y setiembre. Para el mantenimiento de las baterías también se realiza tres veces al año en los mismos meses del mantenimiento del alternador. De esta manera se ha descrito las

tareas del mantenimiento autónomo con TPM y es el mismo procedimiento para los demás componentes del subsistema eléctrico en el cual se muestra la frecuencia anual de cada componente que se tiene programado el mantenimiento preventivo con TPM para el año 2020. En el mantenimiento del subsistema Eléctrico hay 4 tareas o actividades y 14 mantenimientos en total para el año 2020 que corresponde al mantenimiento preventivo programado del subsistema Eléctrico y que será monitoreado mediante CMA y CMP que son indicadores del mantenimiento autónomo del TPM. Lo descrito se muestra en la tabla 7:

Tabla 7
Propuesta TPM para el mantenimiento del “Subsistema eléctrico” de tractores año 2020

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
1.Alternador	1				1				1				3
2.Baterías	1				1				1				3
3.Cables	1			1			1			1			4
4.Fusibles	1			1			1			1			4
Total													14

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 7 se muestra la propuesta de TPM con el mantenimiento autónomo del “Subsistema Eléctrico (SE)” para el mantenimiento preventivo proyectado mensualmente para el año 2020, tomando en cuenta los ítems o componentes en el cual se ha detectado 4 tareas relacionado con los 4 componentes o ítems a los cuales se le tiene que aplicar un mantenimiento preventivo programado al Subsistema Eléctrico de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. La cantidad total de mantenimiento preventivo para el Subsistema Eléctrico es de 14 mantenimientos focalizados con una distribución de frecuencia mensual.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el subsistema eléctrico CMA(SE) a través de la siguiente fórmula:

$$\text{CMA(SE(4))} = \text{N}^\circ \text{ Tareas de MA terminadas SE} / \text{N}^\circ \text{ Tareas de MA Planificados SE.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 4 del “Subsistema Eléctrico (SE) de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 4 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el Subsistema Eléctrico.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Programado CMP(SE) mediante el siguiente indicador.

$$\text{CMP(SE(14))} = \text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (SE)} / \text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (SE).}$$

4.1.4. Propuesta TPM para el mantenimiento autónomo de “reemplazos de elementos” de los tractores usados en campo espárrago

Se propone TPM con mantenimiento autónomo para el mantenimiento de “Reemplazo de elementos (RE)” de tractores año 2020 con una programación mensual en el cual se indica los meses que corresponde al mantenimiento preventivo para los componentes indicados como tareas al “Reemplazo de elementos”. Para el reemplazo del aceite del convertidor de torsión se realiza con una frecuencia anual de 2 veces en el año 2020 en los meses de enero y julio. De esta manera se ha descrito las tareas del reemplazo de elementos con mantenimiento autónomo en TPM y es el mismo procedimiento para los demás componentes del reemplazo de elementos en el cual se muestra la frecuencia anual de cada componente que se tiene programado el reemplazo con mantenimiento preventivo con TPM para el año

2020. En el reemplazo de elementos hay 15 tareas o actividades de reemplazo de elementos con una frecuencia anual acumulada de 31 reemplazos en total para el año 2020 que corresponde al mantenimiento preventivo programado del reemplazo de elementos y que será monitoreado mediante CMA y CMP que son indicadores del mantenimiento autónomo del TPM. Lo descrito se muestra en la tabla 8:

Tabla 8
Propuesta TPM para el mantenimiento autónomo de “reemplazos de elementos” de tractores año 2020

Elemento	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot.
1.Aceite de motor	1		1		1		1		1		1		6
2.Aceite del convertidor de torsión		1					1						2
3.Aceite de transmisión manual							1						1
4.Aceite de engranaje diferencial							1						1
5.Fluido del freno		1					1						2
6.Aceite del embrague							1						1
7.Fluido hidráulico		1					1						2
8.Filtro del aceite del motor		1		1			1			1			4
9.Filtro de vueltas del convertidor de torsión							1						1
10.Filtro de combustible		1		1			1			1			4
11.Filtro de vuelta del aceite hidráulico		1					1						2
12.Refrigerante							1						1

Elemento	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot.
13.Filtro del aire	1						1						2
14.Cable del acelerador												1	1
15.Cable de estacionamiento												1	1
Total													31

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 8 se muestra la propuesta de TPM con el mantenimiento autónomo del “Reemplazo de Elementos (RE)” para el mantenimiento preventivo proyectado mensualmente para el año 2020, tomando en cuenta los ítems o componentes en el cual se ha detectado 12 tareas relacionado con los 12 componentes o ítems a los cuales se le tiene que aplicar un mantenimiento preventivo programado de “Reemplazo de Elementos” de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. La cantidad total de mantenimiento preventivo para el “Reemplazo de Elementos” es de 31 mantenimientos focalizados con una distribución de frecuencia mensual.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el “Reemplazo de Elementos” CMA(RE) a través de la siguiente formula:

$$CMA(RE(15)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas RE} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados RE.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 15 del “Reemplazo de Elementos (RE)” de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 15 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el “Reemplazo de Elementos”.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Programado CMP(RE) mediante el siguiente indicador.

$$\text{CMP(RE(31))} = \text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (RE)} / \text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (RE)}.$$

En el mantenimiento del “Reemplazo de Elementos” hay 15 tareas o actividades y 31 mantenimientos en total para el año 2020 que corresponde al mantenimiento preventivo programado del “Reemplazo de Elementos” y que será monitoreado mediante CMA y CMP que son indicadores del mantenimiento autónomo del TPM.

4.1.5. Propuesta TPM con mantenimiento autónomo para la Revisión diaria antes de usar el tractor

Mediante la propuesta TPM, al comenzar el turno de trabajo para usar el tractor, es imprescindible tomar las recomendaciones según el manual del tractor para hacer una revisión previa del tractor que se va a operar, verificando que el tractor este habilitado para su operatividad. La revisión debe ser diaria antes de su uso y se muestran las recomendaciones dadas para prevenir las posibles fallas que ocurren por la falta de una buena propuesta TPM.

En la tabla 9 se muestran aquellos componentes de los tractores que requieren una revisión diaria y por lo general antes de su uso se debe revisar la carga de batería, revisar el agua de refrigeración del motor, revisar los frenos que deben estar operativos etc.

Tabla 9
Componentes de tractores de Revisión Diaria

-
1. Revisar carga de baterías.

 2. Revisar agua de refrigeración del motor.
 3. Frenos operativos.
 4. No debe haber fuga de aceite hidráulico.
 5. El acelerador debe operar suavemente.
 6. El freno de mano debe estar OK.
 7. Las cadenas de sujeción deben estar en óptimas condiciones.
 8. Deben estar OK el aceite motor y el aceite hidráulico.
 9. El volante debe tener un movimiento suave, demostrando que tiene holgura.
 10. Verificar que las ruedas no estén desgastadas.
 11. El tablero de los elementos mecánicos deben estar operativos.
 12. Cada circuito hidráulico debe tener funcionamiento suave.
 13. La luz intermitente y de la sirena de marcha atrás deben estar operativas.
 14. El correcto funcionamiento del pulsador de hombre muerto, si el tractor lo lleva.
 15. El claxon debe sonar adecuadamente.
 16. Constatar que el pórtico de seguridad no está con inicio de oxidación y está bien amarrado al chasis de la máquina.
 17. Constatar que no tienen fisuras o roturas las soldaduras del pórtico de seguridad.
 18. Constatar que si existen deformaciones del pórtico de seguridad no deben afectar la resistencia que tiene.

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la lista de “Revisión diaria” se muestra la propuesta de TPM con el mantenimiento autónomo del “Revisión Diaria (RD)” para el mantenimiento preventivo proyectado mensualmente para el

año 2020, tomando en cuenta los ítems o componentes en el cual se ha detectado 18 tareas relacionado con los 18 componentes o ítems a los cuales se le tiene que aplicar un mantenimiento preventivo programado de “Revisión Diaria (RD)” de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. La cantidad total de mantenimiento preventivo para la “Revisión Diaria (RD)” es de 18 RD focalizados.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para la “Revisión Diaria (RD)” CMA(RD) a través de la siguiente formula:

$$CMA(RD(18)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas RD} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados RD.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 18 de la “Revisión Diaria (RD)” de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 18 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en la “Revisión Diaria (RD)”.

4.1.6. TPM con mantenimiento autónomo para controlar las fallas más frecuentes (CFF) del tractor

El listado del control de las fallas más frecuentes (CFF) se muestran a continuación:

En la tabla 10 se describe el control de las fallas más frecuentes CFF de los tractores, por ejemplo, se debe controlar el goteo o fugas del aceite, del combustible u otros fluidos, controlar el deterioro del aislamiento eléctrico de las mangueras, controlar la alteración de los terminales de las baterías etc.

Tabla 10
Fallas más frecuentes de los tractores

-
1. Goteos o fugas de aceite, combustible u otros fluidos.

 2. Deterioro del aislamiento eléctrico de las mangueras.
 3. Alteración de las terminales de las baterías.
 4. Pérdida de aire en ruedas con neumáticos hinchables.
 5. Desgaste de las ruedas.
 6. Deformación de las horquillas.
 7. Alteración de la simetría de las horquillas respecto al eje.
 8. Deterioro físico del tablero de control de los elementos mecánicos.
-

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 10 se muestra la lista de “Control de Fallas Frecuentes (CFF)” se muestra la propuesta de TPM con el mantenimiento autónomo del “Control de Fallas Frecuentes (CFF)” para el mantenimiento preventivo proyectado mensualmente para el año 2020, tomando en cuenta los ítems o componentes en el cual se ha detectado 8 tareas relacionado con los 8 componentes a los cuales se le tiene que aplicar un mantenimiento preventivo programado de “Control de Fallas Frecuentes (CFF)” de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. La cantidad total de mantenimiento preventivo para el “Control de Fallas Frecuentes (CFF)” es de 8 componentes focalizados.

- Se debe llevar a cabo el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el “Control de Fallas Frecuentes (CFF)” CMA(CFF) a través de la siguiente formula:

$$\text{CMA(CFF(8))} = \text{N}^\circ \text{ Tareas de MA terminadas CFF} / \text{N}^\circ \text{ Tareas de MA Planificados CFF.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 8 de el “Control de Fallas Frecuentes (CFF)” de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 8 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el “Control de Fallas Frecuentes (CFF)”.

4.1.7. Propuesta TPM para disminuir el número de fallas de los tractores en el 2020

Los tractores con mayor criticidad en el año 2019 fueron 12 tractores según el método de Pareto elaborado en el numeral 4.2.2 y la meta para el 2020 es disminuir en 30% el número de fallas del año 2019 en el año 2020. La tabla 10 muestra el número de fallas proyectadas para el año 2020 tomando la meta trazada. La tabla 11 muestra el número de fallas de tractores proyectadas para el año 2020 para los tractores de mayor criticidad, se indica el total de fallas proyectadas para todo el año 2020 y para calcular esa proyección de fallas se ha considerado una reducción del 30% de las fallas obtenidas en el año 2019. Para el tractor T2-JDG125D las fallas del año 2019 fueron en total 27 fallas y para el año 2020 debe reducirse en $27 * 0.7 = 18.9$ redondeando resulta 19 fallas es decir 30% menos en el año 2020 que del año 2019 y de esa forma se calculó para cada tractor la proyección de fallas para el año 2020 tal como se muestra en la tabla 11:

Tabla 11

Número de fallas de tractores proyectadas para el año 2020

Nº	TRACTORES	NF 2019	NF 2020
1	T2-JDG125D	27	19
2	T5-JDG125D	35	25
3	T6-JDG125D	36	25
4	T7-JDG125D	27	19
5	T9-JDG110J	29	20
6	T11-JDG110J	32	22

N°	TRACTORES	NF 2019	NF 2020
7	T12-MF292	30	21
8	T13-MF292	32	22
9	T14-MF292	30	21
10	T15-MF292	37	26
11	T16-MF292	36	25
12	T19-MF546S	41	29
Total		392	274
Promedio		33	23

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

Según la tabla 11 se muestra la data del número de fallas del año 2019 y en base a la meta de reducir en 30% el número de fallas anual de los tractores de campo, es decir, el cómputo del total de fallas que fue de 392 con una media mensual de 33 fallas en el año 2019 se debe reducir a 274 fallas con una media proyectada de 23 fallas para fines del año 2020.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Máquinas Tractores utilizados en campo espárrago de agroindustria Virú S.A.

Las máquinas tractores que se utilizaron en el campo espárrago de agroindustrias Virú S.A fueron 19 tractores los cuales se muestran en la tabla 12 y se indica el nombre del tractor, su modelo y la cantidad de tractores que existen de dicho modelo:

Tabla 12
Tractores utilizados en campo espárrago de agroindustria Virú S.A.

Nombre del Tractor	Modelo	Cantidad
John Deere	G125D	7
John Deere	G110J	4
Massey Ferguson	292	7
Massey Ferguson	546S	1
Total		19

Nota: Elaboración propia basada en datos obtenidos del inventario de maquinaria de tractores: (Agroindustrias Virú, 2019)

4.2.2. Método de Pareto para determinar la criticidad del número de fallas de los tractores

Según la información recopilada del área de mantenimiento se pudo determinar el número mensual de fallas de las máquinas tractores utilizadas en el cultivo de espárragos de la empresa agroindustrial Virú S.A. del año 2019, la cual se muestra en la siguiente tabla 13. En la tabla anterior se muestra el número de fallas de las máquinas tractores de campo de espárragos de agroindustria Virú S.A. del año 2019 mes a mes que se ha obtenido del área de mantenimiento de maquinarias pesadas de la empresa agroindustria Virú S.A. lo cual ha permitido obtener el total de fallas mensuales de cada uno de los 19 tractores que se utilizaron en dicho campo, de esa manera de ha procesado la tabla 13 que se muestra a continuación:

Tabla 13
Número de fallas de las máquinas tractores de campo espárragos del año 2019

Nº	Máquinas Tractores	Nº de fallas por mes del año 2019												Total	Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	T1-JDG125D	3	2	1	0	2	1	0	3	2	2	1	1	18	1.5
2	T2-JDG125D	2	4	0	2	3	1	2	2	4	2	3	2	27	2.3
3	T3-JDG125D	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	1	2	9	0.8
4	T4-JDG125D	0	2	1	3	1	0	2	1	4	2	2	1	19	1.6
5	T5-JDG125D	5	4	2	3	3	1	4	4	3	1	3	2	35	2.9
6	T6-JDG125D	3	4	2	3	5	4	3	2	3	2	2	3	36	3.0
7	T7-JDG125D	2	1	3	2	2	3	3	4	1	3	1	2	27	2.3
8	T8-JDG110J	0	2	3	2	0	0	2	1	3	1	0	2	16	1.3
9	T9-JDG110J	2	3	5	2	0	2	3	1	2	2	4	3	29	2.4
10	T10-JDG110J	1	2	1	1	0	1	0	0	2	2	1	2	13	1.1
11	T11-JDG110J	3	4	4	3	1	2	2	3	1	2	3	4	32	2.7
12	T12-MF292	2	3	3	1	2	3	3	4	4	2	1	2	30	2.5
13	T13-MF292	4	1	3	2	2	3	3	3	2	4	3	2	32	2.7
14	T14-MF292	3	2	1	4	2	3	2	2	3	2	3	3	30	2.5
15	T15-MF292	4	4	4	3	1	2	3	4	3	2	4	3	37	3.1
16	T16-MF292	2	3	2	4	3	2	4	4	2	3	3	4	36	3.0

Nº	Máquinas	Nº de fallas por mes del año 2019												Total	Prom
	Tractores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
17	T17-MF292	1	2	1	2	1	3	2	1	1	0	1	1	16	1.3
18	T18-MF292	2	2	1	0	1	0	2	0	1	1	2	2	14	1.2
19	T19-MF546S	4	3	3	2	4	5	3	2	4	6	3	2	41	3.4

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

En la tabla 13 se muestra el número de fallas de las máquinas tractores de campo de espárragos de agroindustria Virú S.A. del año 2019 mes a mes que ha permitido obtener el total de fallas mensuales de cada uno de los 19 tractores que se utilizaron en dicho campo. Se observa que, del total de fallas, el mayor valor recae en el tractor T19 con 41 fallas acumuladas en el año 2019 y el tractor de menor falla fue el tractor T3 con 9 fallas.

4.2.3. Distribución de frecuencias ordenadas en forma descendente del total de fallas de tractores de campo espárragos del año 2019

Se muestra la tabla 14 la distribución de frecuencias ordenadas en forma descendente del total de fallas de tractores de campo espárragos del año 2019. Para el tractor T19 se ha calculado el porcentaje relativo dividiendo las fallas de dicho tractor de 41 fallas entre el total de fallas de los 19 tractores que es de 497 fallas y el resultado se multiplica por 100% resultando 8.2% el porcentaje relativo de fallas del tractor T19 y el porcentaje acumulado es la suma de los porcentajes relativos, es decir para T15 el porcentaje acumulado es de 8.2% + 7.4% resulta 15.6% de porcentaje acumulado. El mismo procedimiento se ha utilizado para los demás tractores del campo espárrago tal como se indica en la tabla 14:

Tabla 14***Distribución de frecuencias ordenadas en forma descendente del total de fallas de tractores de campo espárrago del año 2019***

Tractor	Frecuencia	% relativo	% acumulado
T19	41	8.2%	8.2%
T15	37	7.4%	15.7%
T6	36	7.2%	22.9%
T16	36	7.2%	30.2%
T5	35	7.0%	37.2%
T11	32	6.4%	43.7%
T13	32	6.4%	50.1%
T12	30	6.0%	56.1%
T14	30	6.0%	62.2%
T9	29	5.8%	68.0%
T2	27	5.4%	73.4%
T7	27	5.4%	78.9%
T4	19	3.8%	82.7%
T1	18	3.6%	86.3%
T8	16	3.2%	89.5%
T17	16	3.2%	92.8%
T18	14	2.8%	95.6%
T10	13	2.6%	98.2%
T3	9	1.8%	100.0%
Total	497	100%	

Nota: Data del área de mantenimiento de tractores de campo de espárragos de Virú S.A.

Según la tabla 14 que muestra la distribución de frecuencias ordenadas en forma descendente del total de fallas de tractores de campo espárrago del año 2019, se observa que el tractor número T19 obtuvo el mayor número de fallas que fue de 41 fallas con un porcentaje de 8.2% de los meses de enero a diciembre del año 2019, siendo el tractor T19 el que obtuvo la criticidad más alta en número de fallas. El tractor número T3 obtuvo el menor número de fallas fue de 9 fallas con un porcentaje de 1.8% de los meses

de enero a diciembre del año 2019, siendo el tractor T3 el que obtuvo la criticidad más baja en número de fallas.

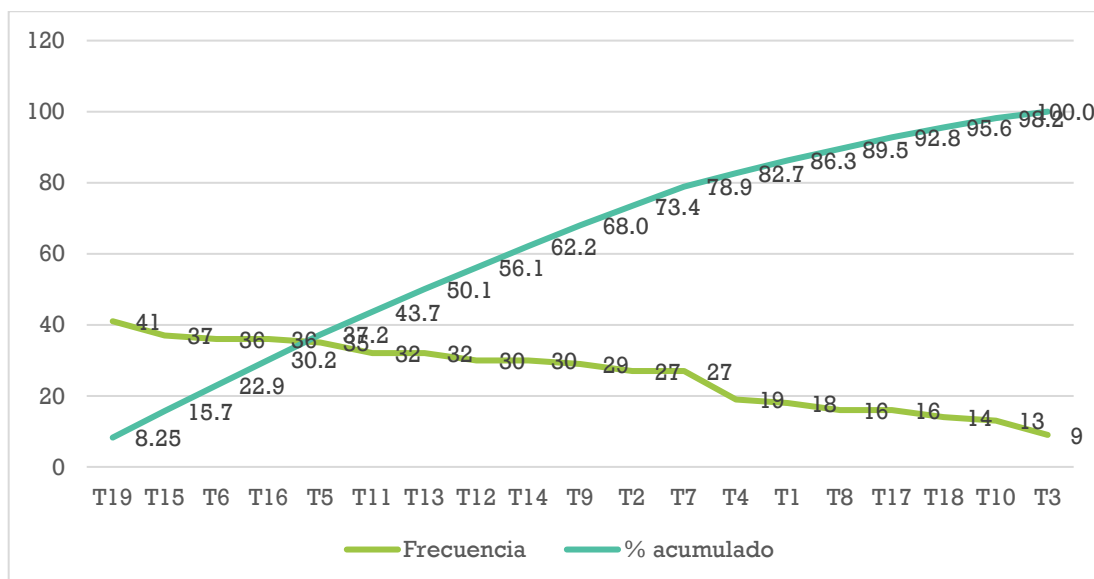


Figura 2
Diagrama de Pareto para determinar la criticidad de fallas de los tractores

Según la figura 2 se muestra el diagrama de Pareto para determinar la criticidad de las fallas de los 19 tractores de campo de espárragos de la agroindustria Virú SA, el enfoque de Pareto considera críticos las máquinas de tractores cuyo porcentaje acumulado de las fallas se encuentran hasta el 80%, por eso los porcentajes están ordenados de mayor a menor la frecuencia de fallas y los tractores que están con valores superiores al 80% acumulado son los tractores T4, T1, T8, T17, T18, T10 y T3, es decir, son esos 7 tractores que no se consideran por tener pocas fallas ya que el método de Pareto considera los tractores de mayor frecuencias de fallas cuyo porcentaje acumulado debe estar dentro del 80% por eso se le dice 80% - 20% al método de Pareto. Por lo tanto, se trabaja con los tractores T2, T5, T6, T7, T9, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T19 lo que representa a 12 tractores que tienen mayor criticidad en la empresa agroindustrial objeto de investigación.

4.2.4. Tiempo de paradas por fallas (TPF) de los tractores con criticidad año 2019

El tiempo de paradas por fallas para cada tractor se ha obtenido del área de mantenimiento de tractores de la empresa agroindustria Virú S.A. y esta expresada en horas. Para el tractor T2-JDG125D tuvo en el mes de enero del 2019 18 horas de paradas por fallas y para el mes de febrero tuvo 36 horas de tiempo de paradas por fallas y así sucesivamente obteniendo un total anual de 263 horas de paradas por fallas y un promedio mensual de 21.1 horas de paradas por fallas. De igual forma se procedió con los demás tractores de mayor criticidad que fueron 12 tractores, obteniéndose un promedio anual de los 12 tractores de 281 horas de paradas por fallas tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15
Tiempo de paradas por fallas TPF (horas) de los tractores de mayor criticidad año 2019

Nº	Máquinas Tractores	Mes del año 2019												Total	Pro m
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	T2-	1	3	0	2	1	9	2	2	4	28	22	14	253	21.1
	JDG125D	8	6	0	2	1	9	2	7	4					
2	T5-	4	2	2	3	2	1	3	4	3	14	29	24	338	28.2
	JDG125D	1	5	1	2	5	4	8	3	2					
3	T6-	3	4	2	1	3	3	3	2	2	15	26	32	333	27.8
	JDG125D	4	2	4	9	5	1	0	3	2					
4	T7-	2	9	2	1	2	2	3	3	9	22	9	25	236	19.7
	JDG125D	2	9	4	4	0	1	0	1	9					
5	T9-	1	2	3	2	0	1	2	1	1	26	25	30	236	19.7
	JDG110J	2	1	3	5	0	4	1	5	4					
6	T11-	1	2	2	2	1	1	2	2	1	24	31	32	268	22.3
	JDG110J	8	2	6	9	4	6	1	2	3					
7	T12-MF292	2	2	3	1	2	2	2	3	2	12	13	22	258	21.5
		1	2	1	3	2	1	7	1	3					

Nº	Máquinas Tractores	Mes del año 2019												Total	Pro m
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
8	T13-MF292	3	1	2	2	2	2	2	3	2	29	27	22	292	24.3
		1	3	2	2	3	1	7	1	4					
9	T14-MF292	2	2	1	2	1	2	2	1	2	13	21	27	247	20.6
		1	2	3	7	8	1	4	8	2					
10	T15-MF292	3	2	2	2	1	2	2	3	2	24	28	23	306	25.5
		6	8	6	7	1	4	7	1	1					
11	T16-MF292	1	2	2	2	2	1	2	2	2	27	21	28	285	23.8
		8	3	2	7	4	8	9	6	2					
12	T19- MF546S	2	2	2	1	2	3	2	1	3	38	28	22	318	26.5
		5	7	1	8	7	3	7	9	3					
	Promedio													281	23.4

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 15 que muestra el Tiempo de paradas por fallas TPF, en horas, de los 12 tractores de mayor criticidad por las fallas de los tractores de campo espárrago del año 2019, se observa que el tractor número T19 obtuvo el mayor tiempo de parada por fallas siendo 318 horas de paradas de dicho tractor en el 2019, con un promedio mensual de 26.5 horas de Tiempo de paradas por fallas TPF en el año 2019, y esto se debe a que el tractor T19 obtuvo la criticidad más alta en número de fallas. El promedio anual del Tiempo de paradas por fallas TPF, en horas, de los 12 tractores de mayor criticidad por las fallas de los tractores de campo espárrago del año 2019 fue de 281 horas. El promedio mensual de los 12 tractores fue de 23.4 horas.

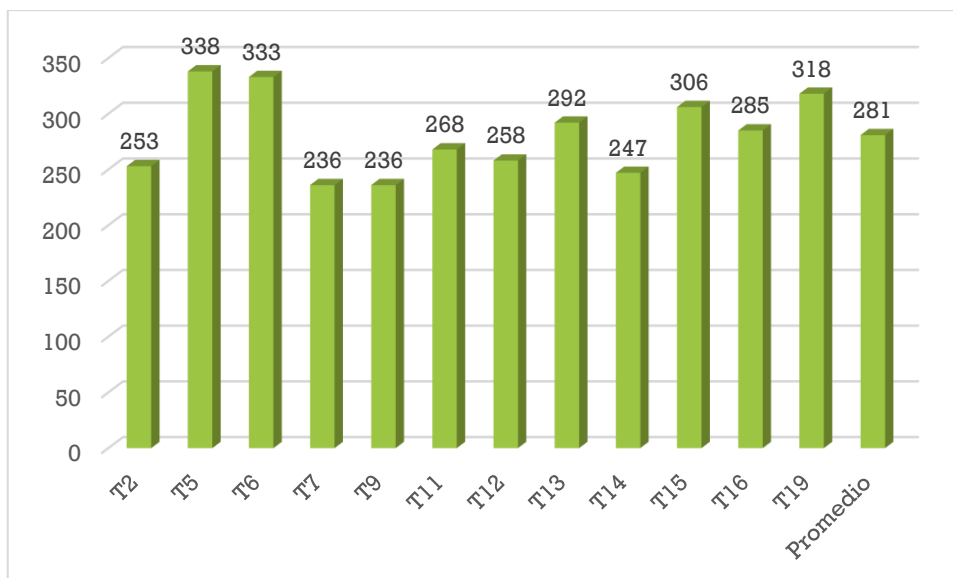


Figura 3
Tiempo de parada por fallas (TPF) anuales en horas

4.2.5. Tiempo de producción real (TPR) año 2019

Según la tabla 16, para determinar el tiempo de producción real (TPR) se ha considerado los 365 días que contiene de enero a diciembre del 2019 sin descontar los domingos que también laboran los turnos programados menos los 15 días feriado que tuvo el 2019 siendo 350 días los días laborables y el trabajo de las maquinarias es de 12 horas por día. Para el tractor T2-JDG125D el tiempo de paradas por fallas en el año 2019 fue de 253 horas de paradas (ver tabla 15) y el tiempo de producción real se calculó restando al tiempo programado el total de horas de paradas. El tiempo programado es de 350 días/año * 8 horas /día resulta 4,200 horas programadas y a eso se le resta las 253 horas de paradas por fallas resulta 3937 horas total de producción real (TPR) y el mismo procedimiento se ha utilizado para calcular el TPR para cada tractor tal como lo muestra la tabla 16.

Tabla 16***Tiempo de producción real TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad año 2019***

Nº	Máquinas Tractores	TPF anual	TPR
1	T2-JDG125D	253	3947
2	T5-JDG125D	338	3862
3	T6-JDG125D	333	3867
4	T7-JDG125D	236	3964
5	T9-JDG110J	236	3964
6	T11-JDG110J	268	3932
7	T12-MF292	258	3942
8	T13-MF292	292	3908
9	T14-MF292	247	3953
10	T15-MF292	306	3894
11	T16-MF292	285	3915
12	T19-MF546S	318	3882
	Promedio	281	3919

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 16 muestra el tiempo de producción real TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad. El tiempo de producción real (TPR) para el tractor T2, resulta:

$$\text{TPR}(T2) = (350 \text{ días /año} * 12 \text{ horas /día}) - 253 \text{ horas / año}$$

$$\text{TPR}(T2) = 3947 \text{ horas anuales}$$

Donde 253 horas es el tiempo de parada por fallas o averías en el año 2019.

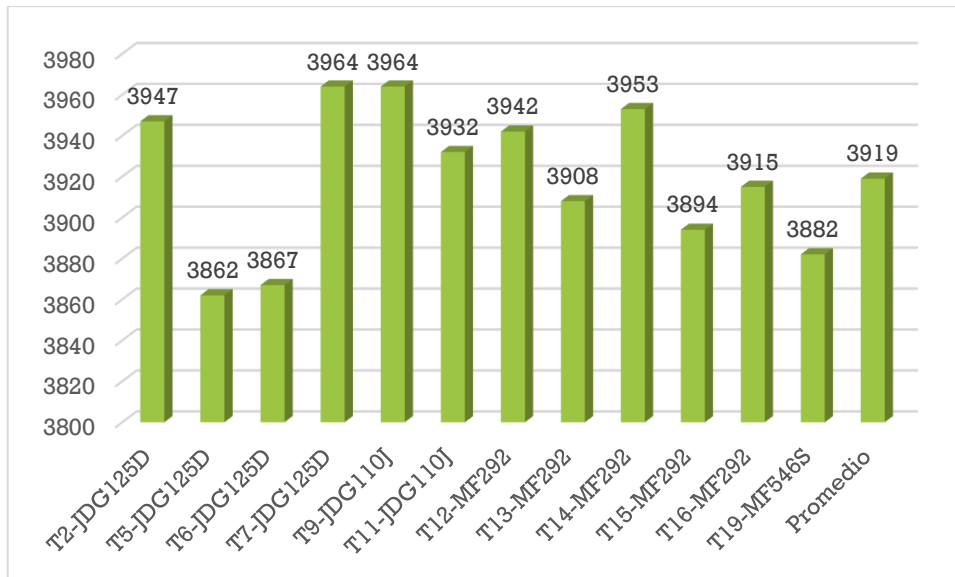


Figura 4
 Tiempo de producción real TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad

El Tiempo de producción real TPR (horas) promedio de los 12 tractores de mayor criticidad fue de 3919 horas en el 2019

4.2.6. Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) por mantenimiento de tractores

El Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) para el mantenimiento de tractores se calculó según la fórmula:

$$\text{TMRF} = \frac{\text{Tiempo de paradas por fallas}}{\text{Número de fallas}}$$

El Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) de la tabla 17 se calculó dividiendo el tiempo promedio de fallas entre el número de fallas, para el tractor T2-JDG125D se divide 253 horas anuales de tiempo de parada por fallas de dicho tractor entre 27 que son el número de fallas anual resultando 9.4 horas de tiempo medio de reparación de fallas para el tractor indicado y el mismo procedimiento se realizó para calcular el TMRF de los tractores de mayor criticidad, tal como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17
Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF)

N°	TRACTORES	TPF anual	NF	TMRF
1	T2-JDG125D	253	27	9.4
2	T5-JDG125D	338	35	9.7
3	T6-JDG125D	333	36	9.3
4	T7-JDG125D	236	27	8.7
5	T9-JDG110J	236	29	8.1
6	T11-JDG110J	268	32	8.4
7	T12-MF292	258	30	8.6
8	T13-MF292	292	32	9.1
9	T14-MF292	247	30	8.2
10	T15-MF292	306	37	8.3
11	T16-MF292	285	36	7.9
12	T19-MF546S	318	41	7.8
Total			392	
Promedio		281	33	8.6

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 17 Donde TMRF es el tiempo medio de reparación de falla y se calcula el TMRF por tractor. Para el tractor T2 se ha calculado el TMRF de la siguiente forma:

$$\text{TMRF}(T2) = \frac{253}{27} = 9.4 \text{ horas}$$

El tiempo medio de reparación de falla para el tractor 2, TMRF(T2), fue de 9.4 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para el tractor T2 en el año 2019. Con este procedimiento se calculó el tiempo medio de reparación de fallas que se encuentra en el rango de 7.8 (T19) a 9.7 (T5), siendo el promedio de TMRF de 8.6 horas de los 12 tractores, tal como se muestra en la tabla 18 y figura 5.

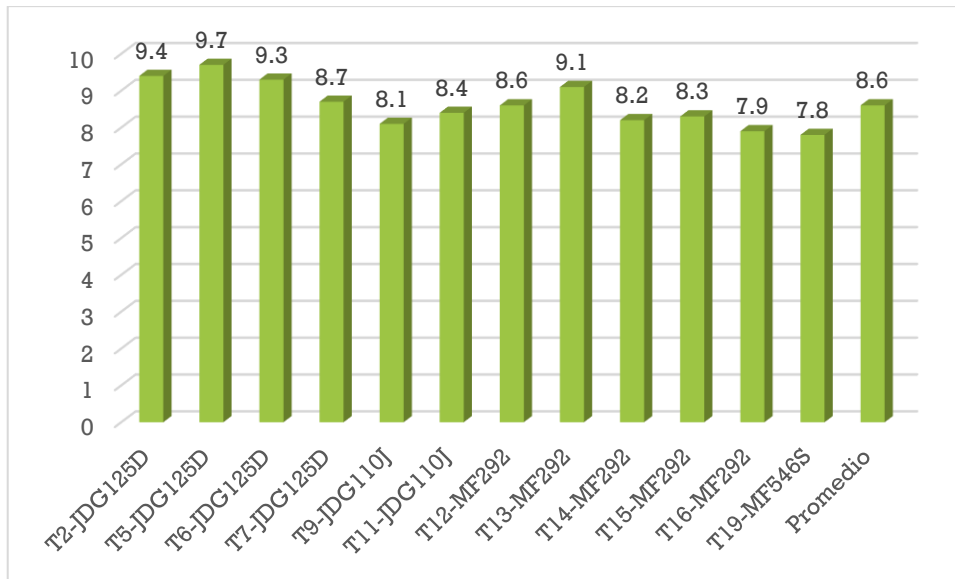


Figura 5
Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF)

4.2.7. Porcentaje de tiempo perdido por mantenimiento de tractores

Se describe el procedimiento seguido para elaborar la tabla 18 que corresponde al porcentaje del tiempo perdido por mantenimiento de tractores, es decir, el tiempo perdido que tiene un tractor durante todo el proceso de reparación hasta que opere adecuadamente en el plazo establecido. Se calculó según la fórmula:

$$PTP = \frac{\text{Tiempo perdido por fallas}}{\text{Tiempo total programado}} * 100\%$$

Donde PTP es el porcentaje de tiempo perdido total por fallas entre el tiempo total programado calculándose el PTP por tractor. Para el tractor T2, se ha calculado el PTP tomando en cuenta que el tiempo perdido total del año 2019 fue de 253 horas y el tiempo total programado se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo total programado} = ((\text{Días laborables} - \text{feriados}) * \text{Horas tractor} / \text{día})$$

Reemplazando se tiene:

$$PTP(T2) = \frac{253 \text{ horas/año}}{(350 \text{ días/año} * 12 \text{ horas/día})} = 6.0 \%$$

El porcentaje de tiempo perdido PTP(T2) que es el porcentaje de tiempo perdido total que fue de 6.0% para el tractor T2 en el 2019. El mismo procedimiento se ha utilizado para calcular el porcentaje del tiempo perdido por fallas de tractores lo cual se muestra en la tabla 18:

Tabla 18
Porcentaje de tiempo perdido PTP

Nº	Máquinas Tractores	TPF anual	Porcentaje de tiempo perdido
1	T2-JDG125D	253	6.0%
2	T5-JDG125D	338	8.0%
3	T6-JDG125D	333	7.9%
4	T7-JDG125D	236	5.6%
5	T9-JDG110J	236	5.6%
6	T11-JDG110J	268	6.4%
7	T12-MF292	258	6.1%
8	T13-MF292	292	7.0%
9	T14-MF292	247	5.9%
10	T15-MF292	306	7.3%
11	T16-MF292	285	6.8%
12	T19-MF546S	318	7.6%
	Promedio	281	6.7%

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Se observa en la tabla 18 el porcentaje de tiempo perdido por fallas en los tractores de campo espárrago, en el cual el rango es 5.6% a 8%, siendo los tractores T7 y T9 los que han obtenido el

menor porcentaje de 5.6% de tiempo perdido por fallas mientras que el tractor T5 obtuvo el mayor porcentaje de 8.0% de tiempo perdido por fallas. El promedio de los 12 tractores de mayor criticidad fue 6.7% de porcentaje de tiempo perdido por fallas en los tractores de campo espárrago tal como se muestra en la figura 6.

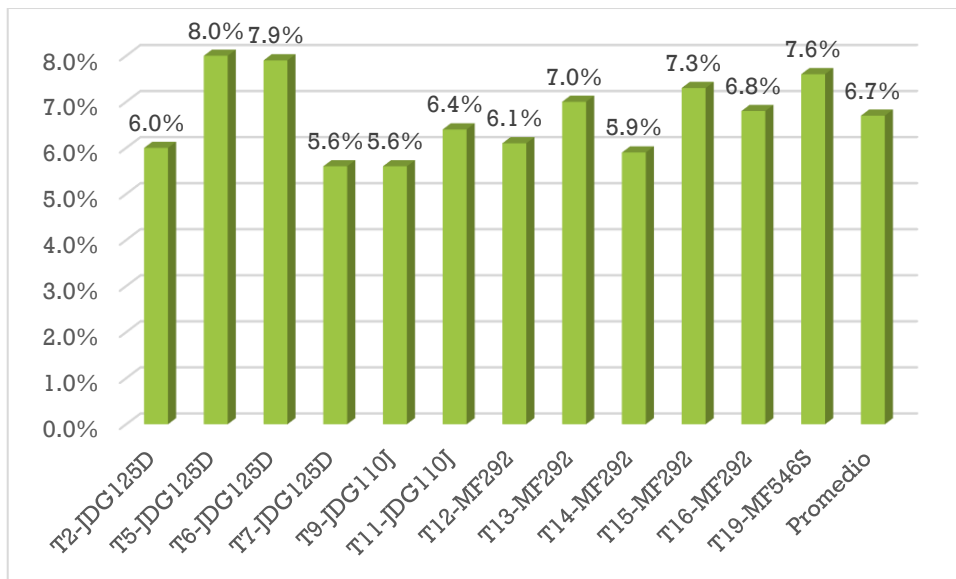


Figura 6
Porcentaje de tiempos perdidos por fallas en tractores

4.2.8. Porcentaje de disponibilidad de tractores del año 2019

Es la confianza que se tiene de un tractor que entró a reparación luego se desempeñe óptimamente en el tiempo establecido.

Según la fórmula:

$$D = \frac{\text{Tiempo producción real}}{\text{Tiempo total programado}} * 100\%$$

Donde D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real producido entre el tiempo total programado por tractor. Para el tractor T2 se ha calculado la disponibilidad del año 2019, de la siguiente manera:

$$D(T2) = \frac{3947}{350*12} * 100\% = 94.0 \%$$

La disponibilidad (D) que es el porcentaje de tiempo real producido que fue de 94.0% para el tractor T2 en el año 2019 para campo espárragos de agroindustria Virú SA. Del mismo modo se ha calculado el porcentaje de disponibilidad para cada tractor mostrado en la tabla 19:

Tabla 19
Cálculo de la disponibilidad de tractores de campo espárrago

N°	Tractores	TPF anual (horas)	TPR (horas)	Disponibilidad (%)
1	T2-JDG125D	253	3947	94.0
2	T5-JDG125D	338	3862	92.0
3	T6-JDG125D	333	3867	92.1
4	T7-JDG125D	236	3964	94.4
5	T9-JDG110J	236	3964	94.4
6	T11-JDG110J	268	3932	93.6
7	T12-MF292	258	3942	93.9
8	T13-MF292	292	3908	93.0
9	T14-MF292	247	3953	94.1
10	T15-MF292	306	3894	92.7
11	T16-MF292	285	3915	93.2
12	T19-MF546S	318	3882	92.4
	Promedio	281	3919	93.3

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 19, se observa que la disponibilidad de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 92.0% lo obtuvo el tractor T5 y en el rango superior de 94.4% que lo obtuvieron los tractores T7 y T9. El promedio fue de 93.3% y con

estos porcentajes obtenidos se comprueba que la disponibilidad de los tractores de campo espárrago no se encuentran en un buen nivel tal como se muestra en la figura 7 que grafica los valores de la disponibilidad de los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Viru SA en el año 2019.

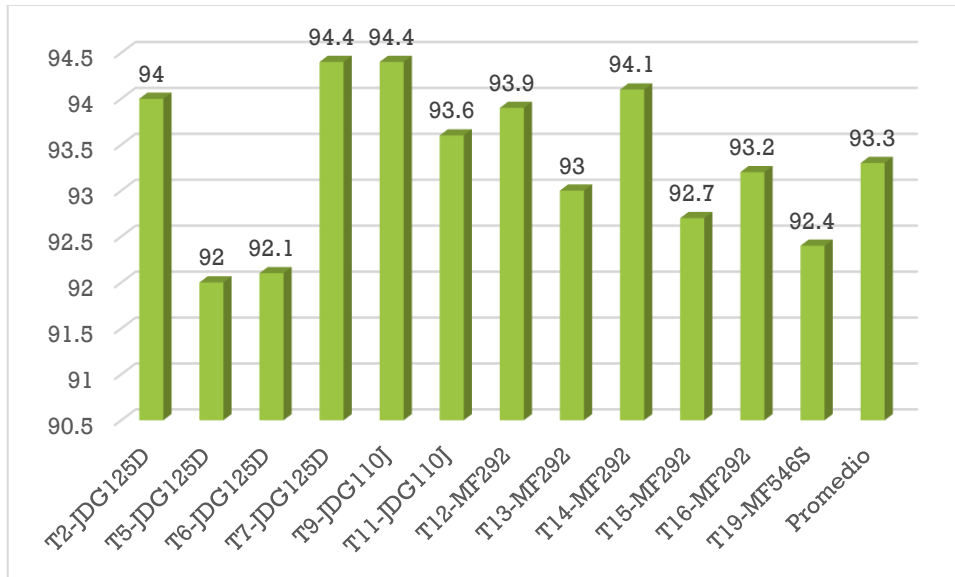


Figura 7
Disponibilidad de tractores año 2019

4.2.9. Porcentaje de rendimiento de tractores del año 2019

Es la probabilidad de que un tractor pueda funcionar correctamente sin presentar falla por un tiempo determinado.

Según la fórmula:

$$R = \left(e^{-\frac{1}{\text{TPR}} \cdot \text{TPP}} \right) * 100\%$$

TPR es el Tiempo de producción real

TPP es el Tiempo de producción programado o tiempo programado de operatividad

Donde R es el porcentaje de rendimiento que se ha calculado según la fórmula mostrada por tractores. Para la maquina T2 se ha calculado el rendimiento del año 2019, entonces se tiene:

$$R(T2) = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{3947}\right) * 4200}{100}} \right) * 100\% = 98.9\%$$

El rendimiento R(T2) porcentual fue de 98.947% para el tractor T2 en el año 2019. Del mismo modo se ha calculado el porcentaje de rendimiento para cada tractor mostrado en la tabla 20:

Tabla 20
Cálculo del rendimiento de tractores de campo espárrago

N°	Tractores	TPF anual (horas)	TPR (horas)	Rendimiento
1	T2-JDG125D	253	3947	98.94
2	T5-JDG125D	338	3862	98.92
3	T6-JDG125D	333	3867	98.92
4	T7-JDG125D	236	3964	98.95
5	T9-JDG110J	236	3964	98.95
6	T11-JDG110J	268	3932	98.94
7	T12-MF292	258	3942	98.94
8	T13-MF292	292	3908	98.93
9	T14-MF292	247	3953	98.94
10	T15-MF292	306	3894	98.93
11	T16-MF292	285	3915	98.93
12	T19-MF546S	318	3882	98.92
	Promedio	281	3919.1667	98.93

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 20, se observa que el rendimiento de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 98.92% lo obtuvieron los tractores T5, T6 y T19 y en el rango superior de 98.95% que lo obtuvieron los tractores T7 y T9. El promedio fue de 98.93% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que el rendimiento de los tractores de campo espárrago se encuentran

en un nivel aceptable tal como se muestra en la figura 8 que grafica los valores del rendimiento de los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Viru SA en el año 2019.

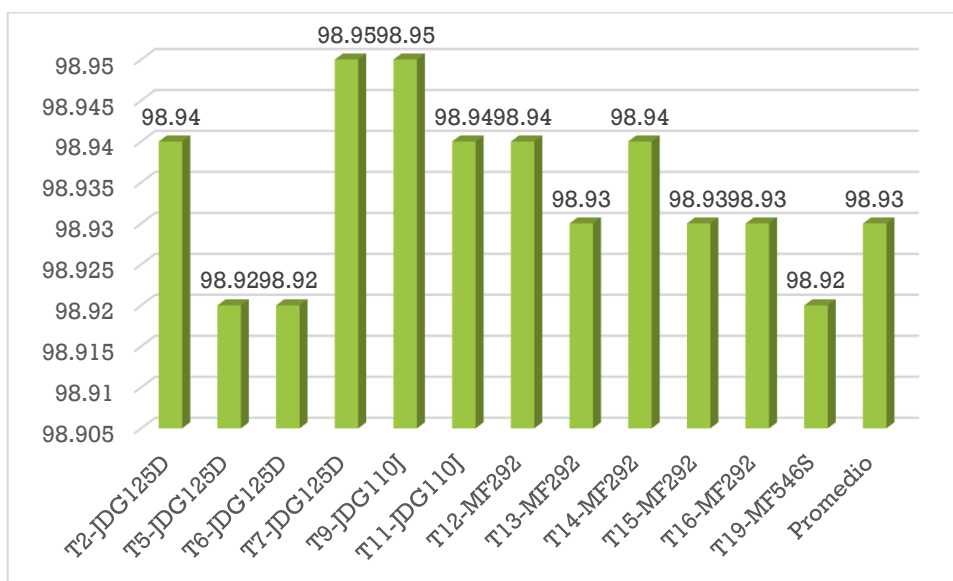


Figura 8
Porcentaje de rendimiento de tractores año 2019.

4.2.10. Porcentaje de calidad de tractores del año 2019 del año 2019

La calidad es el proceso de mantener operativa una máquina incluye las reparaciones en un tiempo óptimo. Incluye desde la detección del deterioro hasta su reparación y su mantenibilidad operativa con estado óptimo. Se muestra según la fórmula:

$$C = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{\text{TMRF} \cdot \text{NF}}\right) \cdot \text{TPP}}{100}} \right) * 100\%$$

TMRF es el Tiempo medio de reparación de fallas

NF es el número de fallas por periodo del 2019

TPP es el Tiempo de producción programado.

Donde C es el porcentaje de calidad que se ha calculado según la fórmula mostrada por cada tractor.

Para el tractor T2, se ha calculado la calidad del año 2019, entonces se tiene:

$$C(T2) = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{9.4*27}\right)*4200}{100}} \right) * 100\% = 84.75\%$$

La calidad C(T2) porcentual fue de 84.75% para el tractor T2 en el año 2019. Del mismo modo se ha calculado el porcentaje de la calidad para cada tractor mostrado en la tabla 21:

Tabla 21
Cálculo de la calidad de tractores de campo espárrago

Tractores	NF	TMRF	Calidad
T2-JDG125D	27	9.4	84.75
T5-JDG125D	35	9.7	88.36
T6-JDG125D	36	9.3	88.21
T7-JDG125D	27	8.7	83.63
T9-JDG110J	29	8.1	83.63
T11-JDG110J	32	8.4	85.53
T12-MF292	30	8.6	84.98
T13-MF292	32	9.1	86.57
T14-MF292	30	8.2	84.30
T15-MF292	37	8.3	87.22
T16-MF292	36	7.9	86.27
T19-MF546S	41	7.8	87.69
Promedio	32.7	8.6	85.93

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 21, se observa que la calidad de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 83.63% que lo obtuvieron los tractores T7, T9 y en el rango superior de 88.36% que lo obtuvo el tractor T5. El promedio fue de 85.93% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que la calidad de los tractores de campo espárrago se encuentran en un nivel no

aceptable lo cual significa que debe ser mejorada en 14% que le falta para tener una calidad óptima. La figura 9 grafica los valores de la calidad de los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Viru SA en el año 2019.

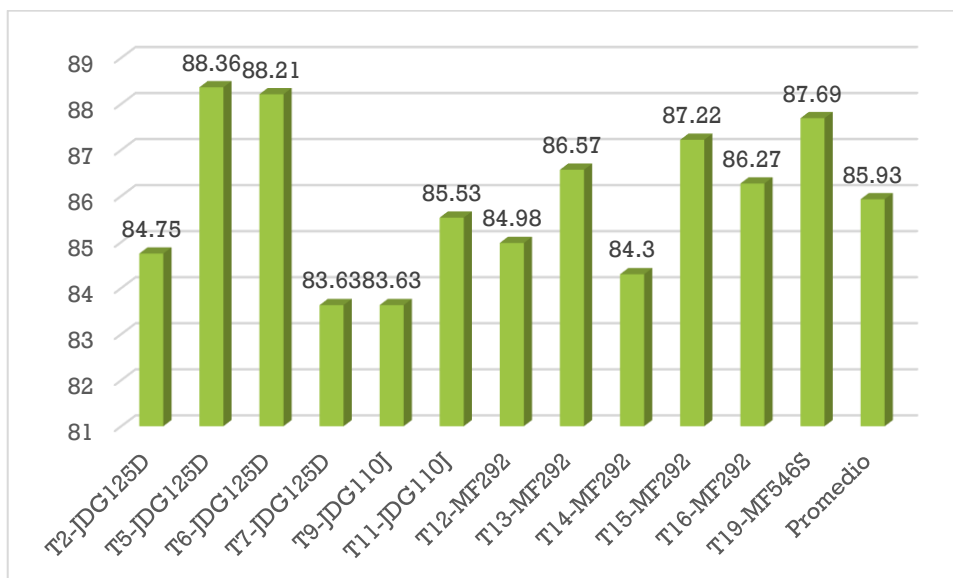


Figura 9
Porcentaje de calidad de tractores año 2019. (Fuente: elaboración propia)

4.2.11. Eficiencia Total de Tractores de campo espárragos del año 2019

La eficiencia total de tractores es la capacidad de lograr los objetivos y métodos programados con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado, como se muestra según la fórmula.

$$E = D * R * C$$

E es la eficiencia total de los tractores.

D es la disponibilidad de los tractores.

R es el rendimiento de los tractores.

C es la calidad de los tractores.

Reemplazando valores para el tractor T2 se tiene:

$$E(T2) = (0.940 * 0.9894 * 0.8475) * 100\%$$

$$E(T2) = 78.82\%$$

La eficiencia total porcentual del tractor T2 fue de 78.82% en el año 2019, lo cual demuestra un nivel bajo de eficiencia total del tractor T2 usado en campo de espárrago de la agroindustria Virú SA. Del mismo modo se ha calculado el porcentaje de eficiencia para cada tractor mostrado en la tabla 22:

Tabla 22
Cálculo de la Eficiencia Total de las máquinas tractores del campo espárrago

N°	Tractores	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia
1	T2-JDG125D	94	98.94	84.75	78.82
2	T5-JDG125D	92	98.92	88.36	80.41
3	T6-JDG125D	92.1	98.92	88.21	80.36
4	T7-JDG125D	94.4	98.95	83.63	78.12
5	T9-JDG110J	94.4	98.95	83.63	78.12
6	T11-JDG110J	93.6	98.94	85.53	79.21
7	T12-MF292	93.9	98.94	84.98	78.95
8	T13-MF292	93	98.93	86.57	79.65
9	T14-MF292	94.1	98.94	84.3	78.49
10	T15-MF292	92.7	98.93	87.22	79.99
11	T16-MF292	93.2	98.93	86.27	79.54
12	T19-MF546S	92.4	98.92	87.69	80.15
	<i>Promedio</i>	93.3	98.93	85.93	79.31

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 22, se observa que la eficiencia total de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 78.12% que lo obtuvieron los tractores T7 y T9 y en el rango superior de 80.41% que lo obtuvo el tractor T5. El promedio fue de 79.31% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que la eficiencia total de los tractores de campo espárrago se encuentran en un nivel bajo lo cual significa que debe ser

mejorada. La figura 10 grafica los valores de la eficiencia total de los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Viru SA en el año 2019.

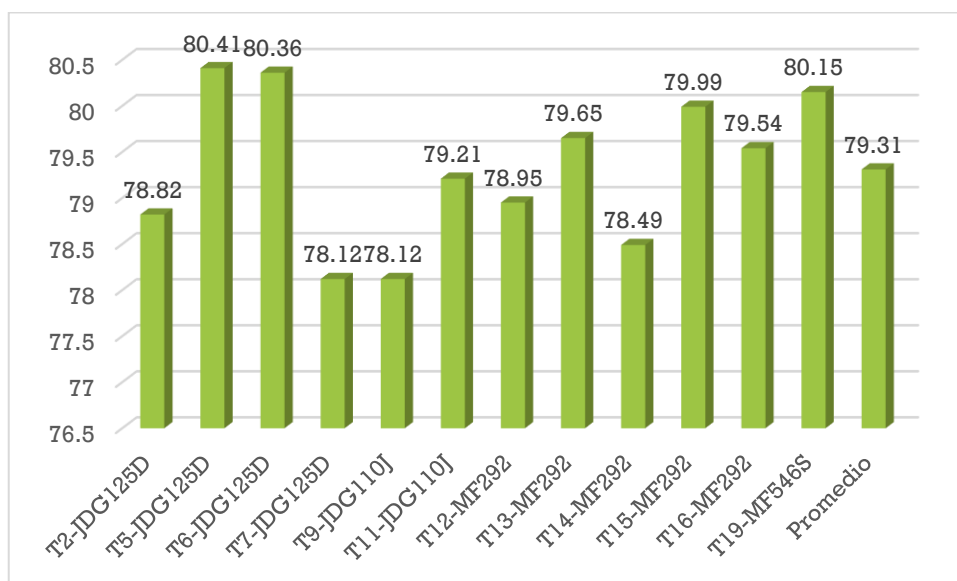


Figura 10
Porcentaje de Eficiencia de tractores de campo espárrago año 2019.

4.2.12. TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Motor (SM)” de tractores

En la tabla 23 se colocó el mantenimiento realizado en el 2019 y el mantenimiento programado del año 2020 del “Subsistema Motor (SM)” de tractores, y se determinó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo y el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado del año 2019. Se calculó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado para el 2019. En la inspección del motor del tractor se realizó 8 inspecciones del motor en el 2019 y se toma como referencia el número de mantenimiento autónomo programado para el año 2020 que es de 12 inspecciones de motor que es lo recomendado y dividiendo $8/12 * 100\%$ resulta 67% que es el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo programado para la inspección del motor de cada tractor y como no se ha realizado las 12 inspecciones programadas se considera que la tarea de realizar las inspecciones no se han

ejecutado al 100% por lo tanto se le da un valor de 0 a la tarea del cumplimiento de todas las inspecciones al motor. Este mismo procedimiento se realiza en cada una de las 12 tareas del mantenimiento al subsistema motor tal como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23
Cumplimiento del Mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Motor (SM)” de tractores

Tareas	Mantenimiento Realizado 2019	Mantenimiento Programado 2020	% Cumplimiento Mantenimiento Programado	Tareas de mantenimiento terminado 1=Si, 0=No
1.Inspección del motor	8	12	67%	0
2.Turbo Compresor	3	6	50%	0
3.Nivel de aceite	7	12	58%	0
4.Filtro de aire	6	6	100%	1
5.Filtro de petróleo	4	4	100%	1
6.Inyectores	4	4	100%	1
7.Sensor de temperatura	2	4	50%	0
8.Sensor de presión	2	4	50%	0
9.Radiador	3	4	75%	0
10.Cañerías, mangueras y cables	2	3	67%	0
11.Abrazaderas	4	4	100%	1
12.Soporte de motor	2	2	100%	1
Total	26	46		5
Promedio			76%	42%

Nota: datos tomados del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 23 se muestra el mantenimiento realizado del año 2019 y se compara con el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 del “Subsistema Motor (SM)” con lo cual se ha calculado el índice del mantenimiento autónomo del año 2019 y evaluado el diagnóstico del nivel de cumplimiento del mantenimiento autónomo del TQM, en donde hay 12 componentes o elementos o ítems a los cuales se le ha aplicado el mantenimiento preventivo programado al Subsistema Motor de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. Se muestra el mantenimiento realizado en relación al programado. Se toma como base el año 2020 debido a que a partir del 2020 se aplica el TQM y que mejora el mantenimiento del subsistema Motor de los tractores. Se ha determinado el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el subsistema motor CMA(SM) a través de la siguiente fórmula:

$CMA(SM(12)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas SM} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados SM.}$

Las tareas planificadas en este caso son 12 del “Subsistema Motor (SM) de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 12 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el Subsistema Motor.

$$CMA(SM(12)) = (5 / 12) * 100\% = 42\%$$

Significa que el 42% de las tareas programadas fueron realizadas en su totalidad siendo este valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo del Subsistema Motor de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A.

Se determinó el Cumplimiento del Mantenimiento Programado CMP(SM) mediante el siguiente indicador:

$$\text{CMP}(\text{SM}(46)) = \frac{\text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (SM)}}{\text{N}^\circ \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (SM)}}$$

$$\text{CMP}(\text{SM}(46)) = (26 / 46) * 100\% = 76\%$$

En el mantenimiento del Subsistema Motor hay 46 mantenimientos programados en 12 componentes para el año 2020 que es el año base ya que la meta es llegar a 46 mantenimientos programados y se toma la misma cantidad para el mantenimiento programado para el año 2019. El cumplimiento del mantenimiento programado del Subsistema Motor para el año 2019 fue de 76% del total de 46 mantenimientos programados a 12 componentes y que corresponde al mantenimiento preventivo programado del subsistema Motor de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A. en el 2019.

4.2.13. TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Hidráulico (SH)” de tractores

En la tabla 24 se colocó el mantenimiento realizado en el 2019 y el mantenimiento programado del año 2020 del “Subsistema Hidráulico (SH)” de tractores, y se determinó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo y el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado del año 2019. Se calculó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado para el 2019 en el subsistema hidráulico del tractor se realizó 3 mantenimientos realizados en el 2019 para el filtro hidráulico y se tomó como referencia el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 que es de 3 mantenimientos al filtro hidráulico que es lo recomendado y dividiendo $3/3 * 100\%$ resulta 100% que es el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo programado para el filtro hidráulico de cada tractor y como se ha realizado los 3

mantenimientos programados se considera que la tarea de realizar mantenimiento al filtro hidráulico se han ejecutado al 100% por lo tanto se le da un valor de 1 a la tarea del cumplimiento de todos los mantenimientos al filtro hidráulico. Este mismo procedimiento se realiza en cada una de las 9 tareas que se realiza en el mantenimiento al subsistema hidráulico tal como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24
Cumplimiento del mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Hidráulico (SH)” de tractores

Tareas	Mantenimiento Realizado 2019	Mantenimiento Programado 2020	% Cumplimiento Mantenimiento Programado	Tareas de mantenimiento terminado 1=Si, 0=No
1.Filtro hidráulico	3	3	100%	1
2.Nivel de aceite hidráulico	7	12	58%	0
3.Bomba hidráulica	3	3	100%	1
4.Control de válvulas	3	3	100%	1
5.Pistones	3	3	100%	1
6.Tanque hidráulico	3	4	75%	0
7.Cañerías	2	3	67%	0
8.Mangueras	3	3	100%	1
9.Conexiones	2	3	67%	0
Total	29	37		5
Promedio			85%	56%

Nota: datos del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 24 se muestra el mantenimiento realizado del año 2019 y se compara con el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 del “Subsistema Hidráulico (SH)” con lo cual se ha calculado el índice del mantenimiento autónomo del año 2019 y evaluado el diagnóstico del nivel de cumplimiento del mantenimiento autónomo del TQM, en donde hay 9 componentes o elementos o ítems a los cuales se le ha aplicado el mantenimiento preventivo programado al Subsistema Hidráulico (SH) de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. Se muestra el mantenimiento realizado en relación al programado. Se toma como base el año 2020 debido a que a partir del 2020 se aplica el TQM y que mejora el mantenimiento del subsistema Hidráulico (SH) de los tractores. Se ha determinado el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el subsistema Hidráulico CMA(SH) a través de la siguiente fórmula:

$CMA(SH(9)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas SM} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados SM}$.

Las tareas planificadas en este caso son 9 del “Subsistema Hidráulico (SH)” de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 9 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el Subsistema Hidráulico (SH).

$CMA(SH(9)) = (5 / 9) * 100\% = 56\%$

Significa que el 56% de las tareas programadas fueron realizadas en su totalidad siendo este valor porcentual el mantenimiento autónomo del Subsistema Hidráulico (SH) de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A.

Se determinó el Cumplimiento del Mantenimiento Programado del Subsistema Hidráulico CMP(SH) mediante el siguiente indicador:

$CMP(SH(37)) = N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (SH)} / N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (SH)}$.

$$CMP(SH(37)) = (29 / 37) * 100\% = 85\%$$

En el mantenimiento del Subsistema Hidráulico (SH) hay 37 mantenimientos programados en 9 componentes para el año 2020 que es el año base ya que la meta es llegar a 37 mantenimientos programados para el Subsistema Hidráulico y se toma la misma cantidad para el mantenimiento programado para el año 2019. El cumplimiento del mantenimiento programado para el año 2019 fue de 85% del total de 37 mantenimientos programados a 9 componentes y que corresponde al mantenimiento preventivo programado del subsistema Hidráulico (SH) siendo 29 mantenimientos realizados en el Subsistema Hidráulico de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A. en el año 2019.

4.2.14. TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Eléctrico (SH)” de tractores

En la tabla 25 se colocó el mantenimiento realizado en el 2019 y el mantenimiento programado del año 2020 del “Subsistema Eléctrico (SE)” de tractores, y se determinó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo del 2019 en relación al mantenimiento programado del año 2020. Se calculó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado para el 2019 en el subsistema eléctrico del tractor se realizó 2 mantenimientos realizados en el 2019 para el alternador y se tomó como referencia el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 que es de 3 mantenimientos al alternador que es lo recomendado y dividiendo $2/3 * 100\%$ resulta 67% que es el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo programado para el mantenimiento del alternador de cada tractor y como se ha realizado solo 2 mantenimientos de los 3

programados se considera que la tarea de realizar mantenimiento al alternador se han ejecutado al 67% por lo tanto se le da un valor de 0 a la tarea del cumplimiento de todos los mantenimientos al alternador. Este mismo procedimiento se realiza en cada una de las 4 tareas que se realiza en el mantenimiento al subsistema eléctrico tal como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25
Cumplimiento del mantenimiento autónomo y programado del “Subsistema Eléctrico (SE)” de tractores

Tareas	Mantenimiento Realizado 2019	Mantenimiento Programado 2020	% Cumplimiento Mantenimiento Programado	Tareas de mantenimiento terminado 1=Si, 0=No
1.Alternador	2	3	67%	0
2.Baterías	3	3	100%	1
3.Cables	2	4	75%	0
4.Fusibles	4	4	100%	1
Total	11	14		2
Promedio			79%	50%

Nota: datos del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 25 se muestra el mantenimiento realizado del año 2019 y se compara con el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 del “Subsistema Eléctrico (SE)” con lo cual se ha calculado el índice del mantenimiento autónomo del año 2019 y evaluado el diagnóstico del nivel de cumplimiento del mantenimiento autónomo del TQM, en donde hay 4 componentes o elementos o ítems a los cuales se le ha aplicado el mantenimiento preventivo programado al Subsistema Eléctrico (SE) de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. Se muestra el mantenimiento

realizado en relación al programado. Se toma como base el año 2020 debido a que a partir del 2020 se aplica el TQM y que mejora el mantenimiento del subsistema Eléctrico (SE) de los tractores. Se ha determinado el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el subsistema Eléctrico CMA(SE) a través de la siguiente formula:

$CMA(SE(4)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas SE} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados SE.}$

Las tareas planificadas en este caso son 4 del "Subsistema Eléctrico (SE)" de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 4 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el Subsistema Eléctrico (SE).

$$CMA(SE(4)) = (2 / 4) * 100\% = 50\%$$

Significa que el 50% de las tareas programadas fueron realizadas en su totalidad siendo este valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo del Subsistema Eléctrico (SE) de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A.

Se determinó el Cumplimiento del Mantenimiento Programado del Subsistema Eléctrico CMP(SE) mediante el siguiente indicador:

$CMP(SE(14)) = N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (SE)} / N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (SE).}$

$$CMP(SE(14)) = (11 / 14) * 100\% = 79\%$$

En el mantenimiento del Subsistema Eléctrico (SE) hay 14 mantenimientos programados en 4 componentes para el año 2020 que es el año base ya que la meta es llegar a 14 mantenimientos programados y se toma la misma cantidad para el mantenimiento programado para el año 2019 del Subsistema

Eléctrico. El cumplimiento del mantenimiento programado del Subsistema Eléctrico para el año 2019 fue de 79% del total de 14 mantenimientos programados a 4 componentes y que corresponde al mantenimiento preventivo programado del Subsistema Eléctrico (SE) siendo 11 mantenimientos realizados en el del Subsistema Eléctrico de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A. en el año 2019.

4.2.15. TQM con mantenimiento autónomo y programado del “Reemplazo de elementos” de tractores

En la tabla 26 se colocó el mantenimiento realizado en el 2019 y el mantenimiento programado del año 2020 del “Reemplazo de Elementos (RE)” de tractores, y se determinó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo del 2019 en relación al mantenimiento programado del año 2020. Se calculó el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado para el 2019 en el Reemplazo de elementos del tractor se realizó 4 mantenimientos realizados en el 2019 para el reemplazo del aceite del motor y se tomó como referencia el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 que es de 6 mantenimientos de reemplazo del aceite del motor que es lo recomendado y dividiendo $4/6 * 100\%$ resulta 67% que es el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo programado para el reemplazo del aceite del motor de cada tractor y como se ha realizado solo 4 reemplazos de los 6 programados se considera que la tarea de realizar mantenimiento de reemplazo al aceite del motor se han ejecutado al 67% por lo tanto se le da un valor de 0 a la tarea del cumplimiento de todos los mantenimientos de reemplazo al aceite del motor de los tractores. Este mismo procedimiento se realiza en cada una de las 15 tareas que se realiza en el mantenimiento de reemplazo de elementos tal como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26**Cumplimiento del Mantenimiento autónomo y programado del “Reemplazo de elementos (RE)” de tractores**

Tareas	Mantenimiento Realizado 2019	Mantenimiento Programado 2020	% Cumplimiento Mantenimiento Programado	Tareas de mantenimiento terminado 1=Si, 0=No
1.Aceite de motor	4	6	67%	0
2.Aceite del convertidor de torsión	2	2	100%	1
3.Aceite de transmisión manual	1	1	100%	1
4.Aceite de engranaje diferencial	1	1	100%	1
5.Fluido del freno	1	2	50%	0
6.Aceite del embrague	1	1	100%	1
7.Fluido hidráulico	1	2	50%	0
8.Filtro del aceite del motor	3	4	75%	0
9.Filtro de vueltas del convertidor de torsión	1	1	100%	1
10.Filtro de combustible	2	4	50%	0
11.Filtro de vuelta del aceite hidráulico	1	2	50%	0
12.Refrigerante	1	1	100%	1
13.Filtro del aire	1	2	50%	0

Tareas	Mantenimiento Realizado 2019	Mantenimiento Programado 2020	% Cumplimiento Mantenimiento Programado	Tareas de mantenimiento terminado 1=Si, 0=No
14.Cable del acelerador	1	1	100%	1
15.Cable de estacionamiento	1	1	100%	1
Total	22	31		8
Promedio			79%	53%

Nota: datos obtenidos del mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

En la tabla 26 se muestra el mantenimiento realizado del año 2019 y se compara con el mantenimiento autónomo programado para el año 2020 del “Reemplazo de elementos (RE)” con lo cual se ha calculado el índice del mantenimiento autónomo del año 2019 y evaluado el diagnóstico del nivel de cumplimiento del mantenimiento autónomo del TQM, en donde hay 15 componentes o elementos o ítems a los cuales se le ha aplicado el mantenimiento preventivo programado para el Reemplazo de elementos (RE) de los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA. Se muestra el mantenimiento realizado en relación al programado. Se toma como base el año 2020 debido a que a partir del 2020 se aplica el TQM que mejora el mantenimiento del Reemplazo de elementos (RE) de los tractores. Se ha determinado el Cumplimiento del Mantenimiento Autónomo del TPM para el Reemplazo de elementos CMA(RE) a través de la siguiente fórmula:

$$CMA(RE(15)) = N^{\circ} \text{ Tareas de MA terminadas RE} / N^{\circ} \text{ Tareas de MA Planificados RE.}$$

Las tareas planificadas en este caso son 15 del “Reemplazo de elementos (RE) de los tractores usados en campo espárrago que corresponden a los 15 componentes a los que se aplica el mantenimiento autónomo del TPM en el Reemplazo de elementos (RE).

$$CMA(RE(15)) = (8 / 15) * 100\% = 53\%$$

Significa que el 53% de las tareas programadas fueron realizadas en su totalidad siendo este valor porcentual el cumplimiento del mantenimiento autónomo del Reemplazo de elementos (RE) de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A.

Se determinó el Cumplimiento del Mantenimiento Programado CMP(RE) mediante el siguiente indicador:

$$CMP(RE(31)) = N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Realizado (RE)} / N^{\circ} \text{ Mantenimiento Preventivo Programado (RE)}.$$

$$CMP(RE(31)) = (22 / 31) * 100\% = 79\%$$

En el mantenimiento del Reemplazo de elementos (RE) hay 31 mantenimientos programados de Reemplazo de elementos (RE) en 15 componentes para el año 2020 que es el año base ya que la meta es llegar a 31 mantenimientos programados de Reemplazo de elementos (RE) y se toma la misma cantidad para el mantenimiento programado para el año 2019. El cumplimiento del mantenimiento programado del Reemplazo de elementos (RE) para el año 2019 fue de 79% del total de 31 mantenimientos programados a 15 componentes y que corresponde al mantenimiento preventivo programado del Reemplazo de elementos (RE) de los tractores de campo espárrago de agroindustria Virú S.A. en el 2019.

4.2.16. Programación del Tiempo de Paradas por Fallas proyectado año 2020

En la tabla 27 se muestra el tiempo de paradas por fallas y se ha proyectado tomando como base el tiempo de paradas por fallas reales del año 2019 y el porcentaje de eficiencia obtenido con el OEE en el 2019 para cada tractor que tienen criticidad. Si disminuye la eficiencia entonces aumenta el tiempo de paradas por fallas y a mayor eficiencia se reduce el tiempo de paradas por fallas de tractores de campo de espárragos. Se describe como se ha elaborado la tabla 27: para el tractor T2-JDG125D se obtuvo 253 horas de tiempo de paradas por fallas TPF en el año 2019 y para el 2020 no debe superar las 199 horas proyectadas resultado de multiplicar el TPF por la eficiencia, es decir $253 * 78.82$ resultando 199 horas del tiempo de paradas por fallas TPF para el año 2020 el cual debe ser un indicador que muestra que el TPF no debe superar las 199 horas en el año 2020 para el tractor indicado. Este procedimiento se repite para los demás tractores tal como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27
Tiempo de paradas por fallas TPF (horas) de los tractores de mayor criticidad programadas para el año 2020

	Tractores	TPF 2019	Eficiencia	TPF 2020
1	T2-JDG125D	253	78.82	199
2	T5-JDG125D	338	80.41	272
3	T6-JDG125D	333	80.36	268
4	T7-JDG125D	236	78.12	184
5	T9-JDG110J	236	78.12	184
6	T11-JDG110J	268	79.21	212
7	T12-MF292	258	78.95	204
8	T13-MF292	292	79.65	233

	Tractores	TPF 2019	Eficiencia	TPF 2020
9	T14-MF292	247	78.49	194
10	T15-MF292	306	79.99	245
11	T16-MF292	285	79.54	227
12	T19-MF546S	318	80.15	255
	Promedio	281	79.31	223

Nota: Elaboración propia

El promedio del tiempo de paradas por fallas TPF del 2109 fue de 281 horas y se proyectó que debe disminuir a 223 horas de TPF en el 2020 es decir debe reducirse en 58 horas para el año 2020.

4.2.17. Programación del Tiempo de producción de operatividad (TPR) proyectado para el año 2019

La tabla 28 muestra la operatividad proyectada del tiempo de producción real TPR en horas para los tractores en el año 2020 y para determinar el tiempo de producción de operatividad que equivale al tiempo de producción real (TPR) se ha considerado los 365 días que contiene de enero a diciembre del 2020 sin descontar los domingos que también laboran los turnos programados menos los 15 días feriados que tiene el 2020 siendo 350 días los días laborables y el trabajo de las maquinarias es de 12 horas por día. El TPF del 2020 proviene de la tabla 27. Según la tabla 28, muestra el tiempo de producción real proyectado para el año 2020 TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad. El TPR para el tractor T2, se calculó de la siguiente forma:

$$\text{TPR}(T2(2020)) = (350 \text{ días /año} * 12 \text{ horas /día}) - 199 \text{ horas / año}$$

$$\text{TPR}(T2(2020)) = 4001 \text{ horas proyectado para el año 2020}$$

Donde 199 horas es el tiempo de parada por fallas o averías proyectado como máximo en el año 2020. Este procedimiento se repite para cada tractor mostrado en la tabla 28.

Tabla 28
Operatividad proyectada de TPR (horas) de los tractores de mayor criticidad para el 2020

	Tractores	TPF 2020	TPR 2020
1	T2-JDG125D	199	4001
2	T5-JDG125D	272	3928
3	T6-JDG125D	268	3932
4	T7-JDG125D	184	4016
5	T9-JDG110J	184	4016
6	T11-JDG110J	212	3988
7	T12-MF292	204	3996
8	T13-MF292	233	3967
9	T14-MF292	194	4006
10	T15-MF292	245	3955
11	T16-MF292	227	3973
12	T19-MF546S	255	3945
	Promedio	223	3977

Nota: Elaboración propia

4.2.18. Programación del Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) por mantenimiento de tractores proyectado año 2020

En la tabla 29 se muestra el Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) para el mantenimiento de tractores proyectado para el año 2020 y se calculó según la fórmula:

$$\text{TMRF} = \frac{\text{Tiempo de paradas por fallas}}{\text{Número de fallas}}$$

Según la tabla 29 el TMRF es el tiempo medio de reparación de falla proyectado para el año 2020 y se ha calculado el TMRF por tractor. Para el tractor T2 se ha calculado el TMRF de la siguiente forma:

$$\text{TMRF}(T2) = \frac{119}{19} = 10.6 \text{ horas}$$

El tiempo medio de reparación de falla para el tractor 2, TMRF(T2), fue de 10.6 horas que equivale al tiempo medio de reparación de fallas para el tractor T2 en el año 2020 y de esta forma se ha calculado el TMRF para el año 2020 para los demás tractores. Con este procedimiento se programó la proyección del tiempo medio de reparación de fallas para cada tractor, siendo el promedio de TMRF de 9.8 horas de los 12 tractores para el 2020 tal como se muestra en la tabla 29:

Tabla 29
Tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) proyectado para el año 2020

N°	TRACTORES	TPF 2020	NF 2020	TMRF 2020
1	T2-JDG125D	199	19	10.6
2	T5-JDG125D	272	25	11.1
3	T6-JDG125D	268	25	10.6
4	T7-JDG125D	184	19	9.8
5	T9-JDG110J	184	20	9.1
6	T11-JDG110J	212	22	9.5
7	T12-MF292	204	21	9.7
8	T13-MF292	233	22	10.4
9	T14-MF292	194	21	9.2
10	T15-MF292	245	26	9.5
11	T16-MF292	227	25	9.0

N°	TRACTORES	TPF 2020	NF 2020	TMRF 2020
12	T19-MF546S	255	29	8.9
	Total		274	
	Promedio	223	23	9.8

Nota: Elaboración propia

4.2.19. Proyección del Porcentaje de disponibilidad de tractores para el año 2020

La disponibilidad se calculó según la fórmula:

$$D = \frac{\text{Tiempo producción real}}{\text{Tiempo total programado}} * 100\%$$

Donde D es el porcentaje de disponibilidad que se ha calculado dividiendo el tiempo real producido entre el tiempo total programado por tractor proyectado para el año 2020. Para el tractor T2 se ha calculado la disponibilidad del año 2020, de la siguiente manera:

$$D(T2) = \frac{4001}{350*12} * 100\% = 95.3 \%$$

El tiempo de producción real proviene de la tabla 28 y la disponibilidad (D) que es el porcentaje de tiempo real producido que fue de 95.3% para el tractor T2 proyectado para el año 2020 para campo espárragos de agroindustria Virú SA. el mismo procedimiento se usó para los demás tractores tal como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30**Cálculo de la disponibilidad de tractores de campo espárrago para el año 2020**

	Tractores	TPR 2020	Disponibilidad
1	T2-JDG125D	4001	95.3
2	T5-JDG125D	3928	93.5
3	T6-JDG125D	3932	93.6
4	T7-JDG125D	4016	95.6
5	T9-JDG110J	4016	95.6
6	T11-JDG110J	3988	95.0
7	T12-MF292	3996	95.1
8	T13-MF292	3967	94.5
9	T14-MF292	4006	95.4
10	T15-MF292	3955	94.2
11	T16-MF292	3973	94.6
12	T19-MF546S	3945	93.9
	Promedio	3977	94.7

Nota: datos tomados del área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Según la tabla 30, se observa que la disponibilidad de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 93.5% lo obtuvo el tractor T5 y en el rango superior de 94.4% que lo obtuvieron los tractores T7 y T9. El promedio fue de 95.6% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que la disponibilidad de los tractores de campo espárrago mejora en relación al año 2019 demostrándose en el promedio de disponibilidad para el año 2020 es de 94.7% mientras que en el

año 2019 el promedio de disponibilidad fue de 93.3% en los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Virú SA en el año 2019.

4.2.20. Proyección del Porcentaje de rendimiento de tractores para el año 2020

El porcentaje de rendimiento se calcula según la fórmula:

$$R = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{\text{TPR}}\right) * \text{TPP}}{100}} \right) * 100\%$$

TPR es el Tiempo de producción real

TPP es el Tiempo de producción programado o tiempo programado de operatividad

Donde R es el porcentaje de rendimiento que se ha calculado según la fórmula mostrada por tractores. Para la maquina T2 se ha calculado el rendimiento proyectado para el año 2020, entonces se tiene:

$$R(T2) = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{4001}\right) * 350 * 12}{100}} \right) * 100\% = 98.9\%$$

El rendimiento R(T2) porcentual fue de 98.947% para el tractor T2 en el año 2020. El mismo procedimiento se ha utilizado para calcular el rendimiento de los demás tractores que se muestra en la tabla 31.

Tabla 31
Cálculo del rendimiento de tractores de campo espárrago proyectado año 2020

Tractores	TPR (horas)	Rendimiento
T2-JDG125D	4001	99.0
T5-JDG125D	3928	98.9
T6-JDG125D	3932	98.9
T7-JDG125D	4016	99.0
T9-JDG110J	4016	99.0
T11-JDG110J	3988	99.0
T12-MF292	3996	99.0
T13-MF292	3967	98.9
T14-MF292	4006	99.0
T15-MF292	3955	98.9
T16-MF292	3973	98.9
T19-MF546S	3945	98.9
Promedio	3977	98.95

Nota: Elaboración propia

Según la tabla 31, se observa que el rendimiento de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 98.9% y en el rango superior de 99.0%. El promedio fue de 98.95% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que el rendimiento de los tractores de campo espárrago se encuentran en un buen nivel del rendimiento de los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Viru SA en el año 2020.

4.2.21. Proyección del Porcentaje de calidad de tractores para el año 2020

El porcentaje de calidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$C = \left(e^{\frac{-\left(\frac{1}{\text{TMRF} * \text{NF}}\right) * \text{TPP}}{100}} \right) * 100\%$$

TMRF es el Tiempo medio de reparación de fallas

NF es el número de fallas por periodo del 2019

TPP es el Tiempo de producción programado.

Donde C es el porcentaje de calidad que se ha calculado según la fórmula mostrada por cada tractor.

La calidad C(T2) porcentual fue de 94.06% para el tractor T2 en el año 2020. En la tabla 32 se muestra la calidad obtenida para cada tractor usando el mismo procedimiento descrito.

Tabla 32
Cálculo de la calidad de tractores de campo espárrago proyectada

Tractores	NF	TMRF	Calidad
T2-JDG125D	19	10.6	88.01
T5-JDG125D	25	11.1	94.06
T6-JDG125D	25	10.6	95.24
T7-JDG125D	19	9.8	89.53
T9-JDG110J	20	9.1	87.25
T11-JDG110J	22	9.5	89.96
T12-MF292	21	9.7	88.67
T13-MF292	19	10.4	93.61
T14-MF292	21	9.2	91.35
T15-MF292	26	9.5	95.68
T16-MF292	25	9	96.87
T19-MF546S	29	8.9	95.89
Promedio	23	9.8	92.18

Nota: Elaboración propia

Según la tabla 32, se observa que la calidad de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 88.01% que lo obtuvo el tractor T2 y en el rango superior de 96.87% que lo obtuvo el tractor T16. El promedio fue de 92.18% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que la calidad de los tractores de campo espárrago mejoran en el año 2020 con relación al promedio obtenido en el año 2019 que fue de 85.93% de la calidad de los tractores de campo de espárrago de la agroindustria Virú SA.

4.2.22. Proyección del Eficiencia Total de Tractores de campo espárragos del año 2019

La eficiencia total de tractores es la capacidad de lograr los objetivos y métodos programados con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado, como se muestra según la fórmula.

$$E = D * R * C$$

E es la eficiencia total de los tractores.

D es la disponibilidad de los tractores.

R es el rendimiento de los tractores.

C es la calidad de los tractores.

La tabla 33 se ha elaborado usando la fórmula de eficiencia descrita. Para el tractor T2-JDG125D la eficiencia se calculó multiplicándola disponibilidad de 0.9526 (no en porcentaje) con el rendimiento en fracción de 0.9896 y multiplicando con la calidad de 0.8801 (en fracción) resultando 0.8296 y a este resultado se multiplica por 100% da la eficiencia de 82.96% para el tractor T2 y este mismo procedimiento se aplica para los demás tractores que se muestra en la tabla 33.

Tabla 33

Cálculo de la Eficiencia Total de las máquinas tractores del campo espárrago año 2020

N°	Tractores	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia
1	T2-JDG125D	95.26	98.96	88.01	82.96
2	T5-JDG125D	93.52	98.94	94.06	87.03
3	T6-JDG125D	93.62	98.94	95.24	88.22
4	T7-JDG125D	95.62	98.96	89.53	84.72
5	T9-JDG110J	95.62	98.96	87.25	82.56
6	T11-JDG110J	94.95	98.95	89.96	84.52
7	T12-MF292	95.14	98.95	88.67	83.48

N°	Tractores	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia
8	T13-MF292	94.45	98.95	93.61	87.49
9	T14-MF292	95.38	98.96	91.35	86.22
10	T15-MF292	94.17	98.94	95.68	89.15
11	T16-MF292	94.6	98.95	96.87	90.67
12	T19-MF546S	93.93	98.94	95.89	89.11
	Promedio	94.69	98.95	92.18	86.37

Nota: Elaboración propia

Según la tabla 33, se observa que la eficiencia total de los tractores de campo espárrago se encuentra en el rango inferior de 82.56% que lo obtuvo el tractor T9 y en el rango superior de 90.67% que lo obtuvo el tractor T16. El promedio fue de 86.37% para el año 2020 mientras que para el año 2019 se obtuvo 79.31% y con estos porcentajes obtenidos se comprueba que la eficiencia total de los tractores de campo espárrago mejoran en 7.06%.

4.3. Docimasia de hipótesis

Se tomó el número de fallas del 2019 y la proyección de fallas para el 2020 siendo 12 tractores de mayor criticidad, por lo tanto, será igual a 12. Se utilizó la t-student por ser grados de libertad igual a 11 que resulta de $n-1$ donde n representa los tractores de mayor criticidad. Se resta las fallas del 2019 menos las del 2020 siendo esta diferencia de media "D". Para el tractor T2 la diferencia de medias es $D(T2) = 27 - 21$ resultando $D = 6$ y su cuadrado $D * D = 6 * 6 = 36$. El mismo procedimiento se aplica a los demás tractores tal como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34
Diferencia de medias para el número de fallas de tractores

N	Máquinas Tractores	Fallas 2019	Fallas 2020	Diferencia	D*D
				(D)	
1	T2-JDG125D	27	21	6	36
2	T5-JDG125D	35	28	7	49
3	T6-JDG125D	36	29	7	49
4	T7-JDG125D	27	21	6	36
5	T9-JDG110J	29	23	6	36
6	T11-JDG110J	32	25	7	49
7	T12-MF292	30	24	6	36
8	T13-MF292	32	25	7	49
9	T14-MF292	30	24	6	36
10	T15-MF292	37	30	7	49
11	T16-MF292	36	29	7	49
12	T19-MF546S	41	33	8	64
Total		392	312	80	538
Media				6.7	
Desviación Estándar				0.65	

Nota: datos obtenidos del número de fallas área de mantenimiento de (Agroindustrias Virú, 2019)

Hipótesis H0 (Hipótesis Nula): “La propuesta de implementación TPM no incrementa la eficiencia total de equipos en el área de mantenimiento de la empresa agroindustrial Virú S.A.”

$$H_0 = D_a - D_d = > 0$$

La variable dependiente “Eficiencia Total de Equipos” del 2020 debe ser más eficiente que en el año 2019 y se puede demostrar con las fallas de los tractores de año 2019 y el proyectado de fallas para el 2020 con la propuesta de TQM y tomando en cuenta la eficiencia General de tractores del año 2019.

Hipótesis Ha (Hipótesis Alternativa): “La propuesta de implementación TPM si incrementa la eficiencia total de equipos en el área de mantenimiento de la empresa agroindustrial Virú S.A.”

$$H_a = D_a - D_d < 0$$

$n_a = n_d = 11$ (grados de libertad = $n - 1$), donde n equivale a 12 fallas anuales de tractores con mayor criticidad.

Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (D_a - D_d)}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$\bar{D} = \frac{80}{12} = 6.7$$

Valor t calculado:

$$t = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{SD} \dots\dots\dots(2)$$

$$t = \frac{6,7\sqrt{12}}{0.65}$$

$$t = 35.7$$

Región Crítica

Para un nivel de confianza de 95% con un error de 5% lo que equivale $\alpha = 0.05$ y n igual a 12 con grados de libertad igual a 11, en la Tabla de distribución t-student (Anexo 2) encontramos $Tt = 1.7959$. Entonces la región crítica de la prueba es $t_c = < 1.7959$.

Conclusión:

En la Imagen podemos ver la Región de aceptación y rechazo para la prueba de la hipótesis general.

Prueba de hipótesis con t-student, nivel de significancia=0.05, $gl=n-1=11$

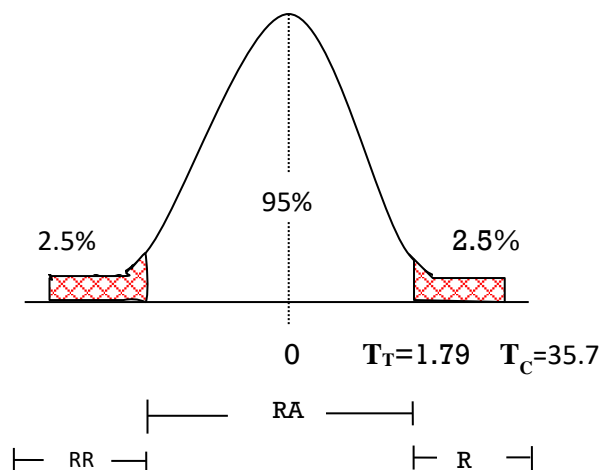


Figura 11
Campana de t-student

Puesto que $T_c = 35.7$ calculado es mayor que $T_t = 1.79$ tabular y estando este valor dentro de la región de rechazo $35.7 > 1.79$, $\infty >$, entonces se rechaza H_0 (Hipótesis nula general) y por consiguiente se acepta H_a (Hipótesis alternativa general planteada en la presente investigación).

Se concluye entonces que “La propuesta de implementación TPM si incrementa la eficiencia total de equipos en el área de mantenimiento de la empresa agroindustrial Virú S.A.” con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultado objetivo 1: Diagnosticar los OEE actual en el área de mantenimiento de maquinarias de campo de la empresa Agroindustria Virú S.A.

Se utilizó el diagrama de Pareto para determinar los tractores de mayor criticidad en las fallas de los 19 tractores de campo de espárragos de la agroindustria Virú SA, el enfoque de Pareto considera críticos las máquinas de tractores cuyo porcentaje acumulado de las fallas se encuentran hasta el 80%, por eso los porcentajes del número de fallas de los 19 tractores determinados con el computo mes a mes de las fallas del año 2019 de los 19 tractores fueron ordenados de mayor a menor la frecuencia de fallas y los tractores que tuvieron valores superiores al 80% acumulado fueron los tractores T4, T1, T8, T17, T18, T10 y T3, es decir, son estos 7 tractores que no se consideraron por tener pocas fallas ya que el método de Pareto considera los tractores de mayor frecuencias de fallas cuyo porcentaje acumulado debe estar dentro del 80% por eso se le dice 80% - 20% al método de Pareto. Por lo tanto, se trabajó con los tractores T2, T5, T6, T7, T9, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T19 lo que representó a 12 tractores que tuvieron mayor criticidad en la empresa agroindustrial Virú SA en el campo de espárragos.

5.2. Resultado objetivo 2: Diseñar y aplicar TPM en el área de mantenimiento de maquinarias de campo de la empresa Agroindustria Virú S.A.

Se hizo una propuesta para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para el cumplimiento del mantenimiento autónomo (CMA) y se determinó que se debe dividir las tareas realizadas entre las tareas programadas y para el cumplimiento del mantenimiento programado preventivo se determinó que se debe dividir los mantenimientos preventivos realizados entre los mantenimientos preventivos programados. Para el "Subsistema Motor SM" existen 12

tareas programadas y 46 mantenimientos preventivos programados, para el “Subsistema Hidráulico SH” existen 9 tareas programadas y 37 mantenimientos preventivos programados, para el “Subsistema Eléctrico SE” existen 4 tareas programadas y 14 mantenimientos preventivos programados, para el “Reemplazo de Elementos RE” existen 15 tareas programadas y 31 mantenimientos preventivos programados en el año 2020 a los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.

En el Subsistema Motor, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue de 42% de las 12 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue de 76% del total de 46 mantenimientos programados para el año 2019. En el Subsistema Hidráulico, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue 56% de las 9 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue 85% del total de 37 mantenimientos programados para el año 2019. En el Subsistema Eléctrico, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue 50% de las 4 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue de 79% del total de 14 mantenimientos programados para el año 2019. En el Reemplazo de Elementos, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue 53% de las 15 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue de 79% del total de 31 mantenimientos programados para el año 2019. Consolidando los resultados del cumplimiento del mantenimiento programado el TQM en el año 2020 proyecta un incremento de 24% para el mantenimiento programado del Subsistema Motor, un incremento del 15% para el mantenimiento programado del Subsistema Hidráulico, un incremento del 21% para el mantenimiento programado del Subsistema Eléctrico y un incremento del 21% para el mantenimiento programado del Reemplazo de Elementos. Siendo el promedio de los tres subsistemas

incluido el reemplazo de elementos de 20% de incremento en el cumplimiento del mantenimiento preventivo gracias al TQM.

5.3. Resultado objetivo 3: Determinar la disminución los tiempos de mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.

Se comparan los resultados de TQM con los de García (2018) en su aporte se centra en la elaboración de TPM para el plan de mejora propuesto ha diseñado programación de mantenimiento preventivo de subsistemas por componentes de las maquinarias pesadas y programación de elementos de remplazo como base para los datos maestros de mantenimiento, aumentar la eficiencia de maquinarias pesadas. También se comparan los resultados del TQM con la investigación de Valencia (2017) en donde la aplicación del TPM en la empresa Hilados Cheviot muestran una mejora del 19% en el mantenimiento preventivo debido al aporte en la aplicación de TPM mediante el cumplimiento de actividades de limpieza e inspección para la detección de averías en maquinarias pesadas.

Para el año 2019, en los 12 tractores de mayor criticidad de campo espárrago, el diagnóstico del número de fallas (NF) fue de 392 fallas. El Tiempo de paradas por fallas TPF promedio fue de 281 horas. El Tiempo de producción real TPR (horas) promedio fue de 3919 horas. El tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) fue de 8.6 horas. El porcentaje promedio de tiempo perdido por fallas fue 6.7%. En la proyección para el 2020 se determinó el Tiempo de paradas por fallas TPF promedio debe llegar máximo a 223 horas mientras que en el 2019 fue de 281 horas. El Tiempo de producción real TPR (horas) promedio para el 2020 se proyectó a 3977 horas lo que supera a 3919 horas del 2019. El tiempo medio de reparación de fallas (TMRF) proyectado al 2020 es de 9.8 horas en relación a las 8.6 horas del 2019 y se debe a que al aumentar las horas de mantenimiento preventivo se asegura la eficiencia de los tractores reduciendo las paradas imprevistas.

5.4. Resultado objetivo 4: Determinar el incremento de eficiencia de equipos OEE por mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.

En el 2019 el porcentaje de disponibilidad promedio fue de 93.3% de la disponibilidad de los tractores de campo de espárrago y se proyecta una disponibilidad de 94.7% para el 2020 de los tractores. El rendimiento promedio porcentual del 2019 fue de 98.93% y se proyecta un rendimiento de 98.95% para el 2020. El promedio porcentual de la calidad para el 2019 fue de 85.93% y se proyecta una calidad de 92.18% para el 2020. El promedio la eficiencia total (OEE) de los tractores de campo espárrago fue de 79.31% en el 2019 y se proyecta una eficiencia OEE de 86.37% para el 2020 con un incremento promedio de 7.06% de los tractores de campo espárrago de agroindustrias Virú SA.

Se comparan los resultados obtenidos con Valencia (2017) en su investigación de Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa Hilados Cheviot E.I.R.L., el número total de fallas de las máquinas se redujo a 26 y el tiempo de reparación a 21.1 horas por mes. La aplicación del TPM en la empresa Hilados Cheviot mejoró la eficacia actual de 89.3% en maquinarias pesadas. También se comparan los resultados de OEE con la investigación de Bances (2017) la aplicación del Sistema de indicadores de eficiencia general de equipos (OEE) permitió tener un diagnóstico claro de la situación real de las máquinas con OEE y poder mejorar el proceso de fabricación de puntas de bolígrafo usando maquinarias pesadas. Se compara los resultados con Torres (2017) en su Implementación de OEE para incrementar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minera Volcán Shungar S.A. y el OEE se incrementó en 25.83%. La investigación aportó en el incremento de la disponibilidad, rendimiento y calidad de maquinarias pesadas.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye para el objetivo 1: “Diagnosticar los OEE actual en el área de mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.”
 - o Se determinó los tractores de mayor criticidad en las fallas de los 19 tractores de campo de espárragos de la agroindustria Virú SA. Se utilizó el diagrama de Pareto y se focalizó a 12 tractores de mayor criticidad.
 - o Para el año 2019, en los 12 tractores de mayor criticidad de campo espárrago, el diagnóstico del número de fallas fue de 392 fallas.
 - o En el 2019 el porcentaje de disponibilidad promedio fue de 93.3% de los tractores de campo de espárrago.
 - o El rendimiento promedio porcentual del 2019 fue de 98.93% de los tractores de campo de espárrago.
 - o El promedio porcentual de la calidad para el 2019 fue de 85.93% de los tractores de campo espárragos.
 - o El promedio la eficiencia total (OEE) de los tractores de campo espárrago fue de 79.31% en el 2019.

- Se concluye para el objetivo 2: Diseñar y aplicar TPM en el área de mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.
 - o Se dio como propuesta utilizar el cumplimiento del mantenimiento autónomo y se determinó que se debe dividir las tareas realizadas entre las tareas programadas en el año 2020 a los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.
 - o Se dio como propuesta utilizar el cumplimiento del mantenimiento programado preventivo y para tal efecto se debe dividir los mantenimientos preventivos realizados entre los mantenimientos preventivos programados en el año 2020 a los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.
 - o En el “Subsistema Motor SM” existen 12 tareas programadas y 46 mantenimientos preventivos programados en el año 2020 a los

tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.

- En el “Subsistema Hidráulico SH” existen 9 tareas programadas y 37 mantenimientos preventivos programados en el año 2020 a los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.
- En el “Subsistema Eléctrico SE” existen 4 tareas programadas y 14 mantenimientos preventivos programados en el año 2020 a los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.
- En el “Reemplazo de Elementos RE” existen 15 tareas programadas y 31 mantenimientos preventivos programados en el año 2020 a los tractores utilizados en el campo espárragos de agroindustrias Virú SA.
- Se aplicó TQM en el Subsistema Motor, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue de 42% de las 12 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue de 76% del total de 46 mantenimientos programados para el año 2019. En el año 2020 se proyecta un incremento de 24% para el mantenimiento programado del Subsistema Motor debido a la implementación del TQM.
- En el Subsistema Hidráulico, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue 56% de las 9 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue 85% del total de 37 mantenimientos programados para el año 2019. En el 2020 se proyecta un incremento del 15% para el mantenimiento programado del Subsistema Hidráulico debido a la implementación del TQM.
- En el Subsistema Eléctrico, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue 50% de las 4 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue de 79% del total

de 14 mantenimientos programados para el año 2019. En el 2020 se proyecta un incremento del 21% para el mantenimiento programado del Subsistema Eléctrico debido a la implementación del TQM.

- En el Reemplazo de Elementos, el valor porcentual en el cumplimiento del mantenimiento autónomo fue 53% de las 15 tareas programadas que fueron realizadas en su totalidad y para el cumplimiento del mantenimiento programado fue de 79% del total de 31 mantenimientos programados para el año 2019. En el 2020 se proyecta un incremento del 21% para el mantenimiento programado del Reemplazo de Elementos debido a la implementación del TQM.
 - El promedio de los tres subsistemas incluido el reemplazo de elementos incrementa en 20% en el cumplimiento del mantenimiento preventivo debido a la implementación del TQM.
- Se concluye para el objetivo 3: Determinar la disminución los tiempos de mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.
- En el 2019 el Tiempo de paradas por fallas promedio fue de 281 horas y en el 2020 se calculó 223 horas siendo la reducción de 58 horas promedio por tractor.
 - En el 2019 el Tiempo de producción real promedio fue de 3919 horas y se aumenta a 3977 horas para el 2020 siendo el incremento de 58 horas de producción real promedio por tractor.
 - En el 2019 el tiempo medio de reparación de fallas fue de 8.6 horas y para el 2020 se determinó en 9.8 horas y se justifica porque se reducen los mantenimientos de imprevistos aumentando los mantenimientos preventivos y se sustenta con la propuesta TQM en los mantenimientos del subsistema Motor, Subsistema Hidráulico, Subsistema eléctrico y el número de elementos o componentes de reemplazos comparando los años 2019 y 2020.

- El número de fallas de los tractores de mayor criticidad en el 2019 fue de 392 fallas y en el 2020 se calculó 274 fallas con una reducción de 118 fallas.
- Se concluye para el objetivo 4: Determinar el incremento de eficiencia de equipos OEE por mantenimiento de maquinarias de campo en el área de mantenimiento de la empresa Agroindustria Virú S.A.
 - Se proyecta una disponibilidad de 94.7% para el 2020 de los tractores incrementando en 1.4% la disponibilidad de los tractores de campo espárragos.
 - Se proyecta un rendimiento de 98.9% para el 2020 de los tractores de campo espárragos.
 - Se proyecta una calidad de 92.18% para el 2020 de los tractores de campo espárragos.
 - Se proyecta una eficiencia OEE de 86.37% para el 2020 con un incremento promedio de 7.06% de los tractores de campo espárrago de agroindustrias Virú SA.
- Se concluye para la hipótesis planteada que habiéndose calculado el valor **Tc de 35.7** (t – calculado) y es mayor que **Tt de 1.79** (t – tabular) y estando este valor dentro de la región de rechazo $35.7 > 1.79$, entonces se rechaza **H₀** (Hipótesis nula general) y por consiguiente se acepta **H_a** (Hipótesis alternativa general) planteada en la presente investigación. Se concluye entonces que “La propuesta de implementación TPM si incrementa la eficiencia total de equipos en el área de mantenimiento de la empresa agroindustrial Virú S.A.” con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95% quedando así contrastada la hipótesis planteada.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación mensualmente el desempeño del personal responsable del manejo de los tractores y del personal responsable del mantenimiento preventivo basado en TQM y OEE.
- Realizar una capacitación anual en TQM y OEE al personal responsable de los mantenimientos a las máquinas pesadas en la agroindustria objeto de investigación para fortalecer las debilidades que se encuentren.
- Extender el uso de TQM y OEE en las demás máquinas pesadas de la agroindustria Virú S.A.
- Llevar un reporte mensual del monitoreo y control del mantenimiento programado y paradas por fallas imprevistas del “Subsistema Motor, Hidráulico, Eléctrico y del reemplazo de elementos o componentes” de tractores, para supervisar el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento autónomo y el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento programado en cada tractor.
- Llevar un reporte mensual del monitoreo y control del OEE calculado mensualmente en cada tractor mediante una ficha histórica de mantenimiento preventivo y parada por fallas no programadas.
- Tener actualizada la ficha de registro de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Implementar un control de calidad en el área de mantenimiento con la ISO 9001:2018 tomando la data de TQM y OEE.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

- Beltrán Jaramillo, J. M. (1998). *Indicadores de gestión* (Segunda ed.). 3R Ediciones. Recuperado el 5 de 10 de 2019
- Cruelles Ruiz, J. A. (2010). *La Teoría de la Medición del Despilfarro* (Primera ed., Vol. 1). Zadegon. Recuperado el 4 de 10 de 2019
- Cuatrecasas, L., & Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona, España: Profit Editorial I. Recuperado el 1 de 10 de 2019
- Dowlatshahi, S. (2009). *The maquiladora industry and equipment maintenance: an industry-based perspective* (Vol. 20). Production Planning & Control. Recuperado el 6 de 10 de 2019
- Fernández Ríos, M., & Sánchez, J. (1997). *Eficacia Organizacional*. Madrid, España: Díaz de Santos. Recuperado el 3 de 10 de 2019
- Gómez Santos, C. (2001). *Mantenimiento Productivo Total: Una visión global* (Primera ed.). Las Canarias. Recuperado el 3 de 10 de 2019
- Rajadell, M., & Sanchez, J. (2011). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. España: Díaz de Santos. Recuperado el 2 de 10 de 2019

Revistas

- Chavez, C. (2019). *Mantenimiento correctivo de imprevistos*. Paper, Trujillo. Recuperado el 8 de 10 de 2019
- Zegarra Ventura, M. E. (20 de 1 de 2015). Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, 11. Recuperado el 14 de 9 de 2019, de [revistas.uap.edu.pe › ojs › index.php › CYD › article › download](http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/download)

Informes

Algarra, I., & Sierra, C. (2018). *Estudio de la efectividad global de los equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa Inemflex S.A.S.* Tesis, Universitaria Agustiniiana, Facultad de Ingenierías, Bogotá. Recuperado el 3 de 10 de 2019, de [http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/599/AlgarraRodriguez-IvonneLizeth-2018-](http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/599/AlgarraRodriguez-IvonneLizeth-2018-1.pdf;jsessionid=9F2E5F3A1F86CD2EB6DD63C24A44D857?sequence=26)

1.pdf;jsessionid=9F2E5F3A1F86CD2EB6DD63C24A44D857?sequence=26

Amado, L., & Campos, Y. (2018). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de la excavadora CAT-336D2L en la empresa señor de Pomallucay, Jangas, 2018.* Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Huaraz. Recuperado el 7 de 10 de 2019

Ángeles Cumpa, J. W. (2017). *Aplicación del TPM para Mejorar la Productividad en la Empresa Frío Aéreo Asociación Civil, Callao 2017.* Tesis, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima. Recuperado el 2 de 10 de 2019, de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1365/Angeles_CJW.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arriaza Rivera, A. (2015). *Diseño de investigación de reducción de tiempos muertos aplicando TPM como herramienta de ingeniería para incrementar la productividad de una planta de prefabricados de concreto.* Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala. Recuperado el 5 de 10 de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0877_M.pdf

Bances Cruz, L. C. (2017). *Aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos y su incidencia en el mejoramiento del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos.* Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS , Facultad de Ingeniería Industrial, Lima. Recuperado el 15 de 10 de 2019, de

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6405/Bancas_cl.pdf;jsessionid=7280DDCEE2DA63BE3054B5EF6E7FE82D?sequence=1

Catalán Cubas, W. (2018). *Propuesta de mejora en el área de mantenimiento, aplicando TPM, para reducir costos en la minera Tahoe Resources La Arena*. Tesis, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Recuperado el 6 de 10 de 2019

Díaz Gonzalez, M. Á. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia ETECOL SAS*. Tesis, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de ingeniería mecánica, Pereira - Colombia. Recuperado el 8 de 9 de 2019, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4467>

García Cabello, G. (2018). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería, Lima. Recuperado el 2 de 10 de 2019, de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12015/GARCIA_GONZALO_MEJORA_GESTION_ALIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Llontop Mendoza, L. A. (2018). *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, UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Escuela de Postgrado, Chiclayo. Recuperado el 4 de 10 de 2019, de http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1426/1/TM_LlontopMendozaLucio.pdf

Montenegro Leyva, G. (2017). *Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada*

de la Empresa Chancadora del Norte S.A.C. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Recuperado el 6 de 10 de 2019

Peña, I., & Hernández, F. (2007). La integración de la Dirección de recursos humanos en el proceso de formulación de la estrategia como determinante de los resultados. *Universia Business Review*. Recuperado el 5 de 10 de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/433/43301505.pdf>

Ponce Marreros, J. L. (2017). *Distribución de planta para mejorar la eficiencia global de los equipos, área de habilitado de productos; empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote, 2016*. Tesis, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Recuperado el 2 de 10 de 2019, de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10305/ponce_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramos Sparrow, J. (2017). *Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.* Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ingeniería, Trujillo. Recuperado el 09 de 9 de 2019, de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos%20Sparrow%2c%20Julio%20Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torres Díaz, V. C. (2017). *Implementación de OEE para incrementar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minera volcán Shungar S.A.* Tesis, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Recuperado el 1 de 10 de 2019, de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12308/Torres%20Dias%20Victor%20Cesar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valencia Chaupis, S. (2017). *Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos*

acrílicos de la empresa Hilados Cheviot E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2016. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima. Recuperado el 3 de 10 de 2019, de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1965/Valencia_CSL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villegas Arenas, J. C. (2016). *Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "Manfer S.R.L. Contratistas Generales"*. tesis, Universidad Católica San Pablo, facultad de ingeniería y computación, Arequipa. Recuperado el 13 de 9 de 2019

Sitios Web

Agroindustrial Virú SA. (2019). *Empresa Agroindustrial Virú SA*. Recuperado el 15 de 9 de 2019, de <https://www.viru.com.pe/es/acerca-de-viru/>

Alain, R. (2016). *Determinación de costos del mantenimiento y reparación*. Recuperado el 15 de 9 de 2019, de <https://www.slideshare.net/rasielalain/determinaciondecostosdelmantenimientoyreparacion>

Alpízar Villegas, E. (2019). *Mantenimiento*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual4/cap5.pdf>

Alonzo González, H. (2009). *Una herramienta de mejora, El OEE (Efectividad global del equipo)*. Recuperado el 5 de 10 de 2019, de <http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>

Bembibre, C. (Agosto de 2010). *Definición de disponibilidad*. Recuperado el 5 de 10 de 2019, de <https://www.definicionabc.com/general/disponibilidad.php>

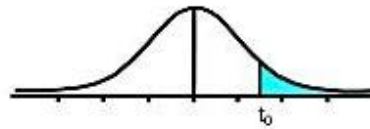
Consultoría ITC (2019). *Proceso de implementación TPM*. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de <http://www.industrialtijuana.com/tpm.htm>

- Cruz, Ana (19 de Julio de 2018). *Qué es el OEE y cómo de calcula*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de <https://www.gembaacademy.com/blog/es/2018/07/20/que-es-el-oee-y-como-se-calcula>
- Ishikawa, K. (1988). *Qué es el control total de calidad*. Bogotá, Colombia: Norma. Recuperado el 5 de 10 de 2019
- Mettler Toledo. (2019). *Rendimiento: mantenimiento y optimización*. Recuperado el 5 de 10 de 2019, de <https://www.mt.com/mx/es/home/service/maintenance-and-optimization.html>
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento, planeación ejecución y control*. México, México: Alfaomega. Recuperado el 5 de 10 de 2019
- Novoa, J. (2018). *El proceso de planificacion programacion y control de la produccion*. Obtenido de https://www.academia.edu/4512481/EL_PROCESO_DE_PLANIFICACION_PROGRAMACION_Y_CONTROL_DE_LA_PRODUCCION
- Rodríguez, C. (2014). *Causa raíz de las fallas en los componentes en maquinaria pesada*. Informe. Recuperado el 13 de 9 de 2019, de <https://prezi.com/qo00hs5ikwfa/causa-raiz-de-fallas-en-componentes-en-maquinaria-pesada/>
- Valbor Soluciones. (7 de Mayo de 2019). *Costos del manteminiento industrial y su clasificación*. Recuperado el 15 de 9 de 2019, de https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/costos-mantenimiento/#Costo_Total_Mantenimiento

ANEXOS

Instrumento de recolección de datos, tabla de distribución t-student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

Mantenimiento del “Subsistema Motor(SM)” de tractores

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
1.Inspección del motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
2.Turbo Compresor	1		1		1		1		1		1		6
3.Nivel de aceite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
4.Filtro de aire	1		1		1		1		1		1		6
5.Filtro de petróleo	1			1			1			1			4
6.Inyectores	1			1			1			1			4
7.Sensor de temperatura	1			1			1			1			4
8.Sensor de presión	1			1			1			1			4
9.Radiador	1				1				1				3
10.Cañerías, mangueras y cables	1				1				1				3
11.Abrazaderas	1			1			1			1			4
12.Soporte de motor	1						1						2
Total													46

Nota: Mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

Mantenimiento del “Subsistema Hidráulico” de tractores

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
1.Filtro hidráulico	1				1				1				3
2.Nivel de aceite hidráulico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
3.Bomba hidráulica	1				1				1				3
4.Control de válvulas	1				1				1				3
5.Pistones	1				1				1				3
6.Tanque hidráulico	1			1			1				1		4
7.Cañerías	1				1				1				3
8.Mangueras	1				1				1				3
9.Conexiones	1				1				1				3
Total													37

Nota: Mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

Mantenimiento del “Subsistema eléctrico” de tractores

Tareas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
1.Alternador	1				1				1				3
2.Baterías	1				1				1				3
3.Cables	1			1			1				1		4
4.Fusibles	1			1			1				1		4
Total													14

Nota: Mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

Mantenimiento de “reemplazos de elementos” de tractores

Elemento	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
1.Aceite de motor	1		1		1		1		1		1		6
2.Aceite del convertidor de torsión	1						1						2
3.Aceite de transmisión manual							1						1
4.Aceite de engranaje diferencial							1						1
5.Fluido del freno	1						1						2
6.Aceite del embrague							1						1
7.Fluido hidráulico	1						1						2
8.Filtro del aceite del motor	1			1			1			1			4
9.Filtro de vueltas del convertidor de torsión							1						1
10.Filtro de combustible	1			1			1			1			4
11.Filtro de vuelta del aceite hidráulico	1						1						2
12.Refrigerante							1						1
13.Filtro del aire							1						2
14.Cable del acelerador												1	1
15.Cable de estacionamiento												1	1
Total													31

Nota: Mantenimiento de tractores (Agroindustrias Virú, 2019).

Estadística y tendencia nacional de disponibilidad y calidad aplicada a las máquinas

Año	País	Autor	Empresa	Máquina	Disponibilidad	Calidad	Fuente
2018	Perú	Amado y Campos	Señor de Pomallucay	Excavadora CAT-336D2L	---	Antes: 87.9% Después: 94.5%	(Amado & Campos, 2018)
2017	Perú	Montenegro, Gary	Chancadora del Norte SAC.	Excavadora hidráulica, Cargador frontal, Retroexcavadora, Compactadora, tractor	Antes: 93.03% Después: 98.45%	Antes: 54.95% Después: 92.74%	(Montenegro Leyva, 2017)
2017	Perú	Ramos, Julio	Atlanta Metal Drill S.A.C.	Torno paralelo, fresadora y mandrinadora	Antes: 83.33% Después: 93.84%	---	(Ramos Sparrow, 2017)
2019	Perú	Zumaeta López Robín y Peláez Chávez Víctor	Promaq Perú SAC	Montacarga 4 TM Toyota	Antes 92.86% Después 96.13%	---	(Zumaeta & Pelaez, 2019)