

## Gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad de la flota de tractores del área de maquinarias en una empresa pecuaria.

### Management of preventive maintenance and availability of the fleet of tractors of the area of machinery in a cattle company.

### Gestão de manutenção preventiva e disponibilidade da frota área de máquinas trator em uma empresa pecuária.

Chabeli Antonia Pareja Toledo<sup>1</sup>, Julio Fabián Amado Sotelo<sup>2</sup>, Jaime Eduardo Gutiérrez Ascón<sup>3</sup>.

#### Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la relación existente entre la gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad en la flota de tractores John Deere del área de maquinarias en una empresa prestadora de servicios pecuarios. La población fue de 105 personas involucradas, dueños del problema y, la muestra fue estratificada resultando 46 personas. El cálculo de criticidad se realizó con los subsistemas críticos, que imposibilitan la disponibilidad de los tractores. Se contrastó la hipótesis con el software de mantenimiento preventivo MP9. Los resultados obtenidos fueron que los tractores N° 15, 16, 21, 22, 24 y 36 son aquellos que se encuentran menos disponibles para la ejecución de los trabajos con los porcentajes de los promedios de fallas de los subsistemas de 79,58%, 70,90%, 50,63%, 65,80%, 60,37% y 75,49%; siendo la causa la falta de planificación de mantenimiento preventivo de los mismos. Por tal razón con la implementación del software de mantenimiento preventivo MP9 fue posible el control en el área de maquinarias con respecto a los tractores lo cual eleva la disponibilidad y operatividad de los mismos. En el instrumento se obtuvo una validez del 93,75% a criterio de expertos y la confiabilidad fue 96,30%; el modelamiento de investigación (XY) Disponibilidad (y) = 111.994-0,344 (diagnóstico) - 1,204 (planificación de actividades) con un coeficiente de correlación del 86% se aceptó la hipótesis de la investigación. En conclusión, la gestión de mantenimiento preventivo se relaciona con la disponibilidad en la flota de tractores del área de maquinarias en la empresa prestadora de servicios pecuarios.

**Palabras clave:** *Análisis de criticidad, disponibilidad, gestión de mantenimiento, indicadores de seguimiento, planificación de actividades.*

#### Abstract

The objective of the investigation was to determine the relationship between preventive maintenance management and availability in the John Deere tractor fleet in the area of machinery in a company that provides livestock services. The population was 105 people involved, owners of the problem and the sample was stratified resulting in 46 people. The criticality calculation was determined with the critical subsystems, which make the availability of tractors impossible. The hypothesis was contrasted with MP9 preventive maintenance software. The results obtained were that the tractors N° 15, 16, 21, 22, 24 and 36 are those that are less available for the execution of the work with the percentages of the average of failures of the subsystems of 79,58%, 70, 90%, 50.63%, 65.80%, 60.37% and 75.49%; Being the cause the lack of preventive maintenance planning of the same. For this reason with the implementation of MP9 preventive maintenance software was possible the control in the area of machinery with respect to the tractors which raises the availability and operability of the same. In the instrument, a validity of 93.75% was obtained by expert judgment and the reliability was 96.30%; Research modeling (XY) Availability (y) = 111,994-0,344 (diagnosis) - 1,204 (activity planning) with a correlation coefficient of 86% accepted the research hypothesis. In conclusion, the management of preventive maintenance is related to the availability in the fleet of tractors of the area of machinery in the company that provides livestock services.

**Keywords:** *Criticality analysis, availability, maintenance management, monitoring indicators, activity planning.*

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho. Perú. chabelip22@gmail.com.

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática. Bachiller. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho. Perú. jamadosotelo@hotmail.com. <http://orcid.org/0000-0001-9670-7796>.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias. Bachiller. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho. Perú. ing\_jagu@hotmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-4065-3359>

Recibido: 12/04/ 2016      Aceptado: 15/05/2017

## Resumo

O objetivo da pesquisa foi determinar a relação entre a gestão da manutenção preventiva e disponibilidade da frota 105 pessoas envolvidas como donos do problema e nossa amostra foi estratificada resultando 46 pessoas. Ao calcular criticidade subsistemas críticos, que impedem a disponibilidade de tratores foi determinado ele foi contrastado com MP9 software de manutenção preventiva. Os resultados foram que os tratores # 15, 16, 21, 22, 24 e 36 tratores são os tratores que estão menos disponíveis para executar o trabalho com as percentagens médias de falhas de subsistemas que são: 79,58 %, 70,90%, 50,63%, 65,80%, 60,37% e 75,49%. Que são devido à falta de planejamento de manutenção preventiva dos mesmos. Por esta razão, a implementação de MP9 software de manutenção preventiva ser possível controlar a ser realizado na área de máquinas no que diz respeito aos tratores que deve aumentar a disponibilidade e operacionalidade de tratores. O instrumento é válido a partir de 93,75% na opinião de especialistas e confiabilidade foi obtida 96,30%; pesquisa de modelagem (XY) Disponibilidade (y) = -0,344 111994 (diagnóstico) - 1.204 (atividades de planejamento), com um coeficiente de correlação de 86%, a hipótese de pesquisa é aceito. Em conclusão, gestão de manutenção preventiva diz respeito à disponibilidade de tratores nas máquinas da área frota na empresa que presta serviços pecuárias.

*Palavras-chave:* análise de criticidade, disponibilidade, gestão de manutenção, monitoramento de indicadores, atividades de planejamento,

## Introducción

En la época actual conocer sobre el mantenimiento es de suma importancia, debido a las consideraciones demandadas por el mercado, el mantenimiento se encuentra en un estado de transición en la que la excelencia es considerada parte del producto, por ello sería inconcebible que el mantenimiento, siendo función importante de apoyo a la producción y parte de la organización empresarial, no la tuviera. Eventualmente, las empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de gestión del mantenimiento para ser más sostenibles, el cual permita la prevención de fallas y averías, a base de una adecuada organización de un mantenimiento, incrementando la disponibilidad de las máquinas y equipos por consiguiente incrementa la productividad y rentabilidad de la empresa. La gestión de mantenimiento a nivel nacional se basa en asegurar la confiabilidad en la maquinaria de una manera sistemática, segura y al menor costo posible. Existen gestiones que se rigen por elementos modernos en la aplicación del mantenimiento existiendo aun empresas que continúan desarrollando un alto nivel de actividades puramente correctivas, generando muy baja confiabilidad en su gestión y seguramente altos costos y desconfianza. La empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. cuenta con 9 meses de brindar servicios al público en general. Uno de los clientes principales es la empresa Redondos S.A, al que brinda servicios de limpieza de sus granjas.

PSP S.A.C. se inició con razón social de Servicios Medio Mundo S.A.C. contando con una experiencia de más de 30 años dedicada al rubro automotriz, contando con un taller mecánico automatizado y adjuntamente asociados al taller de Bosch Car Service, la principal función de dicha área es programar mantenimientos preventivos y correctivos para maquinarias pesadas (tractores agrícolas y de obras civiles), vehículos y equipos. En esta área se han reportado consecuentemente averías y esto ocasiona la baja disponibilidad de tractores John Deere, cuando esto sucede se genera órdenes de mantenimiento correctivos en su defecto llamado mantenimiento por auxilio, lo cual genera retrasos de limpieza de granjas y otros trabajos encomendados para los tractores, perdiendo credibilidad con sus clientes más importantes.

La gestión de mantenimiento preventivo es un conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado, teniendo en cuenta, la calidad del producto. Seguridad de las personas y todo ello en el menor costo posible. Evita los paros en la producción de incidentes que precisen de acciones correctoras de este modo, aumentar las horas reales de la producción (Seas, 2012) para iniciar una gestión se realizan etapas como: primero se planifica luego se ejecuta a la vez se inspecciona lo que se lleva realizando y posteriormente se controlan y verifican si se está llegando a cumplir con lo establecido (Garrido, 2003).

La confiabilidad y la mantenibilidad son dos medidas asociadas con la calidad del producto, que se combinan en el concepto de disponibilidad (Ipinza D'aleccio, 2004).

El diagnóstico es la herramienta con la que se cuenta para fotografiar a la empresa en un determinado periodo (Warthon, 2014).

Hay que programar las actividades con la suficiente flexibilidad como para poder atender temas imprevistos, pero interesantes. Según el tipo de trabajo, el tiempo que ocupan los imprevistos puede variar de un modo importante de unos a otros (Gómez, 2016).

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento (Márquez, 2012).

Los indicadores son medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos (García, 2012).

El proponer realizar la gestión de mantenimiento preventivo genera para la empresa una ventaja competitiva puesto que le permite incrementar la disponibilidad. El objetivo general de la investigación es analizar la relación existente entre la gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad en la flota de tractores John Deere del área de maquinarias de la empresa mediante el oportuno diagnóstico, establecimiento de la planificación de las actividades, realización del análisis de criticidad y, establecimiento de los indicadores de seguimiento.

## Material y métodos

La presente investigación tiene un diseño no experimental en su variante descriptivo correlacional, puesto que describe la realidad problemática de la empresa, la solución planteada a la vez se pretende medir la relación de las variables, gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad. El tipo de investigación es aplicada, transversal, explicativa y cuantitativa (Latorre 1996 citado por Córdova 2012).

La población de sujeto estuvo comprendida por N=105 colaboradores de la empresa; siendo la población mayor a 100, se calculó la muestra estratificada con un 95% nivel de confianza resultando n=46 colaboradores.

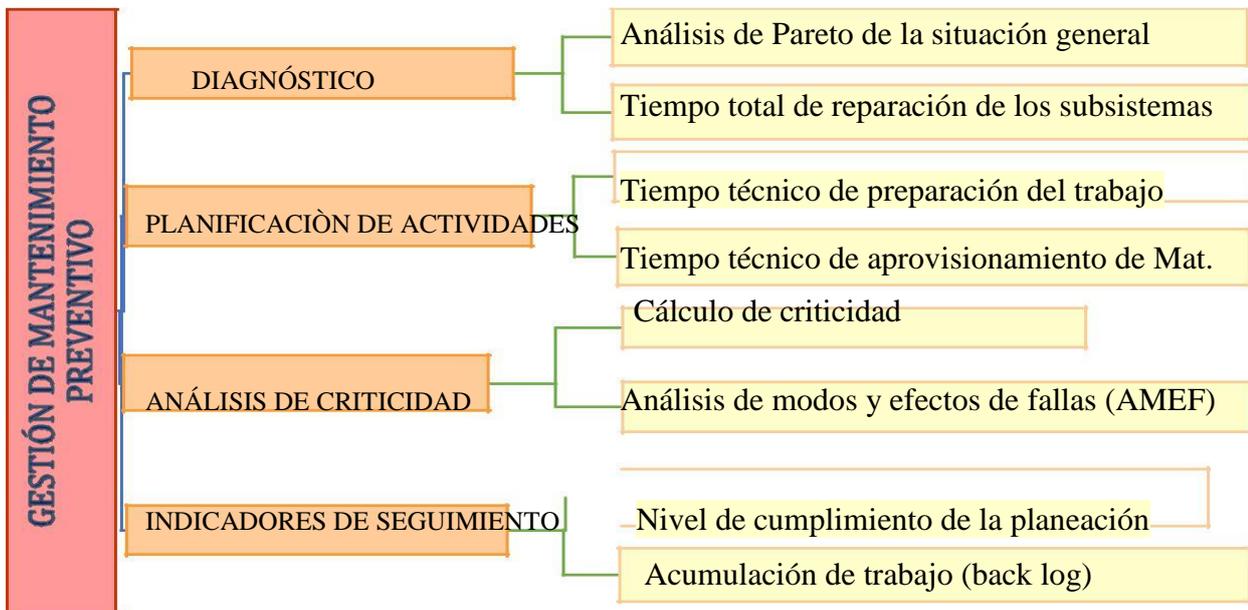
También se trabajó con una población de objeto N=37 y se considera como muestra a toda la población n=37, para la gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad. Para ello se considera 15 tractores John Deere, 9 sistemas, se realizó un análisis preliminar con la finalidad de diagnosticar los tractores y sistemas con mayores frecuencias de fallas y excesivos costos de mantenimiento de ello se desdoblaron subsistemas; luego se calculó la criticidad de cada subsistemas y enfatizar en los que resultaron con alta criticidad. La Figura 1, muestra la secuencia seguida, en la investigación.

## Definición operacional de gestión de mantenimiento preventivo

La gestión de mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades necesarias que se realiza a partir un diagnóstico y planificación de actividades para realizar el análisis de criticidad de las máquinas, lo cual se controla con los indicadores de seguimiento haciendo que se cumplan las planificaciones descritas, esto se efectúa en el área donde se desarrolla la operación, lo que nos conlleva a minimizar y prevenir las paradas por fallas de las maquinas por lo tanto incrementa se disponibilidad de las máquinas (Pareja, 2016).

## Definición operacional de disponibilidad

La disponibilidad es la confianza que se tiene de un activo en el cual se ejerció mantenimiento y lo que se espera es que cumpla con su función satisfactoriamente en un periodo determinado para lo cual se utilizan los tiempos medios de fallas y tiempos medio de reparación de manera que se efectuara con exactitud el porcentaje de operatividad (Pareja, 2016).



**Figura 1. Fases de la gestión del mantenimiento.**  
 Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 1, la definición de cada una de las variables.

**Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables.**

Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
<b>Variable Independiente (X):</b> Gestión de mantenimiento preventivo	<b>D1:</b> Diagnóstico	<b>D1.1</b> Tiempo total de reparación.	T: Análisis documental
	<b>D2:</b> Planificación de actividades	<b>D2.1</b> Tiempo técnico de preparación del trabajo. <b>D2.2</b> Tiempo técnico de aprovisionamiento de materiales.	I: Análisis de contenido T: Cronometraje I: Hoja de cronometraje
	<b>D3:</b> Análisis de criticidad	<b>D3.1</b> Cálculo de criticidad. <b>D3.2</b> Análisis de modos y efectos de falla (AMEF).	T: Entrevista I: Guía de entrevista
	<b>D4:</b> Indicadores de seguimiento	<b>D4.1.</b> Nivel de cumplimiento de la planeación. <b>D4.2.</b> Acumulación de trabajo (back log).	T: Análisis documental I: Análisis de contenido
<b>Variable dependiente (Y):</b> Disponibilidad	<b>d1:</b> Tiempo medio de reparación <b>d2:</b> Tiempo medio entre fallas	<b>d1.1</b> Tiempo total de inactividad. <b>d2.1</b> Tiempo total de funcionamiento. <b>d2.2</b> Número de fallas.	T: Entrevista I: Guía de entrevista T: Entrevista I: Guía de entrevista

Fuente: Elaboración propia.

Consecuencia = (impacto operacional \*flexibilidad \*TPPR) + costo de mantenimiento  
Impacto ambiente + impacto de seguridad

**Dónde:**

El riesgo o criticidad es igual al producto de frecuencia por la consecuencia,  
TPPR= tiempo promedio para reparar.

Para conocer las prioridades o determinar la importancia de los equipos que se encuentran comprometidos en el proceso productivo, fue necesario evaluar las consecuencias que implicarían la falla de los mismos, o en otras palabras su criticidad. Todos estos datos se usaron para calcular la criticidad de los subsistemas de los tractores y a la vez para alimentar al software MP9, donde analizamos 37 subsistemas críticos con la finalidad de encontrar los subsistemas con mayor criticidad, resultando 20, los parámetros fueron:

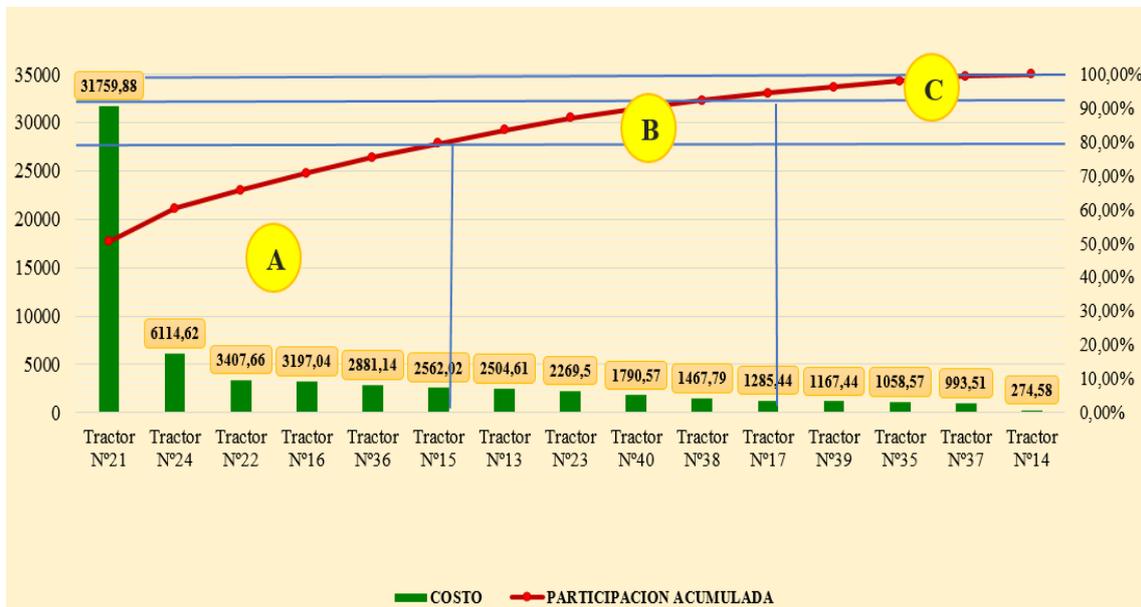
232 < 1095 alta criticidad; 231 < 92 mediana criticidad y; menores a 91 baja criticidad según Pareto.

Todo ello se tabuló en hojas de cálculo para calcular la disponibilidad de cada subsistema de los tractores John Deere.

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

**Resultados**

El análisis preliminar sirvió para analizar el sistema y poder proponer cambios en el mismo, cuyos resultados sean previsible, de los 15 tractores John Deere, identifico 6 tractores vitales mediante análisis de Pareto, bajo el criterio 80/20, estos fueron: tractor N° 15, tractor N° 16 tractor N° 21, tractor N° 22, tractor N° 24, tractor N° 36, con mayores frecuencias de fallas y costos por reparación.



**Figura 2. Diagrama de Pareto en función a los costos de cada tractor.**

**Fuente:** Elaboración propia.

De los 9 sistemas intervenidos, de los tractores John Deere, se identificaron 4 sistemas vitales, mediante el análisis de Pareto 80/20, estos fueron: sistema eléctrico, sistema de

combustible, sistema eléctrico y sistema de lubricación, en las cuales se incurrieron con mayores costos por reparación a raíz de una falla de un subsistema.

Para el **diagnóstico** de la gestión de mantenimiento se analizaron los subsistemas de los tractores y subsistemas vitales identificados según el análisis de Pareto, para ellos calculamos el tiempo total de reparación siendo 20 los subsistemas identificados.

**Tabla 2. Tiempo total de reparación de los subsistemas.**

ítems	Descripción	Tiempo de Reparación (horas)	Fallas	Tiempo total de reparación (horas)
1	Cableado y conexión	5,00	6	30,00
2	Filtro de aceite motor	1,30	22	28,60
3	Arranque (batería)	2,50	8	20,00
4	Filtro de combustible	1,45	8	11,60
5	Filtro de aceite de transmisión	1,30	8	10,40
6	Reten de cigüeñal	4,30	2	8,60
7	Tablero de control	4,30	2	8,60
8	Accesorios del sistema eléctrico	1,40	4	5,60
9	Caja de cambio o de velocidades	2,50	2	5,00
10	Bomba de cebado	2,45	2	4,90
11	Embrague	1,45	3	4,35
12	Relé y anillo relé de arranque	2,15	2	4,30
13	Inyectores	2,00	2	4,00
14	Tanque de combustible	3,50	1	3,50
15	Eje de transmisión	3,15	1	3,15
16	Engranaje de distribución	1,45	2	2,90
17	Filtro de petróleo	1,45	2	2,90
18	Generador (alternador)	2,50	1	2,50
19	Bomba de aceite motor	2,40	1	2,40
20	Bomba de alimentación de combustible	2,30	1	2,30

**Fuente:** Elaboración propia.

Con la **planificación de actividades** se pudo detallar la secuencia de las documentaciones y horas demora respectiva según los sistemas del tractor afectados, para efectuar una intervención en ellos. De ello se obtuvo que en el sistema de transmisión se demoran 9,32 horas, en el sistema eléctrico 10,79 horas, en el sistema de combustible 9,43 horas y en el sistema de lubricación 9,06 horas, todo ello depende de las distancias de ubicación de las granjas.

En el **análisis de criticidad** se determinaron los subsistemas vitales de los 6 tractores John Deere, se desdobra los subsistemas de los 4 sistemas analizados (combustible, eléctrico, transmisión y lubricación) para ello se realizó el cálculo de criticidad, posteriormente se clasificó en 232< 1095 alta criticidad; 231<92 mediana criticidad y; menores a 91 baja criticidad según el análisis de Pareto.

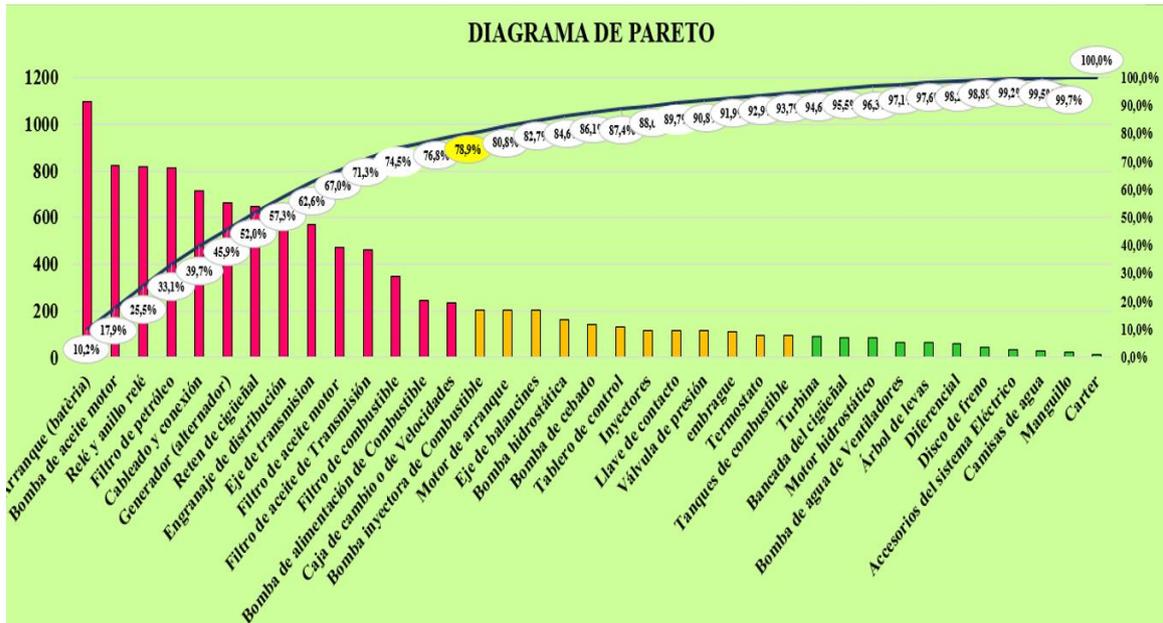


Figura 3. Diagrama de Pareto de los subsistemas críticos.

Fuente: Elaboración propia.

Los **indicadores de seguimiento** determinaron el nivel de cumplimiento también llamado eficacia y mide el nivel del cumplimiento de los trabajos realizados u horas maquinas trabajadas, durante el periodo de junio del 2016 a setiembre del 2016 de los subsistemas.

Tabla 3. Eficacia de los subsistemas de tractores John Deere.

Subsistemas	Horas trabajadas	Horas planeadas	Eficacia %
Cableado y conexión	738,0	768	96,1
Filtro de aceite motor	739,4	768	96,3
Arranque (batería)	748,0	768	97,4
Filtro de combustible	756,4	768	98,5
Filtro de aceite de transmisión	757,6	768	98,7
Reten de cigüeñal	759,4	768	98,9
Tablero de control	759,4	768	98,9
Accesorios del sistema eléctrico	762,4	768	99,3
Caja de cambio o de velocidades	763,0	768	99,4
Bomba de cebado	763,1	768	99,4
Embrague	763,6	768	99,4
Relé y anillo relé de arranque	763,7	768	99,4
Inyectores	764,0	768	99,5
Tanque de combustible	764,5	768	99,5
Eje de transmisión	764,8	768	99,6
Engranaje de distribución	765,1	768	99,6
Filtro de petróleo	765,1	768	99,6
Generador (alternador)	765,5	768	99,7
Bomba de aceite motor	765,6	768	99,7
Bomba de alimentación de combustible	765,7	768	99,7

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad de los subsistemas de los tractores John Deere se calculó mediante la fórmula especificada líneas arriba, para ello primero se obtuvieron los tiempos medios entre fallas y tiempos medios de reparación, obteniendo la disponibilidad de los subsistemas para el cumplimiento de su función satisfactoriamente.

**Tabla 4. Cálculo de la disponibilidad de los subsistemas de los tractores críticos identificados.**

Descripción	Fallas	TTR (hora)	HR	MTTR	MTBF	Disp. %
Cableado y conexión	6	30,00	738,00	5,00	24,60	83,11
Filtro de aceite motor	22	28,60	739,40	1,30	25,85	95,21
Arranque (batería)	8	20,00	748,00	2,50	37,40	93,73
Filtro de combustible	8	11,60	756,40	1,45	65,21	97,82
Filtro de aceite de transmisión	8	10,40	757,60	1,30	72,85	98,25
Reten de cigüeñal	2	8,60	759,40	4,30	88,30	95,36
Tablero de control	2	8,60	759,40	4,30	88,30	95,36
Accesorios del sistema eléctrico	4	5,60	762,40	1,40	136,14	98,98
Caja de cambio o de velocidades	2	5,00	763,00	2,50	152,60	98,39
Bomba de cebado	2	4,90	763,10	2,45	155,73	98,45
Embrague	3	4,35	763,65	1,45	175,55	99,18
Relé y anillo relé de arranque	2	4,30	763,70	2,15	177,60	98,80
Inyectores	2	4,00	764,00	2,00	191,00	98,96
Tanque de combustible	1	3,50	764,50	3,50	218,43	98,42
Eje de transmisión	1	3,15	764,85	3,15	242,81	98,72
Engranaje de distribución	2	2,90	765,10	1,45	263,83	99,45
Filtro de petróleo	2	2,90	765,10	1,45	263,83	99,45
Generador (alternador)	1	2,50	765,50	2,50	306,20	99,19
Bomba de aceite motor	1	2,40	765,60	2,40	319,00	99,25
Bomba de alimentación de combustible	1	2,30	765,70	2,30	332,91	99,31

**Fuente:** Elaboración propia.

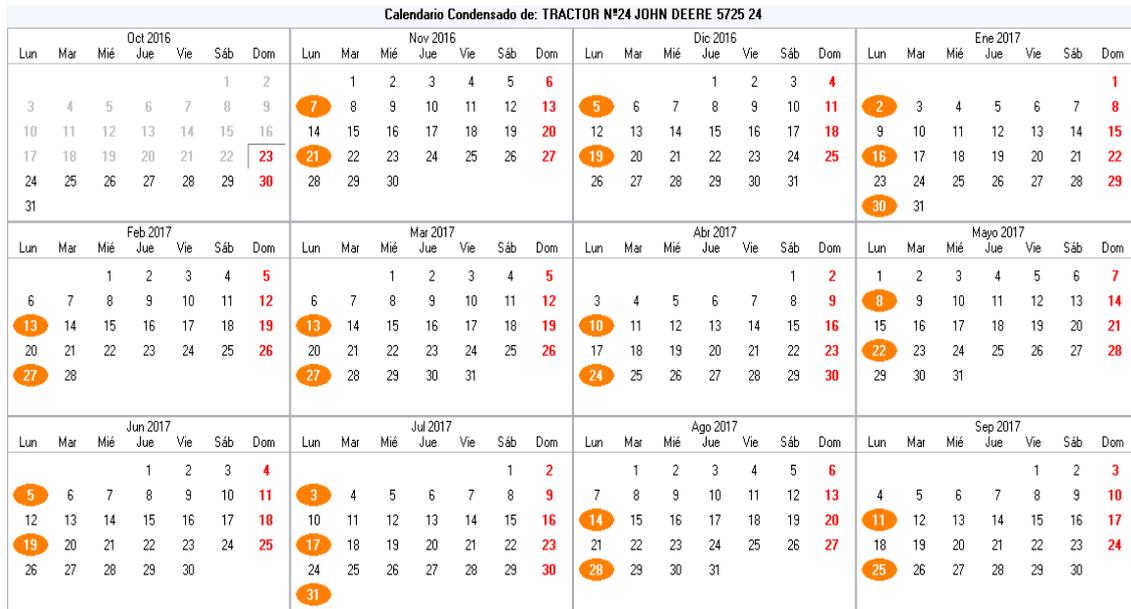
Se procesó la información en el software MP9 y de ello se obtuvo los próximos mantenimientos según el calendario anual para los 6 tractores identificados en el cual se indica la fecha que el tractor tendrán las intervenciones respectivas para evitar fallas imprevistas, se muestra los próximos mantenimientos preventivos para el tractor N°24.

**Tabla 5. Planificación de próximo mantenimiento preventivo para el tractor John Deere N° 24**

Tractor John Deere N° 24					
Subsistema	Actividad	Frecuencia	Duración	Prioridad	Tipo de mto.
Tablero de control	Revisión y limpieza	8 semanas	4h30min00	alta	preventivo
Reten de cigüeñal	Revisión y mantenimiento	3 semanas	4h30min00	alta	preventivo
Relé y tornillo relé	Revisión y mantenimiento	4 semanas	2h15min00	alta	preventivo
Bomba de cebado	Revisión y mantenimiento	2 semanas	2h45min00	alta	preventivo

**Fuente:** Elaboración propia.

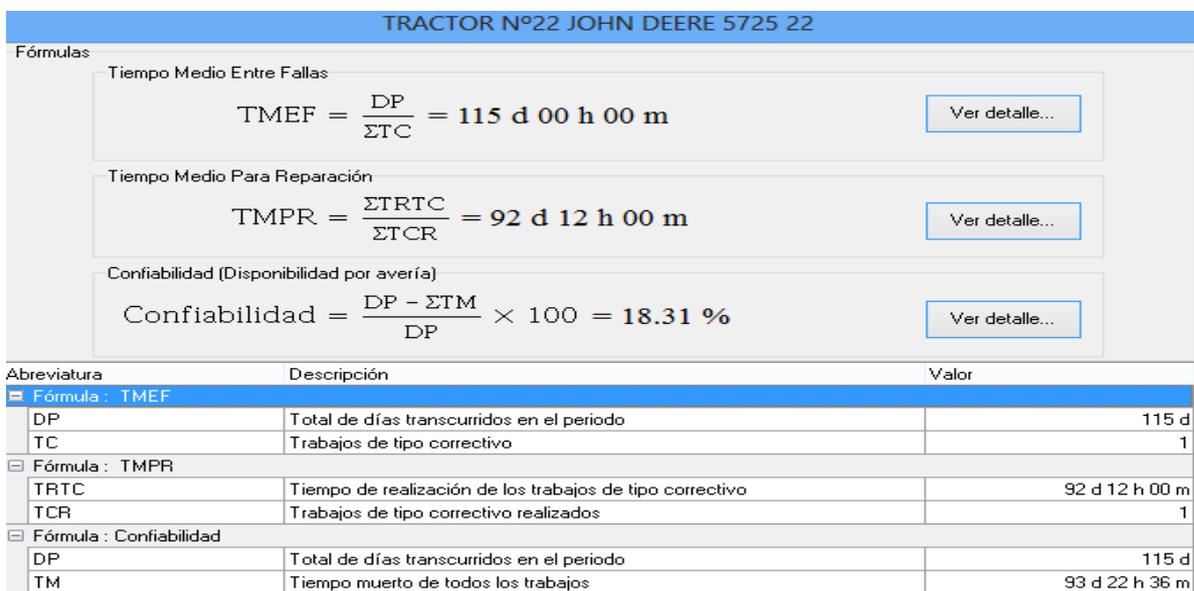
En el calendario anual que se presenta en la Figura 4 se observa que los mantenimientos preventivos de los subsistemas detallados en la tabla especificada se realizarán en las fechas indicada, con esto se lograra disminuir las fallas imprevistas y se disminuirán los costos por mantenimientos y reparación.



**Figura 4. Planificación de mantenimientos preventivos para el tractor John Deere N° 24.**

Fuente: Software Mp9.

En la Figura 5, se presentan los cálculos de confiabilidad del tractor N° 22:



**Figura 5. Disponibilidad del tractor John Deere N° 22 en el software MP9.**

Fuente: Software Mp9.

### Confiabilidad del instrumento

Se realizó el análisis de fiabilidad en el programa estadístico SPSS Statistics 22.0 al instrumento aplicado a los dueños del problema (46 trabajadores según muestreo) de la empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. Se obtuvo una fiabilidad de 0,963 este instrumento estuvo conformado por 60 ítems, distribuidos en 4 dimensiones para la variable

independiente (Gestión de mantenimiento preventivo) y 2 dimensiones para la variable dependiente (Disponibilidad).

**Tabla 6. Alpha de Cronbach aplicado al instrumento.**

Alpha de Cronbach	Nº de elementos
0,963	60

**Fuente:** Software SPSS Estatistics 22.0

Esto quiere decir que el instrumento tiene una **confiabilidad perfecta** según la escala de Herrera (1998) como se muestra en la tabla.

Para el modelamiento de la presente investigación se procedió a ingresar los datos cuantitativos (Indicadores) al software XIStat versión 2016. Para cada una de las dimensiones (cuatro) de esta manera se determinó el modelo matemático.

**Tabla 7. Información para el modelamiento de la investigación.**

Subsistemas	Variable independiente (X)				Variable dependiente (Y)	
	D1	D2	D3	D4	Disponibilidad (porcentaje)	
	Diagnóstico (horas)	Planificación de actividades (horas)	Análisis de criticidad (cálculos)	Indicadores de seguimientos (porcentajes)		
1	Cableado y conexión	30,00	10,79	712	96,09	83,11
2	Filtro de aceite motor	28,60	9,06	470	96,28	95,21
3	Arranque (batería)	20,00	10,79	1095	97,40	93,73
4	Filtro de combustible	11,60	9,43	345	98,49	97,82
5	Filtro de aceite de transmisión	10,40	9,32	460	98,65	98,25
6	Reten de cigüeñal	8,60	9,32	648	98,88	95,36
7	Tablero de control	8,60	10,79	132	98,88	95,36
8	Accesorios del sistema eléctrico	5,60	10,79	34	99,27	98,98
9	Caja de cambio o de velocidades	5,00	9,32	232	99,35	98,39
10	Bomba de cebado	4,90	9,43	140	99,36	98,45
11	Embrague	4,35	9,32	108	99,43	99,18
12	Relé y anillo relé de arranque	4,30	10,79	816	99,44	98,80
13	Inyectores	4,00	9,43	116	99,48	98,96
14	Tanque de combustible	3,50	9,43	92	99,54	98,42
15	Eje de transmisión	3,15	9,32	568	99,59	98,72
16	Engranaje de distribución	2,90	9,06	572	99,62	99,45
17	Filtro de petróleo	2,90	9,43	814	99,62	99,45
18	Generador (alternador)	2,50	10,79	662	99,67	99,19
19	Bomba de aceite motor	2,40	9,06	822	99,69	99,25
20	Bomba de alimentación de combustible	2,30	9,43	246	99,70	99,31

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 8. Resumen del modelo cuantitativo.**

Variable	Correlación (r)	Modelo
Gestión de mantenimiento preventivo - disponibilidad	0,860	Disponibilidad (Y) = 111,994 - 0,344 (D1) - 1,204(D2).
Diagnóstico (D1) - disponibilidad	0,830	Disponibilidad (Y) = 100,344 - 0,371 (D1)
Planificación de actividades (D2) - disponibilidad	0,415	Disponibilidad (Y) = 118,748 - 2,202 (D2)
Análisis de criticidad (D3) - disponibilidad	0,284	Disponibilidad (Y) = 98,830 - 0,003 (D3).
Indicadores de seguimiento (D4) - disponibilidad	0,830	Disponibilidad (Y) = -(184,729 - 2,851(D4)).

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9. Resumen de contrastación de hipótesis - análisis cuantitativo.**

	Hipótesis de trabajo	r de Pearson calculado	r de Pearson crítico (gl = 18; α = 5%)	Decisión	Conclusión
Hipótesis general	H <sub>0</sub> : X≠Y	+0,90	±0,444	0,90>0,444	La gestión de mantenimiento preventivo que <b>se relacionan</b> significativamente con la disponibilidad.
	H <sub>1</sub> : X=Y			Rechaza H <sub>0</sub>	
Hipótesis específica (1)	H <sub>0</sub> : D1≠Y	-0,831	±0,444	-0,831<-0,444	El diagnóstico <b>se relaciona</b> significativamente con la disponibilidad.
	H <sub>1</sub> : D1=Y			Rechaza H <sub>0</sub>	
Hipótesis específico (2)	H <sub>0</sub> : D2≠Y	-0,416	±0,444	-0,416>-0,444	La planificación de actividades <b>no se relaciona</b> significativamente con la disponibilidad.
	H <sub>1</sub> : D2=Y			Acepta H <sub>0</sub>	
Hipótesis específico (3)	H <sub>0</sub> : D3≠Y	-0,285	±0,444	-0,285>-0,444	El análisis de criticidad <b>no se relaciona</b> significativamente con la disponibilidad.
	H <sub>1</sub> : D3=Y			Acepta H <sub>0</sub>	
Hipótesis específico (4)	H <sub>0</sub> : D4≠Y	+0,83	±0,444	0,83>0,444	Los indicadores de seguimiento <b>se relacionan</b> significativamente con la disponibilidad.
	H <sub>1</sub> : D4=Y			Rechaza H <sub>0</sub>	

**Fuente:** Elaboración propia.

## Discusión

Se realizó la comparación con otros trabajos de investigación de contenido similares a nuestro estudio:

La gestión de mantenimiento preventivo nos permite organizar las actividades a realizar, también es la base fundamental para ejercer un programa de mantenimiento para incrementar la disponibilidad disminuyendo y evitando las paradas por fallas de los tractores y manteniendo operativa los tractores, durante los cuatro meses de investigación se obtuvo 6 tractores John Deere críticos con un 79,58% del total y 4 sistemas con mayores costos incurridos 89,53% del total; cuantitativamente ambas variables se relacionan un 90%. Resultados similares fueron obtenidos por Flores *et al.* (2016) quienes concluyeron que mediante la gestión de mantenimiento preventivo se obtuvieron temperaturas de funcionamiento elevadas, fugas de lubricante, lubricante inadecuado y tiempo de demora para realizar las tareas de lubricación. Por otro lado especifica que cualitativamente las variables gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad se relacionan con un 62,6%. La diferencia de los valores comparados se debe al tipo de investigación según su carácter de medida, en nuestra investigación nos basamos en datos numéricos obtenidos del data histórica de la empresa y en el trabajo comprado está basado en encuestas por ello se denomina cualitativamente.

En el diagnóstico mediante tiempo promedio de reparación (horas muertas) determinamos los tiempos totales de reparación de cada subsistema involucrado de los tractores John Deere, obteniéndose 20 subsistemas los cuales se encuentran dentro de los 4 sistemas y 6 tractores con mayores costos por reparación. Revollendo (2014) indica que su investigación permitió reducir los tiempos muertos por parada en un 12,5%, dicha reducción permitió incrementar las utilidades netas de los productos vendidos para la empresa.

La planificación de actividades se determinó cronometrando los tiempos de preparación de trabajo (demoras) de los 6 tractores críticos y sistemas con mayores costos incurridos: sistema de combustible 9,32 horas de demora, sistema de transmisión 9,43 horas de demora, sistema eléctrico 10,79 horas de demora y para el sistema de lubricación se demoran 9,06 horas, con las cuales realizamos el análisis del tiempo de retraso del trabajo, todo ello debido a deficiencia de la alta gerencia y equipos de trabajo humanos. Resultados similares se obtuvieron por Arzapalo (2013) que menciona que en la investigación realizada se identificaron demoras que en un 54% se debían a la ocurrencia de desperfectos mecánicos en los camiones y el 29% de las demoras se debía a las intervenciones policiales por ello presentaron mayores de recorrido en el viaje de llegada al taller.

Se realizó un análisis de criticidad de los subsistemas de aquellos tractores vitales resultando el 78,9% del total altamente críticos (frecuencias de fallas), luego se utilizaron criterios de evaluación para clasificar de la siguiente manera: 14 subsistemas altamente críticos, 12 subsistemas con mediana criticidad y 11 subsistemas de baja criticidad. Resultados similares obtenidos por Martínez (2010) quien especifica que los equipos que presentaron mayores fallas en su investigación fueron también los más críticos de ellos resultaron los equipos: Scoop 3.5, Scoop 116 y Scoop 145 de alta criticidad.

Se lleva el control mediante el nivel de cumplimiento de la planeación calculando la eficacia (cumplimiento) de los subsistemas de los 6 tractores diagnosticados como críticos o vitales. Los cuales resultaron: cableado y conexión con 96,09%, filtro de aceite motor con 96,28%, arranque (batería) con 97,40%, filtro de combustible con 98,49%, filtro de aceite de transmisión con 98,65%, reten de cigüeñal con 98,88%, tablero de control con 98,88%, accesorios del sistema eléctrico con 99,27%, caja de cambio o de velocidades con 99,35%, bomba de cebado con 99,36%, embrague con 99,43%, relé y anillo relé de arranque con 99,44%, inyectores con 99,48%, tanque de combustible con 99,54%, eje de transmisión con 99,59%, engranaje de distribución con 99,62%, filtro de petróleo con 99,62%, generador (alternador) con 99,67%, bomba de aceite motor con 99,69%, bomba de alimentación de combustible con 99,70% de eficacia. Resultados similares fueron obtenidos por Zapata (2009)

que explica que la mayor proporción de los equipos estudiados se encuentran en un 70% que no se está cumpliendo con la programación indicada de acuerdo al mantenimiento establecido.

### Conclusión

El modelo de investigación que explica la relación entre las variables de gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad en la flota de tractores John Deere del área de maquinarias en la empresa es:

**Disponibilidad = 111,994 – 0,344 (diagnóstico) – 1,204 (planificación de actividades).**

Esta ecuación que indica que conforme reduzcan el diagnóstico y la planificación de actividades contribuirán a que aumente la disponibilidad en la flota de tractores John Deere del área de maquinarias de la empresa.

La ecuación indica que conforme disminuyan el tiempo total de reparación obtenido en el diagnóstico y el tiempo técnico de preparación de trabajo de la planificación de actividades contribuirá al incremento de la disponibilidad.

Así mismo, al determinar la relación existente entre la gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad se obtiene una correlación lineal múltiple de 90% lo cual significa que existe una correlación muy alta entre las variables gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad en la flota de tractores John Deere del área de maquinarias de la empresa prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C.

Al aplicar la prueba de hipótesis chi cuadrada ( $X^2$ ) a los resultados de la encuesta, se obtiene que  $X^2$  experimental o calculado (53,25) es mayor a  $X^2$  teórico o crítico (9,488) por lo que se rechaza la  $H_0$  a un 5% de nivel de significancia; en consecuencia se acepta la hipótesis  $H_1$  lo que significa que la gestión de mantenimiento preventivo se relaciona con la disponibilidad en la flota de tractores John Deere del área de maquinarias de la empresa prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. Todo lo anterior se corroboró de manera cuantitativa con el estadístico de r de Pearson donde señala que la gestión de mantenimiento preventivo se relaciona con la disponibilidad.

### Referencias bibliográficas

- Arzapalo, M. C. (2013). *Empresa de transportes de carga pesada*. Universidad Peruana de Ciencias aplicadas. Perú.
- Carretero, M. J. y Sánchez, G. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: Cálculo del consumo, indicadores y mejora*. Recuperado de <https://doi.org/M-22955-2012>. pp.30.
- Córdova, I. (2013). *El proyecto de investigación cuantitativa*. Universidad de San Marcos. Lima.
- Flores, A., Pinedo, G., Orellana, M., Luna, M., Ocas, P., Gilio, P., ... Rojo, M. (2016). *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*.
- García, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Diaz Santo.
- Ipinza, F. D. (2004). *Administración y dirección de la producción*. Mexico D.F.: Pearson, Ed.
- Martínez, K. (2010). *Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo Scoop de la mina Isidora* (Tesis pregrado). Valle Norte, El Callao. Estado Bolívar.
- Revollendo, P. A. B. (2014). *Impacto económico del mantenimiento no programado en el costo de la producción*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Zapata, C. (2009). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los*

*equipos de la planta HYL II en la siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”* Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/sistema-gestion-mantenimiento-preventivo-planta-hyl-ii-sidor/sistema-gestion-mantenimiento-preventivo-planta-hyl-ii-sidor.pdf>.