

Organización y planificación del mantenimiento de equipos de mecanizado en talleres industriales de la ciudad de Portoviejo

Organization and planning of the maintenance of machining equipment in industrial workshops of the city of Portoviejo

Néstor Moreira Mendoza ¹

Cesar Aray Intriago ²

Irina Arias Merchán ³

Roque Mendoza Zambrano ⁴

¹Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Ecuador. email.

nmoreira@institutos.gob.ec

²Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Ecuador. Email. caray@institutos.gob.ec

³Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Ecuador. Email. iarias@institutos.gob.ec

⁴Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, Ecuador, Email.

ramendoza@institutos.gob.ec

Contacto: nmoreira@institutos.gob.ec

Resumen

El mantenimiento en el sector industrial es tan importante como la industria en todo el contexto, ya que la conservación efectiva de los activos permite la operación de los procesos productivos, estableciendo la generación constante de valor. El deterioro de los equipos y las fallas funcionales en los talleres industriales de la ciudad de Portoviejo generan pérdidas tanto monetarias como de calidad en los trabajos y servicios brindados, por factores importantes que deben identificarse claramente para poder mitigarse. El propósito de la presente investigación es identificar y evaluar el mantenimiento y la aplicación del mismo en los talleres industriales de la ciudad de Portoviejo. Como técnica metodológica se aplicaron entrevistas a los gerentes de los establecimientos con el objetivo de poder diagnosticar el mantenimiento aplicado a los equipos de mecanizado y en general a los talleres industriales. Resultados: Las respuestas de los gerentes de los talleres mostraron la deficiencia en la gestión, aplicación y planificación del mantenimiento en todos sus niveles, dejando considerables problemas en la operación de sus sistemas productivos, en algunos de los casos están en un deterioro acelerado. Investigación que muestra la necesidad del sector y los factores que pueden influir en la aplicación de mantenimiento o actividades complementarias del mismo.

<https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>



Palabras clave: *mantenimiento, necesidades, planificación, talleres industriales.*

Abstract

Maintenance in the industrial sector is as important as the industry in the whole context, since the effective conservation of assets allows the operation of production processes, establishing the constant generation of value. The deterioration of the equipment and functional failures in the industrial workshops of Portoviejo city generate monetary and quality losses in works and services provided, due to important factors that must be identified to be mitigated. The purpose of this research is to identify and evaluate maintenance and its application in the industrial workshops of Portoviejo city. As a methodological technique, interviews were applied to the establishments' managers to be able to diagnose the maintenance applied to the machining equipment, in general to the industrial workshops. Results: The responses of the workshop managers showed the deficiency in the management, application, and planning in all the levels of maintenance, leaving considerable operation problems in the production systems, in some cases, they are in accelerated deterioration. Research shows the sector's need and the factors that can influence the application of maintenance or complementary activities thereof.

Keywords: *industrial works, maintenance, needs, planning.*

Introducción

Organización del mantenimiento

La gestión y la organización del mantenimiento es de crucial importancia para la industria del mecanizado y talleres industriales; es por tal importancia que potenciar los talleres industriales de Portoviejo, la optimización de sus recursos y mejorar factores que inciden en su productividad es la finalidad de la presente investigación.

Una vez identificada la importancia del estudio, es imprescindible dar entendimiento sobre el significado del mantenimiento, es así que Santiago García Garrido establece una definición acertada del mantenimiento, “definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (2010, p. 16); de igual modo se articula el planteamiento de Olarte, “el mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo

<https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>



rendimiento” (2010, p. 355), así como la razón de ser del mantenimiento, “el objetivo general del mantenimiento industrial es el de planear, programar y controlar todas las actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en los procesos de producción” (Olarte et al., 2010, p. 355), se puede definir que el mantenimiento es de suma importancia para la industria y la conservación de la misma.

El mantenimiento industrial es pertinente y viable en función de la naturaleza del taller industrial, su nivel de organización entre otros factores; establecer estrategias para para potenciar el mantenimiento en estos talleres es un proceso que en la industria está en tendencia; este proceso según Oscar Motato (2018, p. 2), debe enfocarse en actividades que tengan como propósito garantizar la preservación de los activos y la confiabilidad de los mismos, mediante estandarización de tiempos, procesos, planificación de actividades de mantenimiento, análisis predictivo y el enfoque de mejora continua del mantenimiento. De igual modo podemos referir como indispensable a los recursos del mantenimiento, que son un factor primordial en toda organización ya que de este depende que las actividades de mantenimiento se ejecuten de acuerdo a lo planificado; en muchos de los casos es un cuello de botella y una problemática compleja de abordar si no se cuenta con los conocimientos adecuados de gestión.

Nivel de gestión de recursos

El nivel de gestión de recursos o la complejidad de la misma depende principalmente de la característica operacional de la organización, según el criterio de Rodrigo Pascual (2002, p. 7) en un planta para producir se requiere conocer:

- Uno o más productos terminados definidos
- Materias primas
- Proceso de producción
- Personal
- Equipos

Partiendo del conocimiento preciso de la organización se puede identificar posteriormente los elementos que se pueden gestionar, el nivel de complejidad de la gestión, organización y optimización, para que el proceso de obtención del producto terminado sea lo más eficiente posible.

Mantenimiento en talleres industriales

El mantenimiento como base de la conservación de los activos tiene muchas definiciones, pero todas aterrizan en la durabilidad de los activos, así “el mantenimiento y reparación de los sistemas mecánicos se realiza desde el punto de vista del ahorro de recursos humanos, materiales e incremento de la durabilidad de las máquinas” (Herrera & Cunalata, 2019, p. 28). El mantenimiento consta de varios tipos como lo son el correctivo, preventivo, predictivo, de condición entre otros; de los cuales según Duffua et al. (2005) los clasifica en dos categorías principales. La primera contempla el denominado mantenimiento programado y planificado; de igual manera Duffua et al., describe la segunda categoría como el mantenimiento de carácter emergente o correctivo.

La problemática del mantenimiento y conservación de los talleres industriales es un factor en común en distintas latitudes, así Argüelles et al. (2018) expresa que los talleres industriales trabajan con un grado de producción muy bajo pero con alta variedad de diseños, lo que produce ineficacia en sus procesos productivos, por ende niveles de productividad muy bajos, traducido en bajo rendimiento. El mantenimiento industrial es adaptable a distintos niveles y en muchos campos de la ingeniería, tanto así que existen técnicas avanzadas de mantenimiento que tienen enfoques de mejora continua o diagnóstico de fallas, como expresa Sosa et al. (2018), en su artículo de “Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de (AMFE)”, en donde obtiene resultados alentadores con la aplicación de esta técnica avanzada de mantenimiento, en talleres industriales similares a los estudiados en el presente trabajo.

El avance tecnológico, la mejora progresiva de elementos de máquinas, los procesos de fabricación y la demanda progresiva de trabajos cada vez más tecnificados exigen que la preservación de los equipos y maquinarias, tengan un avance cada vez mayor desde un artesano puro a un artesano tecnificado, terminando a un técnico cada vez más especializado asistido por software de mantenimiento y análisis de tendencias de fallas en los equipos, llegando a optimizar cada vez más los recursos y alcanzando eficiencias de los sistemas y procesos (Villanueva, 2014).

El enfoque de aplicación de mantenimiento y la gestión del mismo en talleres industriales es según Santiago García (2010), la optimización de materiales y del talento humano, para ello es importante definir y estudiar la organización que se acopla y potencia las características de cada taller, la criticidad de los equipos en el proceso productivo, inventario, disponibilidad de equipos y factores que mantengan la operatividad de acuerdo a los objetivos de la organización.

Entre las actividades conservación básicas que los equipos industriales requieren según Enrique Villanueva (2014, p. 55), tenemos:

<https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>



- **Inspección:** Actividad que tiene por objetivo recolectar información de un activo para evaluar su estado o condición de funcionamiento.
- **Rutinas:** Son actividades específicas que son programadas periódicamente para ejecutar acciones ya sea de conservación o de potenciación.
- **Reparación:** Acciones correctivas que tienen como objetivo reestablecer un activo o proceso a su estado funcional.
- **Cambio:** Sustitución de activos o elementos de máquinas que han perdido la capacidad funcional y que afectan a la productividad del proceso o maquinarias.
- **Modificación:** Son actividades enfocadas a repotenciar características constructivas de máquinas, procesos, elementos de máquinas entre otros con la finalidad de mitigar problemas de funcionamiento que en la mayoría de casos se traducen en fallas recurrentes.

Restitución y falla de activos

Los equipos tienen sus periodos de mantenimiento, restitución o repotenciación, de acuerdo a Alex Jordán (2012), los sistemas productivos están constantemente en un estado de degradación, esto causado por distintos factores como lo son la producción normal, su periodo de vida útil, factores externos, como ambiente, condición de operación, así como la misma obsolescencia tecnológica; todos estos factores son en la mayoría de los casos controlables, pero son normales hasta cierto punto y de acuerdo a este criterio la gestión del mantenimiento los aborda para la conservación efectiva de los activos.

El costo de un minuto de una maquinaria que está en modo de falla según Luis Alberto Mora, “es por lo menos diez veces superior al costo del mismo tiempo en operación normal dependiendo de la tasa de rentabilidad bruta de la empresa” (2009, p. 328). Criterio de suma importancia para aquellos talleres que sus maquinarias tienen una operación constante y que al presentar fallo interrumpen la productividad del negocio. Entonces de donde parte la problemática, según Richard Widman (2020), expresa una gran incógnita de los sistemas de mantenimiento “¿cuál es su preferencia, tolerancia o mantenimiento?”, ya que generalmente la opción es tolerar los daños mientras no comprometa la funcionalidad de las maquinarias, pero generalmente la noticia según Widman es que el fallo siempre es grave y costoso. El objetivo no es eliminar los fallos, es el manejo idóneo de los mismo, “desde luego el ideal en una empresa es que no haya paros de máquinas; pero si éstos se dan es preferible tener máquinas que presenten fallas cortas y frecuentes a tener máquinas con fallas largas y poco frecuentes” (Sánchez, 2005, p. 75).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la ciudad de Portoviejo de la provincia de Manabí en Ecuador, en talleres industriales que prestan servicios de mecanizado. La ciudad de Portoviejo al ser capital manabita posee uno de los puntos importantes en cuanto a mecanizado se refiere, en donde tenemos talleres como el “Taller Lincold”, “Taller Santa Rosa”, “Taller Inmegar” entre otros; al ser importante a nivel provincial es de pertinencia técnica la ejecución de la investigación en la capital manabita.

Se adapta la aplicación de la metodología de Lourival Tavares (1999, pp. 12 -13), de su libro “Administración moderna de mantenimiento” para el diagnóstico del mantenimiento, en donde priorizamos los siguientes puntos como estratégicos:

- Elaboración de un cuestionario, que servirá como guía para desarrollo de los trabajos de análisis.
- Visitas a las instalaciones, talleres y oficinas de las áreas de actuación del mantenimiento, para conocimiento de las actividades desarrolladas por cada una.
- Análisis de los problemas a ser administrados.

La presente investigación es de carácter descriptiva al tener como objetivo conocer la organización y planificación del mantenimiento aplicada en los talleres industriales de la ciudad de Portoviejo, que de acuerdo a Sampieri y otros, “los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar como se relacionan las variables medidas” (1998, p. 102); de acuerdo a este criterio se establece la metodología para la ejecución de la investigación. Los resultados de los criterios de las entrevistas fueron analizados cualitativamente y presentados en Excel 2019 como gráficos tipo pastel para mayor entendimiento del lector.

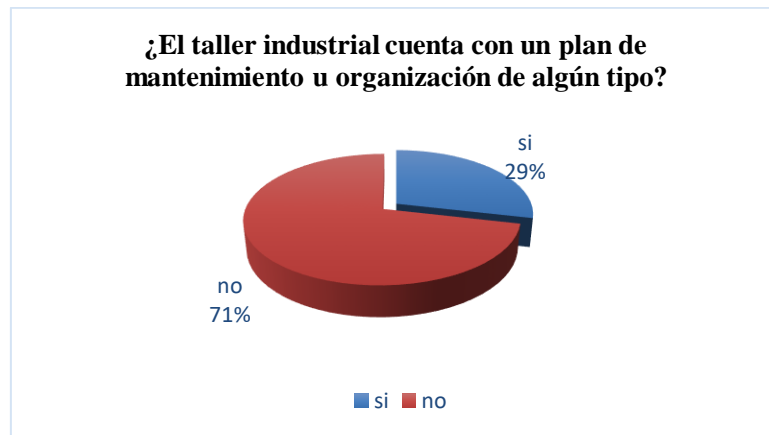
La población identificada para la recolección de datos fueron gerentes de talleres industriales de la ciudad de Portoviejo, en donde tenemos los siguientes:

- Taller Lincold
- Taller Niko
- Taller Jesús
- Taller Santa Rosa
- Taller AxA

- Talle ARTE METAL
- Taller Vencer o morir
- Taller Inmegar
- Taller Senen
- Taller bienvenido
- Taller computarizado mendoza
- Tornería manzano
- Memell
- Taller computarizado mendoza

Resultados

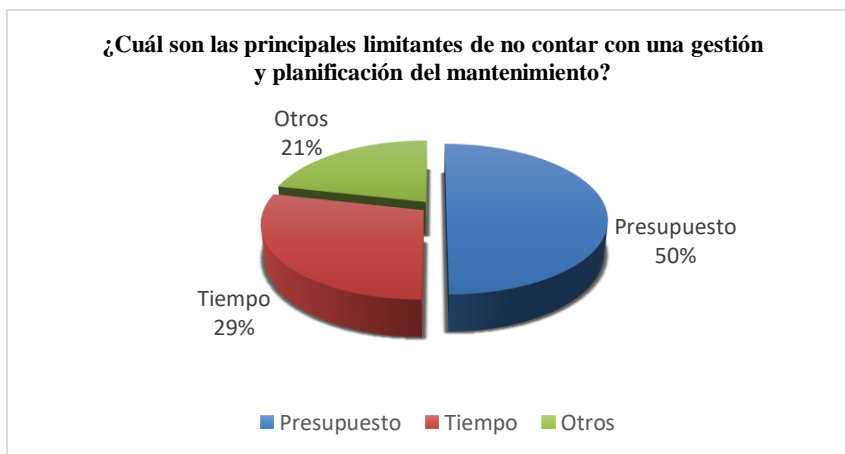
Pregunta #1. ¿El taller industrial cuenta con un plan de mantenimiento u organización de algún tipo?



Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo a los datos de la presente pregunta, una gran mayoría entre el 71% de los talleres industriales no presentan ningún tipo de organización o planificación del mantenimiento, quedando una minoría alrededor de un 29% con algún tipo de planificación que en su mayoría es muy generalizada y poco eficiente.

Pregunta #2. ¿Cuál son las principales limitantes de no contar con una gestión y planificación del mantenimiento?



Análisis e interpretación de resultados

Entre las limitantes principales, destaca la parte económica denominada presupuesto, lo cual engloba un 50 % de los datos recolectados y un 29 % en lo que respecta al tiempo que se requiere para planificar o gestionar algún tipo de mantenimiento; entre los aspectos categorizados como “otros”, son aquellas que no son consideradas como relevantes como preocupaciones o fallas probables.

Pregunta #3. ¿Planifica los recursos para ejecutar el mantenimiento de las maquinarias del taller?



Análisis e interpretación de resultados

La planificación de los recursos para ejecutar el mantenimiento es reflejada por una minoría alrededor del 15 % de los talleres planifican de algún modo sus recursos, mientras que un 57 % no posee ni planifica lo necesario para la ejecución del mantenimiento en sus talleres; un 24%

queda distribuido entre planificaciones anuales y algún otro método de planificación que no son los regulares.

Pregunta #4. ¿Destina tiempos para la ejecución de mantenimientos?



Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo a la pregunta # 5, un 93 % de los talleres investigados destinan tiempos para la ejecución del mantenimiento en sus maquinarias y un 7 % de la población entrevistada, no destina tiempos para ejecutar actividades de mantenimiento.

Pregunta #5. ¿Previene los fallos en las maquinarias o ejecuta el mantenimiento cuando las maquinarias fallan?

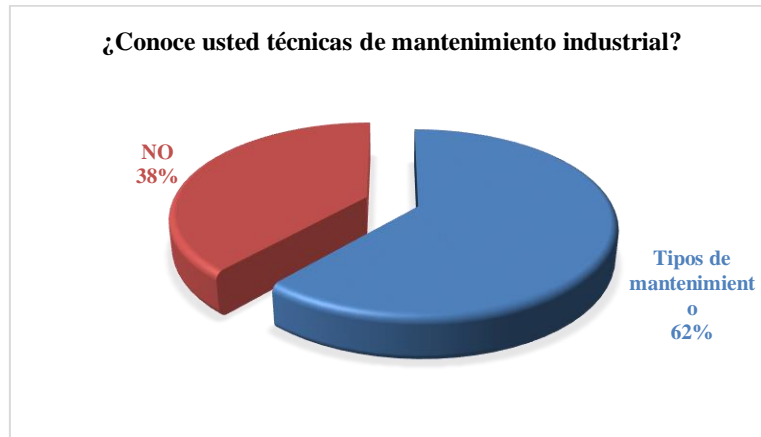


Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo a la prevención de fallos se refiere, un 71 % de las ejecuciones de los mantenimientos se dan cuando las maquinarias fallan o presentan desperfectos que involucran su capacidad

funcional; mientras que un 29 % previene los fallos mediante actividades preventivas como limpieza y lubricación de las maquinarias.

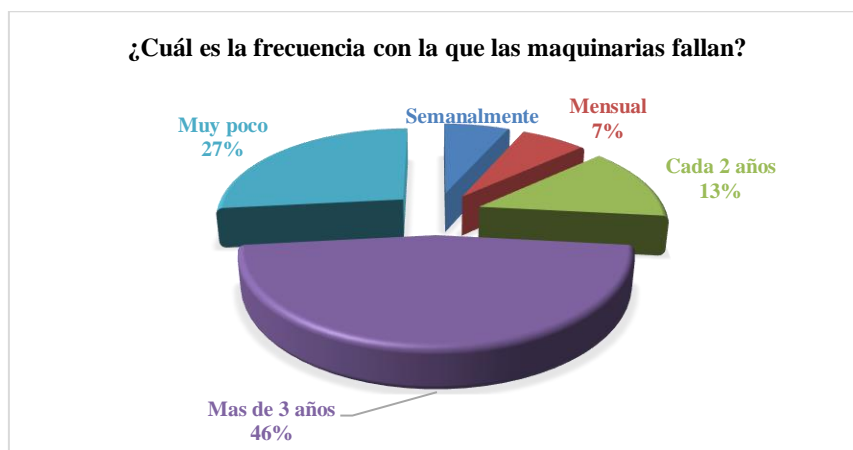
Pregunta #6. ¿Conoce usted técnicas de mantenimiento industrial?



Análisis e interpretación de resultados

Un 100 % de la población entrevistada desconoce las técnicas de mantenimiento y de gestión del mismo, un 62 % conoce los tipos de mantenimientos, correctivos y preventivos, como conocimiento general y un 38 % desconoce totalmente sobre las técnicas del mantenimiento industrial.

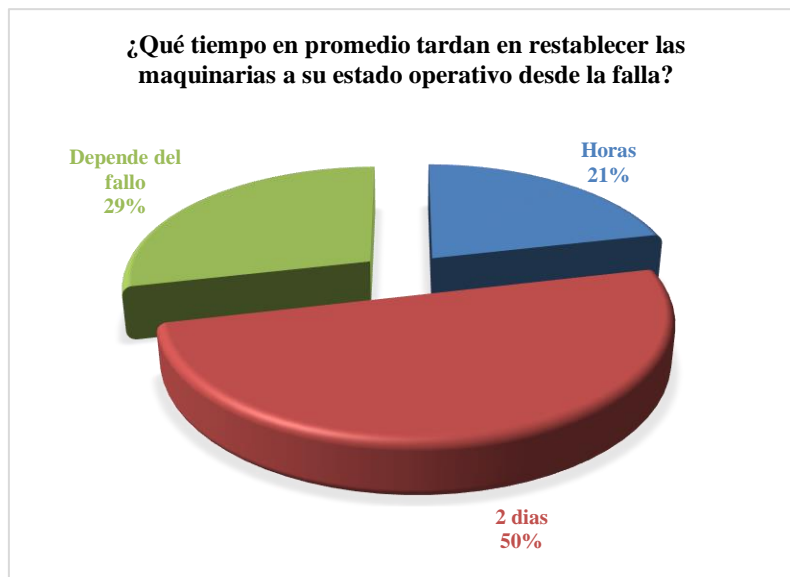
Pregunta #7. ¿Cuál es la frecuencia con la que las maquinarias fallan?



Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo a la frecuencia de fallo de las maquinarias, un 46 % de los datos recolectados muestran que las maquinarias fallan de 3 años en adelante, un 27 % expresan que sus maquinarias fallan muy poco y una minoría del 27 % fallan semanalmente, mensualmente y anualmente, dejando a interpretación que las maquinarias de estos tipos de talleres tienen una frecuencia de fallo muy baja.

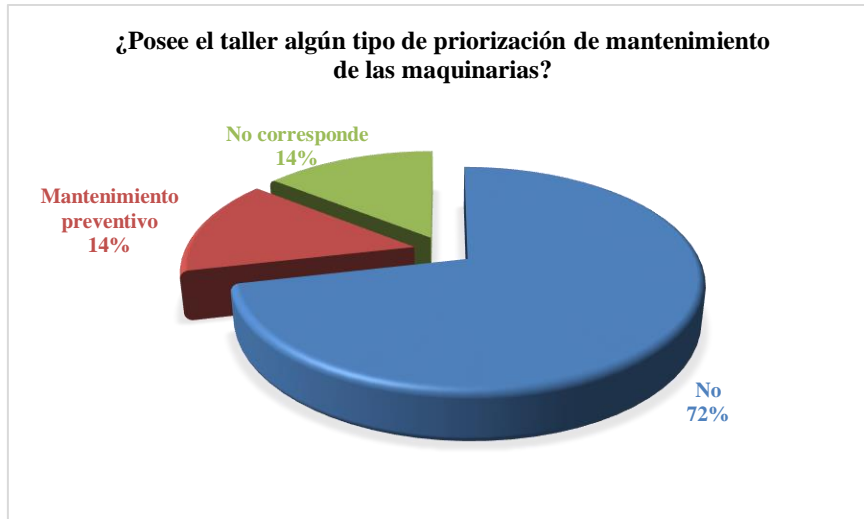
Pregunta #8. ¿Qué tiempo en promedio tardan en restablecer las maquinarias a su estado operativo desde la falla?



Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo al tiempo de restitución de las maquinarias, un 50 % indica que tardan alrededor de 2 días en reestablecer sus maquinarias a su estado funcional; un 21 % establecen que el restablecimiento de las maquinarias tarda de 2 a 8 horas en ser reestablecidas a su estado operativo y un 29 % de los tiempos dependen del fallo y de la complejidad de reparación.

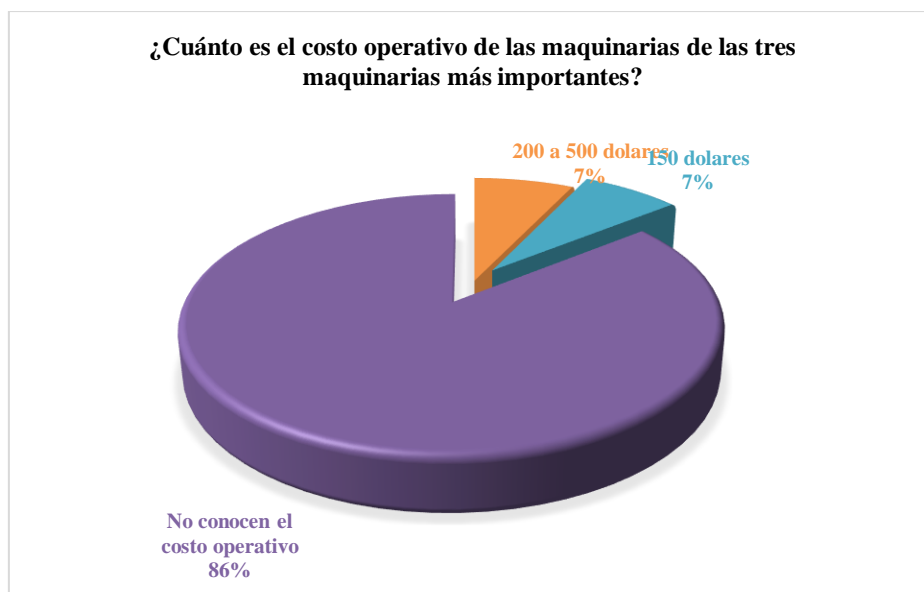
Pregunta #9. ¿Posee el taller algún tipo de priorización de mantenimiento de las maquinarias?



Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo a la pregunta # 9, sobre la priorización del mantenimiento el 72% de las respuestas indican que no poseen ningún método de priorización de mantenimiento; el porcentaje restante no corresponde a métodos de priorización sino a respuestas de tipos de mantenimiento, lo que demuestra una falencia en metodologías de optimización del mantenimiento.

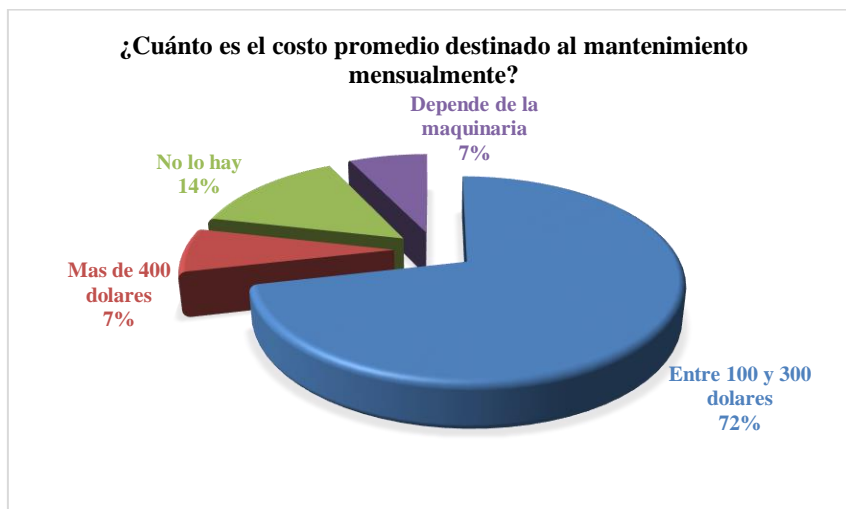
Pregunta #10. ¿Cuánto es el costo operativo de las maquinarias de las tres maquinarias más importantes?



Análisis e interpretación de resultados

De acuerdo a las respuestas de la pregunta # 10; un porcentaje importante de los talleres entrevistados no conocen el costo operativo de sus maquinarias mas importante, e ignoran la importancia de sus maquinarias en modo de fallo; mientras que un 14 %, entienden el costo operativo de sus maquinarias.

Pregunta #11. ¿Cuánto es el costo promedio destinado al mantenimiento mensualmente?



Análisis e interpretación de resultados

El análisis e interpretación de las respuestas de la pregunta # 11, el 72%, destina entre 100 y 300 dólares en actividades de mantenimiento, un 7%, lo cual representa una importante minoría destina más de 400 dólares mensualmente en el mantenimiento, un 14% de la población entrevistada no conoce ni controla el costo de su mantenimiento; quedando un 7% que depende de la maquinaria en modo de falla.

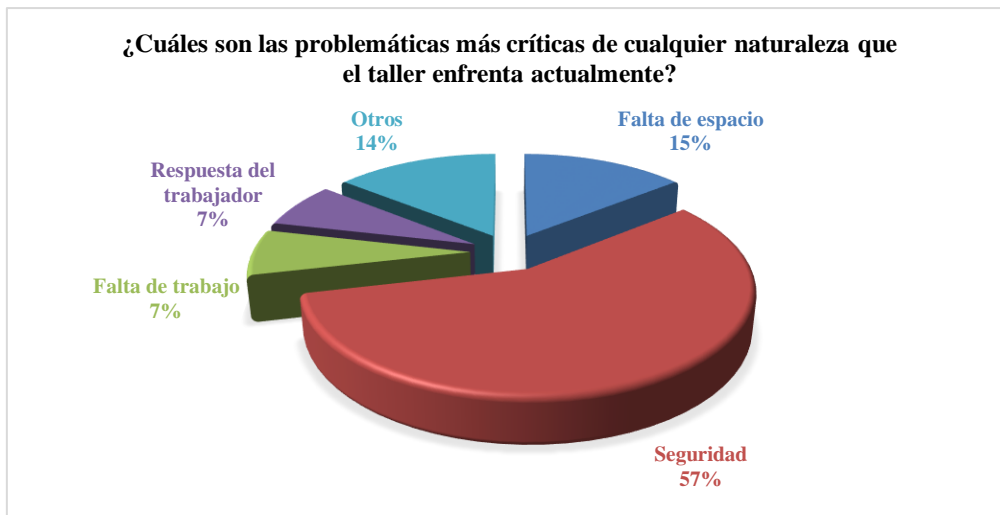
Pregunta #12. ¿Desde su criterio técnico, el taller tiene pérdidas económicas debido al paro por fallas en las maquinarias?



Análisis e interpretación de resultados

En función de los datos recolectados en la pregunta # 12, el 93% indica que el taller industrial que gestionan, presenta pérdidas importantes debido al paro de sus maquinarias por fallas; mientras que un 7%, establece que tal vez el taller tiene perdidas por paro de las maquinarias, lo cual aduce un desconocimiento importante de su negocio.

Pregunta #13. ¿Cuáles son las problemáticas más críticas de cualquier naturaleza que el taller enfrenta actualmente?



Análisis e interpretación de resultados

En la pregunta # 13, sobre los puntos más críticos en los talleres industriales presentan un 57 %, en los aspectos de seguridad industrial, un 15% en la necesidad de optimizar los espacios

operativos, un 7% referido a la respuesta del trabajador en el aspecto laboral; un 7% de falta de trabajo y 14% que engloba aspectos externos de los cuales no se tienen control de los mismos.

Pregunta #14. ¿Invertiría recursos en mitigar las problemáticas antes mencionadas?



De acuerdo a la pregunta # 14, el 100% de la población indica que invertiría para mitigar las problemáticas principales de los talleres, de lo cual es un conjunto de respuestas direccionadas a mejorar las instalaciones industriales y sus aspectos operativos.

Discusión

De acuerdo a los datos recolectados, es preocupante la falta de gestión y planificación del mantenimiento en todo el contexto, ya que el mantenimiento industrial no solo abarca actividades específicas de restitución de activos, sino aspectos de conservación de la operación y producción de las instalaciones; los costos operativos perdidos cuando las maquinaria se encuentran en modo de fallo, la falta métodos de priorización de maquinarias, el desconocimiento de técnicas de mantenimiento industrial, los potenciales riesgos al no contar con la seguridad idónea, entre otros factores que reducen la eficacia de los talleres industriales objetos de estudio.

La organización de las instalaciones, la distribución de planta y el diseño de producción son las principales problemáticas identificadas, mientras que el mantenimiento de los equipos de mecanizado a pesar de ser ineficientes, son en cierto grado ejecutados en función de las necesidades; esto deja como importante tema de discusión si la falta de organización y distribución del taller es la problemática principal de los talleres, y consecuentemente a un sistema de mantenimiento integral de las instalaciones y sistema productivo mejorará las prestaciones y operatividad adecuada de los talleres industriales de la ciudad de Portoviejo.

De igual modo la prestación de servicios y la calidad del trabajo técnico es la base fundamental para establecer precedentes sobre la situación actual del área industrial de la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí y de este modo contribuir a la solución y mejora de la cultura de mantenimiento y optimización de los talleres industriales de mecanizado.

Conclusiones

La presente investigación es parte de un esfuerzo por mejorar el sector industrial y la calidad de los servicios prestados; de acuerdo al cumplimiento de los objetivos principales del trabajo, se dio a conocer aspectos importantes de la situación actual de los talleres industriales, con el enfoque de mejorar desde distintas perspectivas las fortalezas de los mismos, así como de mitigar sus debilidades.

Desde el punto estratégico es de suma importancia conectar los factores que inciden en las problemáticas de la gestión del mantenimiento en los talleres y las posibles rutas de aplicación de soluciones técnicas ya sea de organización y planificación. Así es importante destacar que los equipos de mecanizado tienen frecuencias de fallos muy bajas, lo cual indica un alto desempeño de las mismas, dejando así puntos externos como problemáticas principales, como la falta de organización, planificación, gestión, entre otros factores.

Referencias Bibliográficas

- Argüelles, C., Franco, L., & Onofre, P. (2018, 08/29). Estrategia de mejora al proceso productivo de Talleres Industriales de Maquinados. *Universo de la tecnología*, 3, 5-7.
- Duffua, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2005). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control* (1era ed.). LIMUSA WILEY.
http://www.academia.edu/download/38567926/Sistemas_de_Mantenimiento_Duffua_1.pdf
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Diaz de santos.
https://www.academia.edu/15914307/Organizaci%C3%B3n_y_gesti%C3%B3n_integra_l_de_mantenimiento
- Herrera, W. P. C., & Cunalata, O. G. T. (2019). *Principios de tribología aplicados en la ingeniería mecánica*. 3Ciencias.com. <https://doi.org/http://doi.org/10.17993/IngyTec.2019.57>
- Jordán, A. F. (2012). *Organización y Gestión del Mantenimiento en los Equipos de la Empresa de Ingeniería de Maquinaria (INGEMAQ)* [Tesis pregrado Ingeniero de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2402>



- Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control* Alfaomega Grupo Editor.
http://www.academia.edu/download/56591004/Mantenimiento_-_Alberto_Mora_GutiCrrez-FREELIBROS.ORG.pdf
- Motato, Ó. F. (2018). *Transformación del Modelo Operativo de Mantenimiento con Caso de Éxito* XX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, Bogotá, Colombia.
https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-072%20TRA_COL_O_MOTATO_CIMGA2018.pdf
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et technica*, 1(44), 354-356.
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/1867/1113>
- Pascual, R. (2002). *Gestión moderna del mantenimiento*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
https://www.academia.edu/download/52449284/manual_del_ingeniero_de_mantenimiento.pdf.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). Mcgraw-hill México, DF.
- Sánchez, C. (2005). Impacto de las averías e interrupciones en los procesos. un análisis de la variabilidad en los procesos de producción *Dyna*, 72(145), 67-75.
<https://www.redalyc.org/pdf/496/49614506.pdf>
- Sosa, J. V. G., Quijada, J. L., Ontiveros, M. Á. L., Montoya, P. P., & Hernández, A. C. (2018). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de amfe. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3).
<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>
- Tavares, L. A. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicacoes. <https://www.academia.edu/download/48591600/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>.
- Villanueva, E. D. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial* (3era ed.). Grupo Editorial Patria.
https://www.academia.edu/download/58658298/03_ED._DOUCEN_VILLANUEVA_ENRIQUE._LA_PRODUCCTIVIDAD_EN_EL_MANTENIMIENTO_INDUSTRIAL.pdf.
- Widman, R. (2020). *Tolerancia o Mantenimiento - ¿Cuál es su preferencia?* Mantenimiento Mundial. Retrieved 5 de mayo 2020 from <http://www.mantenimientomundial.com/notas/Tolerancia%20o%20Mantenimiento-Widman.pdf>