



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la productividad
en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. Trujillo -2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Bazan Coronel, Ying Jean Paul (orcid.org/0000-0001-5850-9297)

Torres Flores, Oscar Raul (orcid.org/0000-0003-3771-662X)

ASESOR:

Mg. Chucuya Huallpachoque, Roberto Carlos (orcid.org/0000-0001-9175-5545)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHIMBOTE – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por otorgarnos vida, salud y las fuerzas necesarias para culminar satisfactoriamente con nuestra formación profesional universitaria.

A nuestros padres, abuelos y hermanos por sus sabios consejos, su comprensión y apoyo incondicional.

Los autores

Agradecimiento

A Dios por darnos las fuerzas día a día para lograr el cumplimiento de todas nuestras metas y objetivos propuestos.

A la empresa FAMET HM y a todos sus colaboradores, ya que nos brindaron la información y datos requeridos para la obtención de datos satisfactorios en nuestra investigación.

A nuestros docentes por sus recomendaciones y conocimientos brindados para un mejor desarrollo de nuestro estudio.

Y a nuestros padres por su apoyo incondicional y su infinito amor.

Los autores

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	19
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS	47
ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	20
Tabla 2. <i>Métodos de análisis de datos</i>	22
Tabla 3. <i>Datos para el cálculo del takt time</i>	24
Tabla 4. <i>Matriz de impacto de las causas raíces de los problemas en la línea de cocido</i>	27
Tabla 5. <i>Eficacia antes de la aplicación del Lean Manufacturing</i>	28
Tabla 6. <i>Eficiencia económica antes de la aplicación del Lean Manufacturing</i>	28
Tabla 7. <i>Productividad de mano de obra antes de la aplicación del Lean Manufacturing</i>	29
Tabla 8. <i>Elementos encontrados con las tarjetas rojas – resumen</i>	30
Tabla 9. <i>Aplicación de un Check Lista para la metodología 5S´s</i>	39
Tabla 10. <i>Disponibilidad de los equipos antes del mantenimiento autónomo – Enero</i> 41	
Tabla 11. <i>Disponibilidad de los equipos después del mantenimiento autónomo – Febrero</i>	42
Tabla 12. <i>Eficacia después de la aplicación del Lean Manufacturing</i>	44
Tabla 13. <i>Eficiencia económica después de la aplicación del Lean Manufacturing</i> 45	
Tabla 14. <i>Productividad de mano de obra después de la aplicación del Lean Manufacturing</i>	46
Tabla 15. <i>Calificación 1 del Ing. Erik Alfonso Canepa Montalvo</i>	54
Tabla 16. <i>Calificación 1 del Ing. Víctor Martín Reinoso de la Rosa</i>	54
Tabla 17. <i>Calificación 1 del Ing. Roberth Fabián Guevara Chinchayan</i>	54
Tabla 18. <i>Consolidado 1 de calificación de expertos</i>	55
Tabla 19. <i>Escala 1 de validez de Instrumento</i>	55
Tabla 20. <i>Calificación 2 del Ing. Erik Alfonso Canepa Montalvo</i>	59
Tabla 21. <i>Calificación 2 del Ing. Víctor Martín Reinoso de la Rosa</i>	59
Tabla 22. <i>Calificación 2 del Ing. Roberth Fabián Guevara Chinchayan</i>	59
Tabla 23. <i>Consolidado 2 de calificación de expertos</i>	60
Tabla 24. <i>Escala 2 de validez de Instrumento</i>	60
Tabla 25. <i>Cálculo del Takt Time para los proyectos elaborados (tanques) durante el periodo de pre-prueba</i>	62

Tabla 26. <i>Tiempos de procesamiento por cada actividad en promedio</i>	65
Tabla 27. <i>Datos recolectados para el mapa de flujo de valor</i>	65
Tabla 41. <i>Datos recolectados para el cálculo de los indicadores</i>	69
Tabla 28. <i>Plan de acción de la metodología 5S´s</i>	70
Tabla 29. <i>Plan de acción de la metodología 5S´s</i>	71
Tabla 30. <i>Plan de acción de la metodología 5S´s</i>	79
Tabla 31. <i>Plan de acción del Mantenimiento Autónomo</i>	80
Tabla 32. <i>Datos recolectados de las fallas de la maquinaria</i>	87
Tabla 33. <i>Tiempos de procesamiento por cada actividad en promedio</i>	88
Tabla 34. <i>Datos para el cálculo de los nuevos datos del Tiempo de ciclo del VSM</i> 88	
Tabla 35. <i>Datos recolectados para el cálculo de los indicadores</i>	89

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del diseño de investigación.....	16
Figura 2. Mapa de flujo de valor.....	31
Figura 3. Nuevo mapa de flujo de valor.....	43

Resumen

El presente estudio sostuvo como principal objetivo determinar el impacto de la aplicación de las herramientas del Lean en la elaboración de tanques en FAMET HM. Se consideró como población a la producción total de tanques de almacenamiento, la muestra fue igual a la población y el muestreo fue No Probabilístico. Se utilizaron técnicas como la observación directa y la investigación documental. Los instrumentos empleados fueron DOP, DAP, mapa de flujo de valor, checklist de diagnóstico de problemas y el formato de medición de los indicadores de productividad. Antes de implantar las herramientas Lean, la eficacia era 0.80.25%, la eficiencia económica era de 1.11 y la productividad de mano de obra fue de 0.51 m²/H-h. Tras la implementación de las herramientas Lean, la eficacia alcanzó un valor de 98.81%, la eficiencia económica fue de 1.23 y la productividad de mano de obra poseía un valor de 0.68 m²/H-h, presentando así, incrementos de 23%, 11% y 34% respectivamente. Por tanto, se puede decir que tras la aplicación de las herramientas Lean, se logró una reducción en los tiempos de inactividad, defectos en el producto final y los errores del personal.

Palabras clave: Lean Manufacturing, mapa de flujo de valor y productividad.

Abstract

The main objective of this study was to determine the impact of the application of Lean tools in the elaboration of tanks in FAMET HM. The population was considered to be the total production of storage tanks, the sample was equal to the population and the sampling was Non-Probabilistic. Techniques such as direct observation and documentary research were used. The instruments used were DOP, DAP, value stream map, problem diagnosis checklist and the measurement format of the productivity indicators. Before implementing the Lean tools, the efficiency was 0.80.25%, the economic efficiency was 1.11 and the labor productivity was 0.51 m²/H-h. After the implementation of the Lean tools, the efficiency reached a value of 98.81%, the economic efficiency was 1.23 and the labor productivity had a value of 0.68 m²/H-h, thus presenting increases of 23%, 11% and 34% respectively. Therefore, it can be said that after the application of Lean tools, a reduction in downtime, defects in the final product and staff errors was achieved.

Keywords: Lean Manufacturing, value stream map, productivity.

I. INTRODUCCIÓN

En un ambiente de constantes cambios, uno de los primordiales inconvenientes que afecta de forma negativa a las numerosas organizaciones son las diversas fallas que se producen normalmente en la gestión de sus diversos procesos, ello provoca que se generen despilfarros que a su vez terminan afectando los niveles de productividad drásticamente (Andrés-López, González-Requena, and Sanz-Lobera 2015). Es preciso mencionar que, se entiende por despilfarro a cualquier elemento ejecutado en una organización que consume factores productivos pero no genen valor agregado a un producto (Lindo-Salado-Echeverría et al. 2015, p. 55). Es así que, el Lean Manufacturing ha emergido como una metodología primordial y vital en cuanto a los modelos de gestión y optimización de las diversas empresas, puesto que, se direcciona en la eliminación o simplificación de los despilfarros, a través de la reducción de paradas, el proceso de fabricación y productos deficientes, tiempos inactivos y sobreproducción, que son originados mayormente por no disponer de un sistema de transformación idóneo y óptimo (Amit, Dutta, and Sneha Banerjee, 2014, p. 44).

En otro sentido, diversas empresas del mundo, tuvieron la necesidad de conseguir una alta productividad, por lo tanto, se les recomendó que conocieran y analizaran detalladamente aquellas pérdidas y errores que pudieran tener lugar dentro del sistema de conversión tanto de bienes como de servicios (Rojas Jauregui and Gisbert Soler, 2017, p. 66). En un principio, estas deficiencias se solucionaron con la implementación del Lean Manufacturing, siendo este sistema desarrollado inicialmente en Japón con la industria automovilística, desde aquel entonces dicha metodología se ha denotado como un pilar esencial en cuanto a innovación y optimización de procesos en los diferentes sectores productivos, contando con la mejora como una de sus bases (Bocanegra-Herrera and Orejuela-Cabrera, 2016, p. 99).

En Perú, las diferentes organizaciones buscaron superarse y alcanzar sus metas planteadas, dado que, el entorno en el que se desenvolvían era cada vez más rígido, tanto es así que, la productividad expresaba la relación entre el auge y declive de las diversas compañías (Rojas et al., 2017, p. 26). Incluso, para que los sectores productivos consiguiesen óptimos resultados no solo bastaba con

que aumentaran el número de empresas dedicadas a los procesos de transformación y/o conversión, sino que, era imprescindible que mejoraran sus operaciones mediante la instauración de mecanismos que ayudasen a aminorar retrabajos, tiempos improductivos y costos (Amit, Dutta, and Sneha Banerjee, 2014, p. 33).

A nivel nacional, el declive del rendimiento se ha ido manifestando año tras años como uno de los primordiales problemas que afectaron el margen de ganancia del estado peruano. Durante el periodo del 2016, Perú estaba enmarcado como uno de los últimos lugares según The Conference Board Economy, en vista de que, manifestaba un PBI por hora hombre de 15\$, por el contrario, en el 2017 la productividad aumentó en un 0,5%. A pesar de ello, en el 2do trimestre del 2018 generó el mayor valor; incrementó en un 2.5%, siendo la tasa más alta desde el 2015. Todo lo mencionado previamente, denota que el estado ha ido mejorando año tras año y que constantemente diversas organizaciones están instaurando métodos de trabajo más eficaces. A propósito, Carrillo et al. (2019, p. 124) manifiestan que actualmente una de las metodologías más empleadas son las herramientas del Lean Manufacturing, ya que, permiten equilibrar y mejorar los procesos independientemente al tipo de industria en la que se encuentren.

En el entorno local, Chimbote es una ciudad que alberga un gran número de PYMES destinadas a la elaboración de productos, quienes hasta el día de hoy han sabido subsistir debido a que se encontraron a la vanguardia de los avances tecnológicos, económicos, políticos y culturales, pese a ello, esto ya no es suficiente, por lo que es crucial que implementen renovados procedimientos y metodologías que posibiliten equilibrar sus diversos procesos, que reduzcan costos de producción y mejoran la calidad de los bienes producidos (Salonitis and Tsinopoulos 2016). A pesar de ello, diferentes compañías siguen manifestando deficiencias debido a sus procesos productivos lentos, retrabajos, sobreproducción, tiempos de espera, elevados costos operacionales y áreas de trabajo desordenadas, tal y como es la situación actual de Famet Hm E.I.R.L.

La empresa Famet Hm E.I.R.L., se encuentra situada en Mz. C45 Lt. 41 – Urbanización Manuel Arévalo III. Es una organización que pertenece al sector metalmecánico y está destinada particularmente a diseñar y fabricar proyectos

industriales. La empresa ofrece la fabricación de: filtros rotativos, tanques de almacenamiento, calderos, entre otros. Además, entre sus clientes potenciales se encuentran empresas del sector pesquero, tales como: Copeinca, Centinela, Exalmar, Tasa, entre otros. Cabe mencionar que, para este estudio se seleccionó la fabricación de tanques de almacenamiento, ya que, este producto es el que tiene más demanda en la actualidad. Por lo tanto, esto implica una mayor producción de tanques por parte de la industria y Famet Hm E.I.R.L., no es ajena a ello, por lo que fue más accesible que se pudieran detectar las deficiencias, fallas, y obstáculos originados en el proceso de transformación de los factores productivos.

Examinando las deficiencias de la organización, específicamente en la producción de los tanques de almacenamiento, se evidenciaron diversos inconvenientes, es así que, a partir de la data histórica de Famet Hm E.I.R.L., se denotó que, durante el primer trimestre del 2019, se fabricaron 5 tanques, representando así una productividad de horas hombres promedio de 0.88 tanques por cada mil h laboradas; una eficacia del 78% y una eficiencia positiva del 8%. No obstante, en el segundo trimestre del 2020 solo se realizaron 4 tanques de almacenamiento, sin embargo, su nivel de P (mo) disminuyó ligeramente en un -0,015%; del mismo modo, los indicadores de eficacia y eficiencia aminoraron en un -1,6% y -3,2% respectivamente. Estas disminuciones en la productividad se suscitaron debido a la diferencia de las horas de trabajo proyectados y empleados, puesto que, cada cliente tenía diferentes especificaciones para cada tanque.

Del mismo modo, durante el proceso de transformación, se originaron muchos inconvenientes producto de la mala planificación de la producción e inadecuada gestión de compras, lo que terminó provocando mayor tiempo de espera e inactividad. Cabe mencionar que, en ciertas circunstancias, la empresa compró menos materiales de los que en verdad se requerían; ello motivado por la falta de capital. Inclusive, los operarios pararon sus actividades, dado que, se les terminaban los combustibles esenciales como son: soldadura E7028, discos de corte y desbastes. Todo lo mencionado previamente tuvo un impacto negativo

en el proceso de producción, ya que se generaron mayores tiempos improductivos.

Por otra parte, se percibió la existencia de diversos tipos de residuos en los espacios de trabajo, así como la falta de orden durante la jornada laboral, ello provocó que en algunas situaciones se generaran incidentes y accidentes de trabajo. Además, no existía una adecuada clasificación de los residuos, dado que, no se disponía de contenedores apropiados para la segregación de los residuos producidos como resultado del sistema de transformación. Igualmente, se apreciaba la falta de señalización en el área de producción, lo que resultaba afectando el libre tránsito del personal y materiales, inclusive, se percibía un inadecuado apilamiento de las máquinas. De la misma forma, el taller carecía de limpieza, a pesar de que se contaba con 04 estantes de almacenamiento. Las herramientas raras veces se encontraban en su lugar destinado y los trabajadores en su afán de avanzar más rápido sus tareas mantenían todo sucio. Todo lo dicho previamente, daba pie a que no exista un hábito de orden ni limpieza, en definitiva, reflejando estas situaciones uno de los primordiales obstáculos de la empresa.

Otro factor problemático que afectaba negativamente los niveles de productividad tenía relación con los equipos empleados para la fabricación de los tanques, dado que, en muchas circunstancias los equipos como: máquinas de soldar semiautomáticas y convencionales, amoladoras manuales, entre otros, presentaban diversas fallas, lo que provocaba paradas inesperadas en el proceso de fabricación. Cada vez que esto ocurría, los trabajadores dejaban de ejecutar sus actividades, en definitiva, se presentaban más tiempos inactivos en el proceso de fabricación. Dichas situaciones ponían en evidencia que la organización no contaba registros de inspecciones antes de emplear algún tipo de máquina o equipo, ni poseía programas de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Por todo lo detallado previamente, es que se consiguió corroborar que las razones de la baja productividad en el producto objeto de estudio fueron a causa de: paradas inesperadas, fallas en las máquinas, carencia de orden y saneamiento en las áreas de trabajo, aumento de piezas defectuosas, mala

planificación de la producción y deficiente gestión en la compra de materiales de trabajo. Por lo tanto, era de suma importancia que en Famet Hm E.I.R.L., se imponga una cultura de mejora, la cual apuntase a lograr un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. Por ello, se recomendó aplicar las herramientas Lean, dado que, era una metodología que ayudaría a eliminar defectos y mejora un sistema de producción. La **formulación del problema** que consideró en el reciente estudio fue: ¿En qué medida la aplicación del Lean Manufacturing impacta en la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. - Trujillo 2021?

La presente investigación, se **justificó** a nivel práctico, en vista de que, el estudio significó una gran oportunidad para Famet Hm E.I.R.L., en vista de que, a partir de la puesta en marcha del Lean Manufacturing se logró identificar las deficiencias, aminorar actividades improductivas, aminoramiento de tiempo de ciclo y de esa forma se logró ejecutar un trabajo eficazmente. Del mismo modo, se presentó una justificación a nivel económico, debido a que se eliminaron los descuentos que se le hacía a los clientes cada vez que la empresa se retrasaba en la entrega de los tanques, igualmente, el costo de mano de obra se redujo, dado que, el total de horas hombres empleadas aminoró.

A su vez, se manifestó una justificación social, dado que, la empresa propició espacios de trabajo limpios y ordenados, por lo que los colaboradores se sentían más seguros y motivados, en efecto, aumentaron su rendimiento. De la misma forma, se presentó una justificación metodológica, puesto que, en el estudio se tuvo como base diversos antecedentes a nivel internacional, local y nacional; los cuales aportaron los conocimientos para la elaboración del mismo. Además, sirve de aporte para futuras investigaciones, dado que, se analizó detalladamente las variables de investigación, Inclusive, se configurará una metodología de implementación del Lean Manufacturing que podría ser instaurada a otras organizaciones que manifiesten problemas similares o mayores.

Como **objetivo general** se sostuvo: Determinar en qué medida la aplicación del Lean Manufacturing impacta en la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L – Trujillo 2021. Entre tanto, como **objetivos específicos** se

plantearon: Realizar un diagnóstico de la situación actual en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L – Trujillo 2021, determinar la productividad antes de aplicar el Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L – Trujillo 2021, Aplicar las herramientas del Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L – Trujillo 2021, determinar la productividad después de aplicar el Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L – Trujillo 2021 y finalmente, comparar la productividad antes y después de aplicar el Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L – Trujillo 2021.

Por consiguiente, se consideró como **hipótesis general**: la aplicación del Lean Manufacturing incrementa la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. - Trujillo 2021; entre tanto, como **hipótesis nula** se consideró: la aplicación del Lean Manufacturing no incrementa la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. - Trujillo 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente estudio se consideró como **trabajos previos** a: Carrillo et al. (2019) en su estudio: “Lean Manufacturing: 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad”, sostuvieron como objetivo principal, fijar una propuesta Lean de implementación para acrecentar la confiabilidad de las operaciones. Obtuvieron como resultado que, al realizar el diagnóstico situacional, determinaron que el 32% de la jornada laboral, los materiales de trabajo no tenían lugar apropiado; incluso, el 52% de las deficiencias eran ocasionados por el factor humano debido a que no tenían un procedimiento de trabajo adecuado. Los autores concluyeron que, a partir de las inspecciones periódicas lograron reducir significativamente el % de inconvenientes de los equipos en un 27% (TPM); y que a partir de un mejor orden y limpieza se logró mejorar en un 22% el área de trabajo (5S).

A su vez, B M, C S, and Kumar (2019) en su estudio denominado “Implementation of Value Stream Mapping to reduce Lead Time in manufacturing of wireharness”, sostuvieron como objetivo principal efectuar un VSM actual y futuro para aminorar los tiempos de procesamiento en la producción de arneses. Obtuvieron como resultado que, el tiempo de entrega del producto era de 11.7 días, entre tanto, el tiempo de ciclo era de 12 minutos, todo ello se determinó a partir de la elaboración del VSM. Incluso, la productividad inicial fue de 150 cables/hora-hombre. Los autores concluyeron que, la productividad alcanzó una variación positiva del 4%, el tiempo de entrega se redujo en 3.4 y el tiempo de ciclo final fue de 8.7 min.

Además, Moreno Castillo, Grimaldo León, and Salamanca Molano (2018) en su artículo denominado “El VSM como herramienta de diagnóstico de procesos de transformación”, sostuvieron como objetivo primordial establecer el Takt Time en la elaboración de línea láctea. Para ello, diseñaron el mapa de cadena de valor, análisis causa-efecto, diagrama 80/20, implementación Lean y alternativas de solución. Llegando a determinar un valor de Takt Time por producto de 2.25 min, en otras palabras, denotaron que la organización producía más de lo que se necesitaba, lo que ocasionó altos costos de inventario, por ende, plantearon a la alta gerencia el de instaurar el sistema Kanban con la

premisa fundamental de plasmar oportunidades de mejora para hacerle frente a las deficiencias críticas. Los autores concluyeron que, a partir de la adecuada implementación de las opciones de mejora se logró aminorar el Takt time a 1.30 min.

Por otro lado, Sundareshan et al. (2015) en su artículo denominado: “A Literature Riview on Lean Implementations”, sostuvieron como objetivo principal establecer las herramientas más apropiadas para la instauración del Lean, teniendo en consideración sus ventajas y limitaciones. Obtuvieron como resultado que, a partir de un análisis exhaustivo determinaron que el Lean es una metodología que puede ser aplicada para cualquier sector, del mismo modo, indicaron que el Kanban, TPM y VSM, representan aquellas herramientas más empleadas por las industrias, en vista de que, permitieron aminorar el desperdicio, inventario y acrecentaron la productividad. Los autores concluyeron que, las barreras o limitaciones que más afectan a las empresas son la falta de compromiso de todas las partes involucradas y la falta de instrucción en los colaboradores.

De la misma forma, Melendez (2017) en su investigación denominada: “Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de hojas de lijas en la compañía QROMA S.A.”, sostuvo como objetivo primordial instaurar el Lean Manufacturing a partir de las bases de la filosofía esbelta. Obtuvo como resultado que, en primer lugar, desarrolló un VSM, el cual estableció que el 6,55% del tiempo total representaba el % de actividades que añadían valor, consecutivamente, estableció un tiempo de espera de 15,05 días. No obstante, reconoció que el primordial obstáculo para la empresa guardaba relación con la sobreproducción, ello ocasionaba pérdidas de 1,5% mensual. El autor concluyó que, la adecuada implantación del Lean permitió aminorar 31,26 horas de trabajo innecesario, lo que representa monetariamente un ahorro de S/87, 121. 62 anuales.

Igualmente, Arroyo Paredes (2018) en su tesis “Implementación de Lean Manufacturing para optimizar el proceso de conversión en una empresa Metalmecánica”, sostuvo como objetivo principal aminorar significativamente los costos en el desarrollo de postes y perfiles de la empresa aplicando el Lean Manufacturing. Obtuvo como resultado que, al implantar el SMED alcanzó una disminución de 2 h y 15 min, el cual dicho en término porcentuales equivalía a

un 47 %, también consiguió disminuir los despilfarros en un 36 % y además al implementar el Just in Time logró aminorar los costos de producción en un 64 %. El autor concluyó que, el uso de las herramientas Lean favorecieron a la compañía ya que le dio un ahorro mensual de S/ 377.133 y con eso se comprobó que es confiable el uso de esta metodología de trabajo para la organización.

En otro sentido, Klimecka-Tatar (2017), en su artículo titulado “VSM as Lean Production tool to improve the production process organization – case study in packaging manufacturing”, indicó que su objetivo principal fue mejorar el proceso productivo a partir de la implementación del Lean. Obteniendo como resultado que, a partir de la elaboración del VSM se logró establecer que se necesitaban mejorar 5 áreas, en base a ello, se redujeron movimientos insignificantes, exceso de inventarios y las demoras. El autor concluyó que, con la correcta instauración del VSM se consiguió disminuir la cantidad de productos inconformes de 140 a 85, inclusive, se logró acrecentar positivamente el porcentaje de operaciones que representaban un valor agregado para la empresa y ello significó una variación positiva de un 45.00%.

Además, Hernández, Camargo y Martínez (2015), en su artículo titulado “Impact of 5S on productivity, quality, organizational climate and industrial safety in Caucho Metal Ltda”, sostuvieron como objetivo principal determinar el impacto de las 5S en el rendimiento y satisfacción del personal en las PYMES. Obteniendo como resultado que, a partir de la observación directa lograron reconocer las áreas que representaban la mayor proporción de desorden y suciedad. Ya realizada esta acción, se desarrolló una herramienta operativa conocida como las 5s, con la premisa fundamental de mejorar los espacios de trabajo. Los autores concluyeron que, a partir de la correcta instauración de las 5s, se mejoró un 29% en la P (MO), de la misma forma, se consiguió una mejora en el clima organizacional de un 26,60% y contó con una productividad de 0.17 unidades producidas/minuto.

De la misma manera, Kaneku-Orbegozo et al. (2019) en su estudio denominado “Applying Lean Manufacturing principles to reduce waste and improve process in a manufacturer: A research study in Peru”, se plantearon como objetivo fundamental instaurar procedimientos para aminorar los desperdicios.

Obteniendo como resultado que, como primera fase, eliminaron los materiales obsoletos y que no eran necesarios en un 4%, además, estandarizaron los procesos a tal modo de reducir el 6.00% de los desperdicios que eran provocados al cortar las placas de acero, inclusive, la empresa tardó 619.34 minutos en producir este elemento, mientras que después de la introducción de las herramientas, la organización lo completó en un promedio de 541.98 minutos, lo que representa una reducción en el tiempo de producción por producto de 77.36 minutos, el autor encuentra VSM útil, para visualizar el tiempo de inactividad de la línea y cada acción, aplicaron el mantenimiento preventivo con el propósito de aminorar los desperfectos que sufrían las máquinas de corte y doblado, además, ayudó a detallar el proceso productivo de una manera más específica, teniendo en consideración las etapas del sistema de conversión, así como los tiempos designado para la ejecución de las mismas. Los autores concluyeron que, consiguieron aminorar en un 13% los costos de producción, así como, aminorar los tiempos de procesamiento en 5,8 min.

Así mismo, Adesta, Prabowo, and Agusman (2018), en el artículo denominado “Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance”, el autor plantó como objetivo la búsqueda de un modelo, de modo que, se logre implementar los 8 pilares del TPM. En donde, obtuvo como resultado que, tras aplicar y evaluar los principales pilares de la metodología; logró resultados favorables. Los autores concluyeron que, la aplicación de la metodología TPM en las organizaciones de manufactura fue positivo, de modo que, permitió mejorar la eficiencia organizativa en un 24%. Así como también, redujo el tiempo de inactividad no planificado para las máquinas selladoras del 51% al 33%. En definitiva, los autores recomiendan el uso de esta vital metodología a fin de dar solución a problemas que se manifiesten dentro de una empresa y que guarden relación principalmente con: retrabajos, tiempos ociosos, paradas no programadas, mal aprovechamiento de factores productivos, falta de instrucción y disciplina de los colaboradores.

Finalmente, Namuche and Zare (2017), en la tesis titulada “Aplicación de Lean Manufacturing para aumentar la P(MP) en el área de producción de una empresa

esparraguera”, los autores se plantearon implementar herramientas de la manufactura esbelta para acrecer el nivel de productividad como objetivo principal. Se evidenció que, redujeron las paradas en los equipos en un 9%, eliminó los atrasos en un 10%, los tiempos muertos equivalían a un 8% y el sobre stock poseía un valor del 4%. Por tanto, implantó herramientas como eficiencia global de los equipos, 5s y SMED, lo que contribuyó a mejorar espacios de trabajo en un 12%, además, redujo el TC en un 15% y optimizó la disponibilidad en un 24%. El autor concluyó que, la productividad se acrecentó y que la herramienta más efectiva fue las 5S´s, inicialmente contaba con un puntaje inicial del 68%, mientras que, en la etapa final contaba con un valor del 92%, por ello, expresó que el cumplimiento de los criterios de las 5S´s incrementó en un 35.29%.

En cuanto **a las teorías relacionadas al tema**, se analizaron una serie de investigación con la finalidad de generar conocimiento sobre las variables en estudio. El término Lean surgió con la idea del Justo a Tiempo, a partir de la filosofía Toyota, el cual sostiene como premisa vital el de emplear lo necesario en el instante que se requiera B M, C S, and Kumar (2019). La manufactura esbelta, es un mecanismo de trabajo orientada y direccionada en la búsqueda de optimizar los sistemas productivos, donde el primordial objetivo es lograr simplificar todo tipo de desperdicio y bajo ese sentido, generar un hábito basado en la comunicación Hernandez-matias (2017). Además, trae ventajas como: reducción de costos de producción y reducción de desechos (Sundar, Balaji, and Satheesh Kumar 2014).

Por otro lado, Madariaga, (2019). Señala que el Lean Manufacturing representa una metodología de mejora cuya finalidad es alcanzar el perfeccionamiento de un sistema de conversión, basándose específicamente en definir y examinar cualquier tipo de desperdicios que se manifiesten en el entorno de trabajo. Entendiéndose por despilfarros a aquellas actividades que no generan valor a un determinado proceso o producto. Es preciso mencionar que existen 7 tipos de despilfarros, los cuales involucran una serie de errores y fallas que se producen a lo largo de la cadena productiva Figueredo Lugo (2015). Cabe mencionar que, hoy en día, se disponen de innumerables metodologías que tienen fundamento

en la implementación del Lean, las cuales varían dependiendo al tipo de organización en las que se desea mejorar (Bocanegra-herrera 2017).

En otro sentido, para Cavazos, Máynez y Valles (2018, p. 3) el Lean puede estabilizarse como un instrumento de transformación, en la que se considera diversas herramientas, para simplificar o eliminar elementos innecesarios del proceso de transformación. Inclusive, la filosofía esbelta tiene como finalidad disminuir los costos, eliminar cuellos de botella, aumentar la producción, aumentar la confianza y seguridad del personal operativo, administrativo, proveedores y, por último, el cliente final. Por tales motivos, el presente estudio se basará en una metodología que comprende 3 etapas: diagnóstico, implementación y seguimiento.

Para la etapa de planeación, lo que se pretende alcanzar es la aceptación del directorio, puesto que, ellos son los principales responsables de tomar las mejores decisiones (Bhamu and Sangwan 2014). Del mismo modo, es vital que la alta gerencia se encuentre convencida de la serie de mejoras que se lograría a partir de la adecuada instauración del Lean Manufacturing y que demuestren su apoyo constante a fin de conseguir los mejores resultados (Sundareshan et al. 2015). Igualmente, es de vital significancia disponer de profesionales que comuniquen nuevos hábitos y mejores formas de trabajo, logrando así optimizar los procesos en los que existan diversas deficiencias y/o inconvenientes (B M, C S, and Kumar 2019). Por lo tanto, para esta etapa es vital establecer un diagnóstico de línea base, con la finalidad de agrupar información e indagar la data relevante. Además, es imprescindible reconocer a partir de una representación gráfica las mermas que existen en un sistema productivo (Carrillo et al. 2019).

En la primera etapa, se desarrolla el mapa del flujo de valor (VSM), siendo esta herramienta vital para reconocer el desarrollo de un proceso de transformación, inclusive, ayuda a establecer la situación actual y futuro de un determinado proceso (Moreno Castillo, Grimaldo León, and Salamanca Molano 2018). Así mismo, a partir de la aplicación del VSM, lo que se busca es minimizar el Lead Time y el nivel de inventario, incluso, ayuda a reconocer el conjunto de actividades y el tiempo de ciclo de cada proceso. No obstante, el Value Stream

Map hoy en día es empleado para optimizar el rendimiento, adecuar los factores productivos y optimizar los TC, ya que, es una metodología centrada en la evaluación y creación de un mejor flujo para los procesos de conversión (Lugert, Völker, and Winkler 2018). Además, detallada de manera los flujos de productos e información y de esta manera se reconocen las actividades que no generan valor (Hernandez-matias 2017, p. 84).

La segunda etapa, denominada implementación o aplicación, comienza con la instrucción del potencial humano. Es aquí donde todas las partes involucradas, son instruidos en concordancia con los principios que forman parte de la manufactura esbelta a fin de que se desarrollen las mejoras de una manera concisa y óptima (Albliwi et al. 2014). Es así que, en esta etapa se desarrolla las 5S, en vista de que, es una de las herramientas más fáciles de aplicar, es más dinámica, practicar y a partir de la cual se consigue mejorar el desempeño de los colaboradores en todo su contexto. Esta acción, se debe efectuar de manera paulatina, a tal punto que no provoque cambios drásticos en las labores diarias que ejecuta un colaborador (Pereira and Tortorella 2018).

De la misma manera, Perez Sierra and Quintero Beltran (2017), manifiestan que los propósitos primordiales a alcanzar a partir de la implementación de las 5S es aminorar los Lead Times ya sea en la elaboración de un bien o prestación de un servicio, inclusive, a partir de su puesta en práctica se busca suprimir tiempos muertos, mejorar el ambiente laboral y brindar espacios de trabajo seguros. Además, indica que esta herramienta parte de la necesidad por parte de las organizaciones al querer disponer de mejores espacios y suprimir pérdidas de tiempos innecesarios. Es así que, esta herramienta está conformada por 5 principios secuenciales, a continuación, se detalla cada uno respectivamente:

La 1era "S" es por seiri (clasificar), cuyo propósito fundamental es reconocer y segreggar aquellos objetos que son triviales, estableciendo de esta forma un mejor orden y adecuando cada elemento correctamente (Veres et al. 2018). Seiton (orden), que consiste en acomodar los objetos o materiales en un espacio adecuado para que sea encontrado con mayor comodidad, practicidad y facilidad (Manzano Ramírez and Gisbert Soler 2016). Seiso, significa limpiar, basado en reducir todo aquello que no sea esencial a través de una inspección previa y

rutinaria (preferiblemente de manera periódica). La siguiente es seiketsu, significa estandarización, que consiste en involucrar una metodología para evitar la recurrencia de la suciedad y de esta forma lograr mantener las buenas prácticas (Serna, López, and Cortes 2012). Por último, shitsuke, significa disciplina, cuya S tiene como finalidad lograr que todo lo realizado previamente se cree un hábito en la organización y/o compañía, mediante procedimientos estandarizados y mecanismos propios para cada trabajo a realizar (Cardona and García 2014).

Luego de haber aplicado las 5's, se pasa a implementar otra herramienta: el TPM, la cual está basada en indicadores que permiten aminorar significativamente las fallas y/o deficiencias presentadas en las diversas máquinas y así se logre aumentar el uso activo de los equipos a fin de establecer un flujo óptimo del sistema de conversión (Gutierrez 2015). Cabe destacar que, un indicador de gran impacto guarda relación con la disponibilidad, que asegura el correcto uso del equipo en un determinado periodo, considerando el tiempo medio entre fallas (MTFB), que es aquel lapso de tiempo medio que se origina por cada parada como producto de una falla de un determinado proceso o máquina. Mientras tanto, el tiempo medio para reparar (MTTR), es aquel periodo de tiempo por lo cual se repara la máquina con la finalidad de dar solución a las averías que presentaban, inclusive, garantizando las condiciones óptimas para su correcto funcionamiento (Garrido and Garrido 2017).

Por otro lado, el TPM está centrada en establecer diferentes procedimientos y/o mecanismos de mantenimiento con la finalidad de optimizar la eficiencia global (OEE), lo dicho previamente, supone: eliminación de tiempos muertos, reducción de averías y finalmente, cero defectos. Es preciso indicar que, el OEE es un indicador que determina el rendimiento de las máquinas a fin de evitar pérdidas como producto de alguna falla que se manifieste en un sistema de transformación (Ahire and Relkar 2012). Así mismo, la utilización del mantenimiento producto total en las diferentes organizaciones permite acrecentar el rendimiento y la aminoración de las fallas que presentan los diversos equipos (Serna, López, and Cortes 2012). Inclusive, se tienen ocho pilares del mantenimiento productivo total; uno de los cuales es el mantenimiento

autónomo, a través del cual se trata de conseguir que los operarios se sientan responsables de ejecutar los mantenimientos más sencillos que requiera un determinado equipo, en vista de que, ellos saben cuándo se manifiesta una falla o anomalía (Hernandez-matias 2017, p. 49)

Finalmente, se tiene la última etapa denominada seguimiento, en donde se formulan las condiciones de mejora continua, por lo que se debe revisar y mantener el resultado después de haberse desarrollado las etapas iniciales (Cardona and García 2014). Por tal motivo, se dice que el Lean Manufacturing nunca termina. En definitiva, es fundamental que las recomendaciones e innovadoras ideas sean comunicadas, con el objetivo de seguir inculcando los principios de la mejora continua, mediante la implantación de mejores mecanismos de trabajo y dando el correcto seguimiento en relación a los indicadores de evaluación (Larteb et al. 2016). Por todo lo dicho previamente, se determina que es crucial realizar un análisis exhaustivo durante el proceso de conversión y de esta forma generar mayores resultados (Krajewski, Ritzman, and Goldstein 2016).

En cuanto a la segunda variable de estudio, se sostiene a la productividad, conceptualizada como: la conexión entre la cantidad de productos elaborados en un proceso de transformación y el número de factores productivos empleados. Los resultados obtenidos pueden enumerarse en bienes producidos, rentabilidad, entre tanto, los recursos empleados pueden determinarse en base a la cantidad de horas hombre, materia prima utilizada y tiempo total (Gutierrez 2015). No obstante, para Krajewski, Ritzman, and Goldstein (2016), la productividad expresa el rendimiento en el que se emplean los factores de producción para conseguir los objetivos programados, en otras palabras, manifiesta el adecuado uso de los factores productivos que se necesitan en un sistema de transformación.

Serna, López, and Cortes (2012), manifiesta que la productividad es entendida como la capacidad de acrecentar los niveles de producción a partir de la correcta aplicación del TPM. Incluso, para Azizi and Manoharan (2015), aluden que el mapa de flujo de valor es utilizado para optimizar la productividad mediante la implantación de mecanismos de trabajo más organizados, además, de generar

un flujo eficiente con el propósito de aminorar despilfarros como resultado del proceso de conversión. Entre tanto, para Klimecka-Tatar (2017), la productividad entre los colaboradores y máquinas están enlazados de manera directa y de ellas depende el auge de una organización, si uno de ellos reduce su rendimiento, habrá deficiencias en la compañía, por lo que afectaría la rentabilidad.

En otro sentido, la productividad implica que se exprese en primera instancia la eficiencia, ello implica, emplear los recursos productivos sin desperdiciarlos, entre ellos: tiempo y materia prima, a tal punto que ayuden a efectuar las tareas de forma más rápida, ordenada, concreta y concisa (Roghianian, Rasli, and Gheysari 2012). Del mismo modo, un buen número de compañías del mundo han tomado como pilar fundamental la determinación de la productividad como indicador clave para acrecentar las utilidades y comunicar direcciones futuras (Ibarra-Cisneros and Hernández-Perlines 2019). Inclusive, se manifiesta que las industrias hoy por hoy tienen un gran reto definido: aumentar el rendimiento con miras de crecer con mayor alcance. Por tanto, es vital que las compañías ejecuten sus operaciones normalizados y supervisados (Nwanya, Udofia, and Ajayi 2017).

Hoy en día, es esencial ver a la productividad dividida en 2 términos fundamentales, siendo estos: eficiencia y eficacia (Gutierrez 2015). Respecto a la eficiencia, esta se basa en conseguir los resultados mediante el uso óptimo de los factores productivos (Madariaga, 2016). En otras palabras, esto indica que se debe aprovechar al máximo los recursos y evitar que se genere cualquier tipo de problema. Es preciso indicar que, una compañía es eficiente cuando logra cumplir satisfactoriamente con las metas planificadas, pero empleando pocos recursos (Rojas, Jaimes, and Valencia 2018). No obstante, según (Chase, Richard & Jacobs, Robert & Aquilano 2009) “eficiencia significa hacer algo al costo más bajo”; es decir, expresa la conexión entre resultados generados y factores utilizados. Inclusive, para Gutierrez (2015, p. 21), la eficiencia es la mejor manera de relacionar a los objetivos – recursos, a tal punto que, se consiga una mayor producción con el mínimo esfuerzo y ayudar a que no se provoquen despilfarros.

Mientras tanto, la eficacia, significa hacer lo correcto, con el propósito de conseguir el máximo valor para la organización (Chase, Richard & Jacobs, Robert & Aquilano 2009). Este indicador se relaciona fundamentalmente la realización de todos los propósitos planteados en un determinado lapso de tiempo (Madariaga, 2016, p. 34.). Del mismo modo, para (Gutierrez 2015), la eficacia expresa el nivel de cumplimiento de las metas programadas, en otras palabras, indica la cantidad de productos esperados que se alcanzaron producir. Inclusive, se basa en alcanzar mejores resultados en la elaboración de un determinado producto y teniendo en cuenta un periodo de tiempo estipulado y/o establecido.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El estudio fue de tipo aplicado, según lo manifestado por Guillen y Valderrama (2015), en vista de que, agrupó y empleó los diversos aportes teóricos con la finalidad de reconocer los problemas acontecidos en un determinado entorno y posteriormente, proporcionó oportunidades de mejora. Por tanto, en el presente estudio se aplicaron diversas herramientas Lean con el propósito de brindar soluciones a las diferentes deficiencias que se presentaron en la empresa, de modo que, permitiese el incremento de la productividad en la elaboración de tanques en Famet Hm E.I.R.L.

Por otro lado, según lo explicado por Hernandez (2014), el diseño de investigación fue de tipo pre experimental, en vista de que existía un mínimo control de la variable independiente. Por tal razón, se trabajó con un grupo (Elaboración de tanques en Famet Hm E.I.R.L.) al que se le agregó un estímulo (Lean Manufacturing) determinando la efectividad de la VD (productividad).

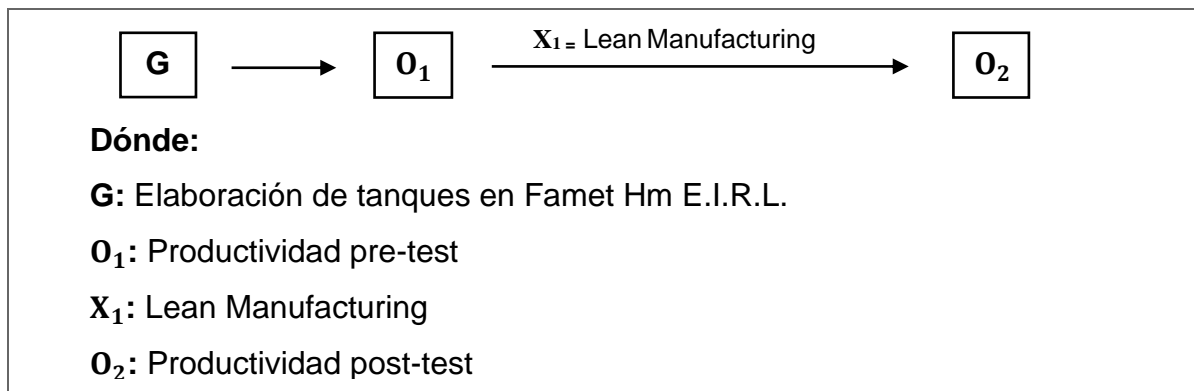


Figura 1. Esquema del diseño de investigación

Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización

Para el reciente estudio se sostuvo como variable independiente - cuantitativa a Lean Manufacturing. Entre tanto, como variable dependiente - cuantitativa se sostuvo a la productividad. Del mismo modo, cabe precisar que la matriz de operacionalización se encuentra adjuntada en el anexo 1, tal y como se señaló en el reglamento N°011-2020-VI-UCV.

3.3. Población, muestra y muestreo

Según Hernandez (2014, p. 121), la población representa el conjunto de hechos, objetos o eventos que comparten una serie de especificaciones entre sí. Por tal motivo, en el actual estudio la **población** estuvo representada por la producción total de tanques de almacenamientos elaborados durante un periodo de 4 meses del 2021 (pre-test) y un periodo de 4 meses del 2022 (post-test) en Famet Hm E.I.R.L. Además, como **criterio de inclusión** se consideró a la producción de tanques de almacenamiento porque en volumen de producción eran los más representativos. Mientras tanto, como **criterio de exclusión** se consideró a los otros procesos productivos o también se hizo referencia a ellos como otros proyectos, en vista de que, en volumen de producción fueron menos representativos.

Por otra parte, Guillen y Valderrama (2015, p. 115), conceptualizó la muestra como una parte de la población, de esta se extrajo la información necesaria para el proceso de estudio, entonces, se manifestó que, para el reciente trabajo de investigación la **muestra** fue igual a la población. De la misma manera, Behar (2010, p. 25) expresó que el muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que fue un método por el cual los indagadores escogieron los eventos y/o situaciones quee eran aptas para ser analizadas. Por ello, el **muestreo** del estudio fue no probabilístico por conveniencia. Finalmente, la **unidad de análisis** estuvo representada por la producción de tanques de almacenamiento en Famet Hm E.I.R.L.

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

Según Hernandez (2014), se conceptualiza como técnicas a la serie de mecanismos y/o procedimientos mediante la cual se generan resultados para la investigación (p.198). Por tal motivo, las técnicas empleadas se basaron en: observación y análisis documental. Bajo este sentido, la observación directa; fue una técnica que ayudó a reconocer las principales deficiencias manifestadas en la elaboración de los tanques de almacenamiento y con ello se determinó cuáles eran las deficiencias que impactaban de peor manera a lo largo de toda la línea de producción y posteriormente, ayudó a establecer las

medidas de solución correspondientes a fin de optimizar los procesos gradualmente.

Por otra parte, Hernandez (2014, p. 199), conceptualizaron como instrumentos a aquellos elementos para que el autor pudiese utilizarlos con la finalidad de encontrar respuestas a las deficiencias encontradas en un entorno y de la misma forma generar información de ellos.

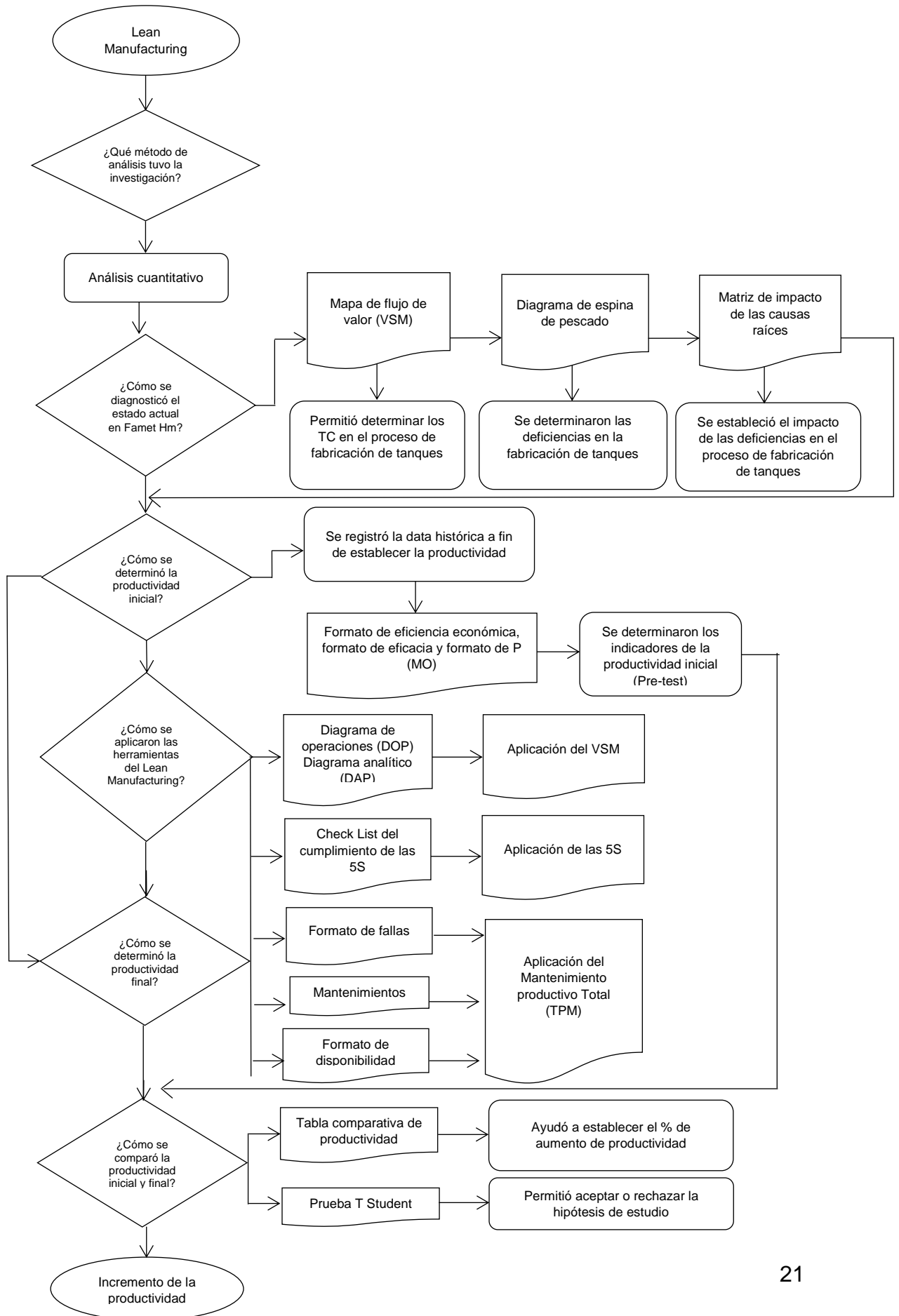
Tabla 1. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente / Información
Independiente: Lean Manufacturing	Análisis documental	DOP y DAP (Anexo 6)	Elaboración de tanques en Famet Hm E.I.R.L.
		Formato para determinar el Takt time (Tabla 3)	
	Observación directa	Formato de mapa de flujo de valor (Figura 2)	
		Diagrama de Ishikawa (Anexo 9)	
		Formato de matriz de impacto (Tabla 4)	
		Check list del cumplimiento de las 5s (Tabla 9)	
Análisis documental	Formato de fallas y mantenimiento (Anexos 18 y 19)		
	Formato de disponibilidad (Tablas 10 y 11)		
Dependiente: Productividad	Análisis documental	Formato de eficiencia económica (Anexo 10) Formato de eficacia (Anexo 10) Formato de productividad de mano de obra (Anexo 10)	Área de producción de Famet Hm E.I.R.L.

Fuente: Elaboración propia

En relación a la **validez**, según lo dicho por (R. Hernandez 2014, p. 195), representa el grado en el que un determinado instrumento mide efectivamente la variable en estudio. Es en vista de ello que para efectuar la validación de los instrumentos se empleó el juicio de expertos, para lo cual 3 ingenieros tuvieron la responsabilidad de verificar y validar la información. Luego, se realizó una escala de validez con el objetivo de establecer su nivel de aplicación (Anexo 3 y anexo 4).

3.5. Procedimientos



3.6. Método de análisis de datos

Tabla 2. *Métodos de análisis de datos*

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Resultado
Realizar un diagnóstico de la situación actual en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. – Trujillo 2021	Análisis de datos	Formato para determinar el Takt Time (Tabla 3)	Permitió determinar el ritmo de fabricación de los tanques en Famet Hm
		Formato de mapa de flujo de valor (Figura 2)	Se determinaron los tiempos de ciclos en la fabricación de tanques
	Observación	Diagrama de Ishikawa (Anexo 9)	Se definieron las causas raíces de la baja productividad así como su nivel de impacto
Análisis de datos	Formato de matriz de impacto (Tabla 4)		
Determinar la productividad antes de aplicar el Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. – Trujillo 2021	Análisis de datos	Formatos para hallar los índices de productividad (Anexo 10)	Se determinó el estado inicial de los indicadores de la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.
Aplicar las herramientas del Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. – Trujillo 2021	Análisis de datos	Check list del cumplimiento de las 5s (Tabla 9)	Se logró reducir los diversos despilfarros, inclusive, se redujeron actividades que no añadían valor y se mejoró la disponibilidad de las máquinas en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.
		Formato de disponibilidad (Tablas 10 y 11)	
		Formato del nuevo mapa de flujo de valor (Figura 3)	
Determinar la productividad después de aplicar el Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. – Trujillo 2021	Análisis de datos	Formatos para hallar los índices de la productividad (Anexo 22)	Se determinó el estado final de los indicadores de la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.
Comparar la productividad antes y después de aplicar el Lean Manufacturing en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L. – Trujillo 2021	Estadística descriptiva	Tabla comparativa de las productividades (Tabla 15)	Se determinó la aceptación o rechazo de la hipótesis de estudio.
	Estadística inferencial	Prueba T de Student	

Fuente: Elaboración propia

3.7. Aspectos éticos

El actual trabajo de investigación se llevó a cabo en relación al código de ética propiciado por la UCV, teniendo en cuenta la resolución N°0262-2020/UCV. Por lo tanto, en relación con el art. 4°, los investigadores se comprometieron a no manifestar información de las personas implicadas en el desarrollo de la investigación. Igualmente, en concordancia con el art. 7, los indagadores brindaron su aprobación para comunicar los resultados del estudio una vez concluidos. De la misma manera, en relación al art. 8, los autores se comprometieron a llevar un comportamiento respetuoso tanto desde el momento en que comienzan a efectuar el estudio hasta concluir con el mismo. Finalmente, en concordancia con el art. 9, los investigadores eludieron el plagio, por tanto, el presente estudio se sujetó a una evaluación a través del programa turnitin, con la finalidad de comparar el % de similitud con otras fuentes de estudio.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico situacional en el proceso de fabricación de tanques

Para el diagnóstico del estado situacional del proceso de realización de tanques, anterior a la utilización de los recursos que aporta el Lean Manufacturing, se calculó el takt time para determinar la demanda de producción, para ello, se utilizaron los datos recolectados durante los meses de noviembre, diciembre y enero (Anexo 5). A continuación, se detallan los resultados:

Tabla 3. Datos para el cálculo del takt time

Datos para una producción ideal de 20 TM.	Cantidad	Unidades
Producción en promedio	68,38	M ² /tanque
Días programados en promedio por tanque	13.5	Días/tanque
% scrap	3	%

Fuente: Elaboración propia

$$Takt\ time = \frac{(68,38 - (68,38 * 0.03))}{13.5} = 4.91\ m^2/día$$

La demanda esperada para la producción de un tanque era de 4.91 m²/día, sin embargo, aún era fundamental definir el tiempo de producción real para la producción de un tanque (TC), por ende, se procedió a efectuar el VSM.

Para el gráfico del VSM, se empleó un diagrama de operaciones y un diagrama analítico del proceso (Anexo 6), con el fin de poder examinar, durante el desarrollo, cuáles eran las pérdidas que existían antes de la aplicación de las herramientas Lean. Se anotaron los datos de los tiempos en el que se realizaba el proceso y el personal asignado por cada actividad (Anexo 7), dichos datos se resumieron en la siguiente figura:

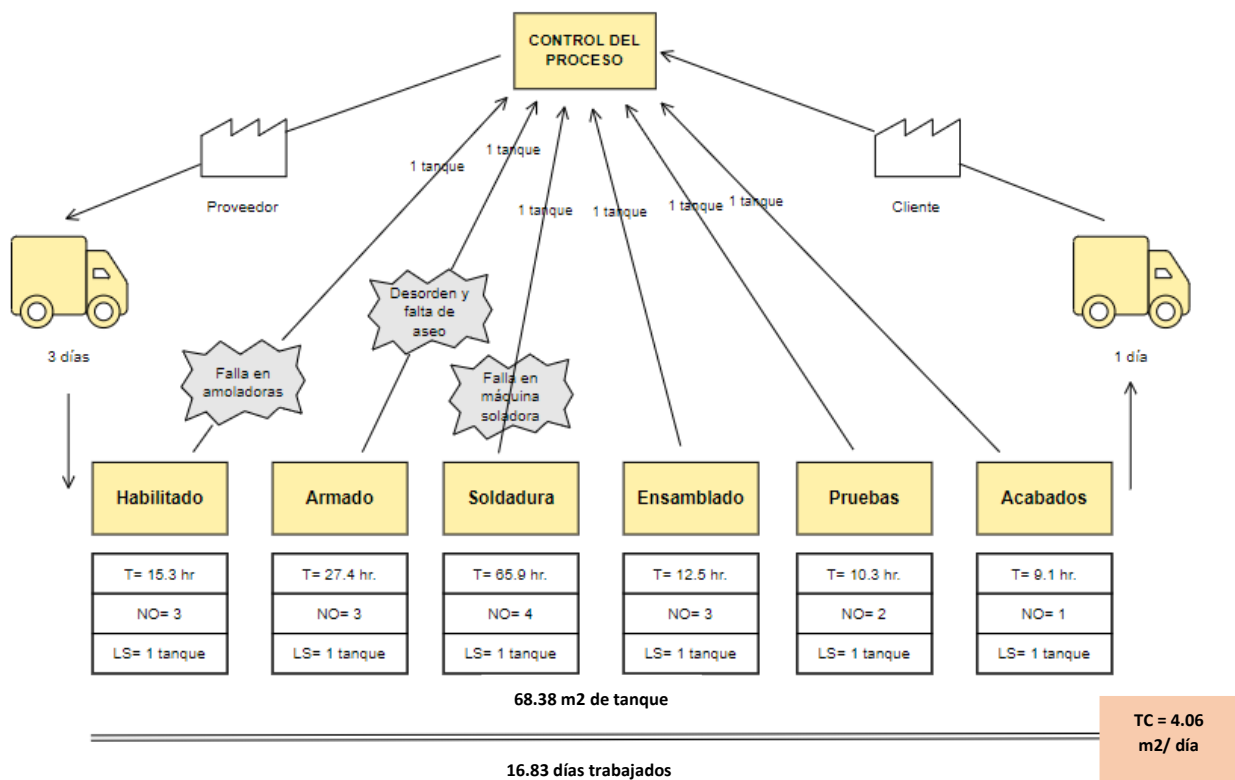


Figura 2. Mapa de flujo de valor

Fuente: Elaboración propia

En el VSM, observado en la Figura 2, se señaló que el proceso de producción contaba con 6 etapas: habilitado, armado, soldado, ensamblado, prueba y acabado. A su vez, se logró observar que el TC del proceso de elaboración de un tanque era 4.06 m²/día. Tras comparar el tiempo de ciclo obtenido (4.06 m²/día) y el takt time (4.91 m²/día), se llegó a la conclusión de que, no se estaba cumpliendo con la demanda esperada, es decir, el avance diario se encontraba muy por debajo del programado para cada proyecto. Por último, dentro de la figura de los estallidos, se mostraron aquellos inconvenientes que afectaban a la línea con mayor frecuencia, por ejemplo; la falta de aseo, el desorden, fallas en las amoladoras y soldadoras; en las áreas de armado, habilitado y soldadura. Para darle una mayor visibilización a los problemas de la línea se desarrolló un Diagrama de espina de pescado (Anexo 9), con el fin de precisar cuáles fueron aquellas razones que desencadenaron el problema central de la línea y así indagar más en ellas. Para determinar cada una de las causas raíces del diagrama de Ishikawa, se utilizó un formato de Checklist aplicado durante el periodo de pre- prueba (Anexo 8).

El inconveniente central de la línea contemplado en el diagrama de Ishikawa (Anexo 9) fue la baja productividad. Se especificó cada una de las causas más sobresalientes por medio de las 4 M's. En primer lugar, se situó la "M" de métodos, siendo la falta de metodologías e inspección y el desorden las causas más sobresalientes, fué en ese lugar donde emergió la indagación de la utilidad de herramientas y mecanismos de mejora que aporten a la resolución de los problemas más importantes, extraídos del mapa de flujo de valor y que, a su vez, alcancen el aumento de la productividad. Por otra parte, se halla la "M" de mano de obra, en el cual las faltas del personal fueron otra más de las causas más explícitas en el diagrama, esto pasaba ya que al ser proyectos extensos generalmente las horas de trabajo eran muchas más, por consiguiente, los procedimientos eran repetitivos, lo que hacía que el personal acumule fatiga y de modo que su productividad se vea afectada.

En cuanto a la "M" de maquinaria, en esta categoría se encontraba una amplia fracción de los inconvenientes encontrados en la línea, ya que a menudo existían fallos y paradas que derribaban en la pérdida de producto primario y en los tiempos de producción. A menudo los equipos que erraban más eran la soldadora, amoladora, equipo oxicorte y taladro. Por último, con respecto a la "M" de materiales, en el transcurso del diagnóstico se determinó que a menudo los materiales de limpieza no se hallaban en un sitio estratégico y se malgastaba tiempo en tratar de encontrarlo, lo que conllevaba que continuamente los niveles se encuentren desaseados, asimismo, había desarreglo en las distintas áreas y bastantes de los materiales que no utilizaban los tenían bastante tiempo guardados. Como cuarto instrumento se utilizó la matriz de criticidad de los problemas encontrados en la línea. En base al problema central encontrados en la matriz de Ishikawa "Baja productividad", se enlistaron las causas más representativas y se puntuaron según el nivel de criticidad que representaba cada una de ellas.

Tabla 4. Matriz de impacto de las causas raíces de los problemas en la línea de cocido

Criterio	Factores que afectan al proceso	Nivel de impacto					Valor total	(%)
		1	2	3	4	5		
Maquinaria	Parada por falla de máquina					X	18	25.7
	Maquinaria antigua			X				
	No se cuentan con repuestos en almacén					X		
	Falta de limpieza y lubricación en las máquinas					X		
Métodos	Falta de metodologías en prevención de fallas/paradas					X	17	24.3
	El desorden de las áreas dificulta el flujo					X		
	Falta de control e inspección visual a las máquinas y el proceso			X				
	Altos índices en mantenimientos correctivos				X			
Mano de obra	Falta de capacitación al personal					X	22	31.4
	Los operarios no conocen la maquinaria				X			
	Falta de cultura en orden y limpieza				X			
	Inadecuada realización de los procesos		X					
Materiales	Errores de los colaboradores			X			13	18.6
	Tiempo improductivo				X			
	Almacenes de materiales, equipos y productos completo en desorden					X		
	Falta de rótulos de los elementos de almacén				X			
	Falta de materiales de limpieza (escoba, recogedor, etc)				X			
TOTAL							70	

Fuente: Elaboración propia

4.2 Productividad antes de la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing

Posteriormente a haber ejecutado el diagnóstico de la línea, se evaluaron los indicadores de la productividad. Con el fin de calcular la eficacia, se obtuvieron los datos de productividad, los cuales fueron setiembre, octubre, noviembre y

diciembre del 2021 (Anexo 10), era imprescindible, para su ejecución, la recolección de los datos del tiempo planificado y real laborado.

Tabla 5. *Eficacia antes de la aplicación del Lean Manufacturing*

Código	Usuario	Fecha Inicio	Fecha Final	Tiempo programado	Tiempo real	Eficacia (%)
15158	Centinela	2-Set	21-Set	13	17	76.47%
15164	Copinca F	22-Set	9-Oct	14	16	87.50%
15168	Jada	11-Oct	30-Oct	13	17	76.47%
15170	Copeinca P	1-Nov	20-Nov	15	18	83.33%
15171	Diamante	24-Nov	11-Dic	13	16	81.25%
15172	Jada	14-Dic	31-Dic	13	17	76.47%
Eficacia promedio						80.25%

Fuente: Anexo 10

La eficacia promedio de la línea, antes de utilizar las herramientas del Lean Manufacturing, abarcaba un valor de 80.25%, según la información mostrada en la tabla 4. El mayor índice de eficacia ocurrió durante el 2^{do} proyecto, donde la eficacia llegó a un pico del 87.50%.

Para el cálculo de la eficiencia económica fue imprescindible la utilización de las cifras de precio de venta de los tanques y la inversión efectuada en cada proyecto. Tal y como se plasmó en la siguiente tabla:

Tabla 6. *Eficiencia económica antes de la aplicación del Lean Manufacturing*

Código	Usuario	Fecha Inicio	Fecha Final	Precio de Venta (S/.)	Monto Cotizado (S/.)	Costo Real (S/.)	Eficiencia Económica
15158	Centinela	2-Set	21-Set	11820	9810	10105	1.17
15164	Copinca F	22-Set	9-Oct	10320	9300	9540	1.08
15168	Jada	11-Oct	30-Oct	10460	9450	9590	1.09
15170	Copeinca P	1-Nov	20-Nov	12540	10501	10760	1.17
15171	Diamante	24-Nov	11-Dic	10480	9400	9610	1.09
15172	Jada	14-Dic	31-Dic	10775	9970	10209	1.06
Eficiencia promedio							1.11

Fuente: Anexo 10

El promedio de la eficiencia económica fue de 1.11, lo que indicaba que por cada sol invertido la compañía obtenía una ganancia de 1.11 soles. A lo largo del mes de noviembre del 2021, la empresa obtuvo un beneficio económico de 1.17 soles por cada sol invertido, por lo tanto, ese fue el periodo en el cual se presentó una eficiencia superior.

Finalmente, para el cálculo de la P (MO), antes de la aplicación de los instrumentos del Lean, se obtuvieron las cifras de productividad de un periodo de 4 meses, los cuales fueron: setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2021.

Tabla 7. Productividad de mano de obra antes de la aplicación del Lean Manufacturing

Código	Usuario	Fecha Inicio	Fecha Final	Área del tanque (M ²)	Tiempo real	Total trabajadores	Productividad de mano de obra (M ² /h-H)
15158	Centinela	2-Set	21-Set	71.58	17	16	0.526
15164	Copinca F	22-Set	9-Oct	64.97	16	15	0.508
15168	Jada	11-Oct	30-Oct	64.97	17	16	0.478
15170	Copeinca P	1-Nov	20-Nov	78.79	18	17	0.547
15171	Diamante	24-Nov	11-Dic	64.97	16	16	0.508
15172	Jada	14-Dic	31-Dic	64.97	17	16	0.478
Productividad promedio							0,507

Fuente: Anexo 10

El indicador de P (MO) promedio fue de 0.507 m²/H-h, de modo que, se realizaban 0 507 m² por cada hora hombre trabajado. En el transcurso del mes de diciembre del 2021, la productividad alcanzó un máximo indicador de 0.547 m²/h-H.

4.3 Aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing

Las 5S´s fue la primera herramienta ejecutada en la línea, su aplicación se clasificó en tres etapas, en donde, en primer lugar, constó con la aplicación de un Checklist para detectar el estado inicial de la línea, en segundo lugar, constó con la aplicación de la herramienta, de la forma en la que se expresó en el cronograma (Anexo 11), mientras que la parte final tuvo como objetivo aplicar del mismo Checklist pero dos meses después de haber iniciado la etapa de ejecución, en donde se necesitaba definir si se dio una mejora entre ambos indicadores. Una vez diagnosticada la línea se empezó la segunda etapa de la ejecución de la herramienta, la cual contaba con 5 etapas.

La primera etapa denominada “Clasificación”, en donde, a través de las tarjetas rojas (Anexo 12) se visualizaron los materiales, equipos y/o instrumentos que eran necesarios o innecesarios para el proceso productivo. La segunda etapa denominada “Ordenar”, constó de la realización de un listado de todos aquellos materiales, equipos y/o instrumentos encontrados durante la etapa anterior con la aplicación de las tarjetas rojas (Anexo 13), siendo “N” los artículos necesarios e “I”

los artículos innecesarios, con el fin de darle un seguimiento al artículo encontrado. Dentro de los artículos innecesarios se encontraban tres máquinas de soldar (Modelos: Solandina RX 200, Solandina TC 300 y Esab 160), dichas soldadoras fueron enviadas a mantenimiento puesto que las fallas que presentaban eran mínimas, por otro lado, se encontró una fresadora, pero debido a su mal estado y que ya no se podía reparar fue eliminada.

Tabla 8. Elementos encontrados con las tarjetas rojas – resumen

Ítem	Descripción	Cant.	Necesario	Innecesario	Observación
1	Máquina fresadora	1		x	Estaba malograda (Eliminar)
2	Soldadora Solandina RX 200	1		x	Solía funcionar cada cierto tiempo (Mantenimiento)
3	Soldadora Solandina TC 300	1		x	El gancho de electrodo se encontraba en mal estado. (Mantenimiento)
4	Soldadora Esab 160	1		x	No tenía su cable a tierra. (Mantenimiento)

Fuente: Anexo 13

Dentro de los objetos innecesarios con menor valor económico se encontraron brocas (1/4 y 3/16"), tubos de fierro, sacabocado, empaquetadura de neopreno, trozos de madera, palos de madera, arnés, pie de rey, llaves, restos metálicos y chupón trifásico; todos estos artículos fueron eliminados del área de almacén debido a que se encontraban en un pésimo estado, cabe recalcar que tanto los tubos de fierro como los restos metálicos y de madera fueron vendidos.

Para la ejecución de la 3era etapa denominada "Limpieza" se desarrolló un cuestionario (Anexo 14). La información recabada fue útil para saber si la organización disponía de productos y materiales de limpieza y desinfección, pero estos no se encontraban colocados en puntos estratégicos y/o no estaban identificados de forma correcta, todo ello provocaba que los colaboradores generen tiempos inactivos al estar efectuando su búsqueda de elementos esenciales para su trabajo y en efecto, retrasando el proceso productivo. Se sugirió la implementación de percheros y rotulación de utensilios en cada área de trabajo

(Anexo 15) con la premisa de conseguir limpieza y orden, del mismo modo, se recomendó que los diversos productos y materiales de limpieza debían estar rotulados (Anexo 15), a fin de mejorar el flujo del proceso y en consecuencia, los procesos de conversión se desarrollen continuamente.

La cuarta etapa fue “Estandarización”, mediante la cual fue vital efectuar una política en relación a orden y limpieza (Anexo 16), cabe mencionar que, esta etapa es fundamental para que se sigan desarrollando mejoras graduales y periódicas.

La quinta etapa fue la “Disciplina”, por tal motivo, se aplicó un Checklist (Tabla 7) en donde el objetivo fundamental fue comparar los datos hallados entre la clasificación 5S’s inicial, obtenida durante la semana 1 de aplicación de las herramientas, y la clasificación 5S’s final, obtenida durante la semana 8 de aplicación. Todo ello, con el propósito de efectuar la comparación de cumplimiento de criterios.

Tabla 9. Aplicación de un Check Lista para la metodología 5S's

Descripción	Criterio de evaluación y puntuación 5S's	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
		1	2	3	4	5	6	7	8
Clasificación (Seiri)	Se cuenta con lo necesario para trabajar	1	1	1	1	1	2	2	2
	No hay objetos y/o materiales en otras áreas o en lugares diferentes a su lugar asignado	2	2	2	2	2	3	3	3
	Todos los materiales innecesarios fueron eliminados o retirados	1	1	1	1	2	2	2	2
	Los pasillos se encuentran libres de objetos innecesarios	1	1	1	2	2	2	2	3
	Se conoce cuáles son los objetos necesarios	2	2	2	2	2	3	3	3
	Es fácil y rápido encontrar lo que se busca	1	1	2	2	2	2	3	3
	Las áreas se encuentran oportunamente identificadas	2	2	2	2	2	3	3	3
	Los equipos y materiales están en un lugar asignado	2	2	2	2	3	3	3	3
Orden (Seiton)	Los pasillos se encuentran debidamente señalados	2	2	2	2	3	3	3	3
	Es posible localizar cualquier objeto rápidamente	1	1	1	2	2	2	2	2
	Los botes de basura están en el lugar designado para éstos	3	3	3	3	3	3	3	3
	Existen lugares marcados para todo el material que entra o sale	2	2	2	2	2	2	2	3
	No hay materiales y/o objetos colocados en la parte superior de las estaciones de trabajo o equipos	2	2	2	2	2	3	3	3
	No hay objetos apoyados en las paredes o columnas	2	2	2	2	2	2	2	3
	Los pasillos se encuentran libres de material y de obstrucciones	2	2	2	2	3	3	3	3
	Los pasillos están limpios	2	2	2	2	2	2	3	3
Limpieza (Seiso)	Los pisos están limpios	2	2	2	2	2	1	2	2
	Las mesas de trabajo se encuentran limpias tanto por la superficie como debajo de ellas	2	2	2	2	2	3	3	3
	Los lavaderos de manos se encuentran limpios y cuentan con jabón líquido	2	2	2	2	2	2	2	3
	Las máquinas se encuentran visiblemente limpias tanto por la superficie como debajo de ellas	1	1	2	2	2	2	3	3
	El área se ve limpia y se cuenta con seguridad	2	2	2	2	2	2	2	2

	Se conoce un programa de limpieza, el cual es llevado a cabo	1	1	1	1	2	2	3	3
	Se tiene los materiales e insumos de limpieza y es fácil de obtenerlos	1	1	2	2	2	2	3	2
	Existen estándares de colores bien identificados y conocidos	3	3	3	3	3	2	3	2
	Hay letreros para identificar las áreas	3	3	3	3	3	3	3	2
	Se generan notas de mantenimiento regularmente	2	2	2	2	2	2	2	2
Estandarizar (Seiketsu)	Hau letreros con los que se puede identificar los materiales de limpieza	1	1	1	1	3	2	2	2
	Las áreas/equipos de alto riesgo se encuentran identificados	3	3	3	3	3	2	2	2
	Todos en la línea conocen la metodología de las 5´s y las practican en su día a día	1	1	2	2	2	2	2	3
	Día a día se aplican los procedimientos establecidos	1	1	2	2	2	3	2	3
Disciplina (Shitsuke)	El personal que labora utiliza su vestimenta y protección adecuada	2	2	2	2	2	2	3	3
	Se realiza las capacitaciones correspondientes al personal, sobre los principios de las 5s	1	1	1	2	2	2	2	2
Total		58%	58%	64%	67%	74%	77%	84%	88%

Fuente: Elaboración propia

Para cada criterio se establecieron puntajes del 1 al 3, en donde el 1 significaba que el nivel de cumplimiento de los criterios de las 5 S´s era muy bajo, mientras que el 3 significaba un cumplimiento de los criterios alto.

La valoración de la clasificación 5S´s durante la primera semana fue del 58%, por otro lado, la valoración durante la semana final fue del 88%, lo que indicaba que sí existió una mejora enten cuanto al cumplimiento de las 5S´s. El porcentaje de variación respecto a la semana 1 del estudio y la semana 8, fue del 50%.

Otra metodología desarrollada tuvo relación con el mantenimiento autónomo, su desarrollo tuvo un lapso de 2 meses, tal y como se denotó en el cronograma (Anexo 17). Cabe destacar que, como primer punto se calculó el MTFB y MTTR (Anexo 18), las máquinas escogidas para el estudio fueron: la soldadora, el equipo oxicorte, la amoladora y el taladro.

Tabla 10. Disponibilidad de los equipos antes del mantenimiento autónomo – Enero

	Soldadora (MS STC230)	Eq. Oxicorte (SOX-SA2)	Amoladora (AMO-03)	Taladro (TLD-SE4)
Tiempo de funcionamiento (hr)	150	120	95	70
Tiempo de inactividad (hr)	16.5	11.16	8	6.7
Número de paradas (fallas)	4	6	5	2
MTBF (hr/falla)	33.38	18.14	17.4	31.65
MTTR hr/falla)	4.13	1.86	1.6	3.35
Disponibilidad (%)	89.00	90.70	91.58	90.43

Fuente: Anexo 18

El MTBF antes de la aplicación del mantenimiento autónomo para la máquina soldadora era de 33.38 horas/ falla, es decir, transcurría esa cantidad de tiempo antes de que se produzca una falla, mientras que para el equipo de oxicorte era de 18.14 horas/falla, para a amoladora era 17.4 horas/falla y para el taladro era 31.65 horas/falla. Por otro lado, se calculó también el MTTR, para la soldadora era de 4.13 horas/falla, es decir, cada falla tomaba un periodo de 4.13 horas en promedio en ser reparada, para el equipo oxicorte era 1.86 horas/falla, para la amoladora era 1.6 horas/falla y para el taladro 3.35 horas/falla. En promedio la disponibilidad de los equipos oscila entre el 89% y 90%.

En seguida, se diseñó un modelo para aplicar el mantenimiento autónomo (Anexo 19), teniendo en cuenta el historial de fallas (Anexo 18). Dicho formato indicaba cuáles eran los pasos a seguir durante el uso del equipo, tales acciones debían repetirse cada vez que se usara la maquinaria/equipos.

Después de la aplicación del formato de mantenimiento autónomo se procedió a calcular nuevamente la disponibilidad de los equipos, con el fin de determinar si una un incremento o una disminución en dicho indicador. Para ello se necesitaron los nuevos datos de tiempo de producción y el registro de fallas de los equipos (Anexo 20)

Tabla 11. Disponibilidad de los equipos después del mantenimiento autónomo – Febrero

	Soldadora (MS STC230)	Eq. Oxicorte (SOX-SA2)	Amoladora (AMO-03)	Taladro (TLD-SE4)
Tiempo de funcionamiento (hr)	230	225	225	190
Tiempo de inactividad (hr)	4.4	3.4	4.95	2.5
Número de paradas (fallas)	3	2	2	2
MTBF (hr/falla)	75.20	110.80	110.02	93.75
MTTR hr/falla)	1.47	1.70	1.47	1.25
Disponibilidad (%)	98.08	98.49	97.80	98.68

Fuente: Anexo 12

El MTBF después de la aplicación del mantenimiento autónomo para la máquina soldadora era de 75.20 horas/falla, dicho dato, comparado con la disponibilidad hallada en el mes de enero, 55.63 horas/ falla, muestra una mejora ya que después de la aplicación del mantenimiento autónomo transcurría más tiempo antes de que se produzca una falla, también se observó que para el equipo de oxicorte el MTBF era de 110.80 horas/falla, para a amoladora era 110.02 horas/falla y para el taladro era 93.75 horas/falla. Por otro lado, se calculó también el MTTR, para la soldadora era de 1.47 horas/falla, es decir, cada falla tomaba un periodo de 1.47 horas en promedio en ser reparada, para el equipo oxicorte era 1.70 horas/falla, para la amoladora era 1.47 horas/falla y para el taladro 1.25 horas/falla. En promedio, la disponibilidad de los equipos oscila entre el 97% y 98%. Con la data generada previamente, se logró constatar el aumento significativo en el indicador de disponibilidad de los equipos durante el mes de febrero con respecto a las disponibilidades obtenidas en el mes de enero. Tal y como se observa:

Para la máquina soldadora:

$$\% \text{ de variación de la disponibilidad} = \frac{98.08\% - 89.00\%}{89.00\%} = \mathbf{10.20\%}$$

Para el equipo oxicorte:

$$\% \text{ de variación de la disponibilidad} = \frac{98.48\% - 90.70\%}{90.70\%} = \mathbf{8.57\%}$$

Para la máquina amoladora:

$$\% \text{ de variación de la disponibilidad} = \frac{98.68\% - 91.58\%}{91.58\%} = \mathbf{7.75\%}$$

Para la máquina taladradora:

$$\% \text{ de variación de la disponibilidad} = \frac{98.68\% - 90.94\%}{90.43\%} = \mathbf{8.56\%}$$

Finalmente, para la etapa de seguimiento, se realizó un mapa de flujo de valor con los datos de producción correspondientes al mes de febrero (Anexo 21), se aplicó nuevamente el instrumento con la finalidad de compararlo con el mapa de flujo de valor aplicado inicialmente. Se observó lo siguiente:

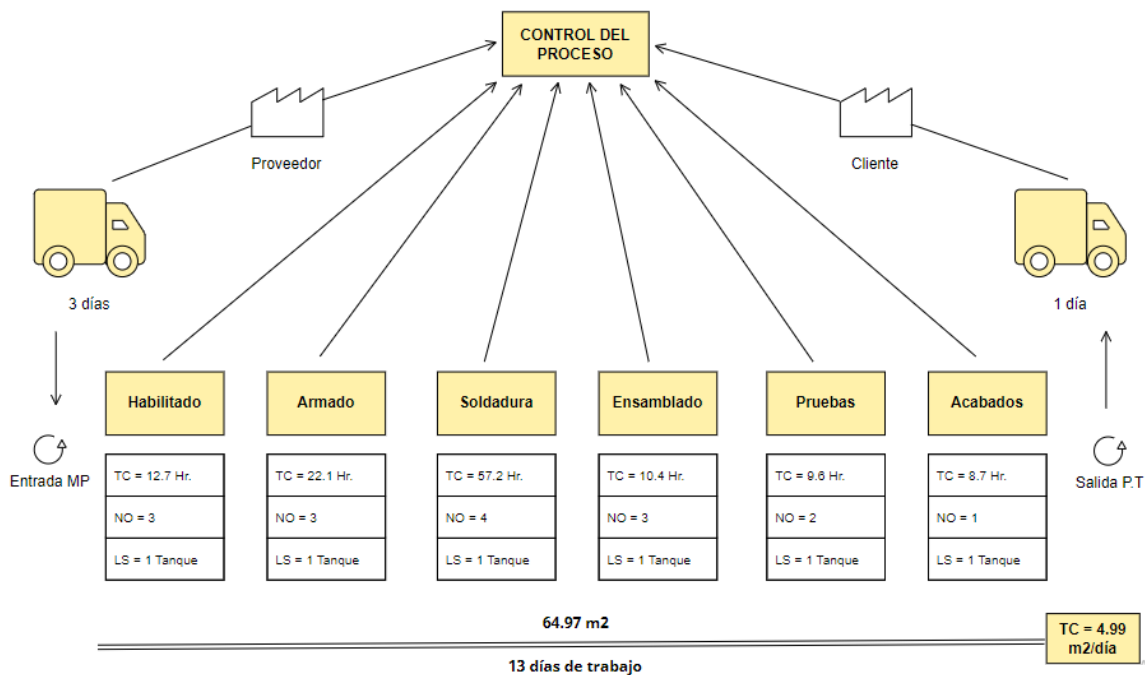


Figura 3. Mapa de flujo de valor después de la aplicación del Lean Manufacturing

Fuente: Elaboración propia

En el mapa de flujo de valor, observado en la Figura 3, se señaló que el tiempo de ciclo para la elaboración de un tanque, tras la implementación de las herramientas, fue de 4.99 m²/día. Tras ser comparado con el tiempo de ciclo obtenido durante el diagnóstico (4.06 m²/día) y el takt time (4.91 m²/día), se llegó a la conclusión que, tras la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing se establecieron

nuevos tiempos que se ajustaban a la demanda de la empresa, lo que se vio sustentando en la reducción de tiempos de producción y el alto grado de orden y limpieza en las diversas áreas. Sobre todo, se observó una mejora en las áreas de habilitado, armado y soldadura. Inicialmente, dichas áreas mostraron problemas con las máquinas, con el orden y la limpieza. Los problemas de la línea fueron combatidos con la implementación de la metodología 5 S's y el mantenimiento autónomo, puesto que ambas herramientas tuvieron la finalidad de eliminar los desperdicios detectados en las constantes paradas del proceso por fallas en las máquinas y la pérdida de tiempo por búsqueda de materiales de trabajo.

4.4. Productividad después de la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing

Después de haber aplicado las herramientas del Lean, se evaluaron nuevamente los indicadores de eficacia, eficiencia económica y P (MO). Para el cálculo de la eficacia, fue necesario obtener los datos de producción de un periodo de 4 meses (post-prueba).

La eficacia en promedio para el proceso de elaboración de tanques, fue de 98.81%, según la información mostrada en la tabla 12, los proyectos 2, 3, 4, 5 y 6 tuvieron los picos más altos de eficacia, en donde el indicador alcanzó hasta el 100%.

Tabla 12. Eficacia después de la aplicación del Lean Manufacturing

Código	Usuario	Fecha Inicio	Fecha Final	Tiempo programado	Tiempo real	Eficacia (%)
15284	Copeinca F	4-Mar	19-Mar	13	14	92.86%
15287	Diamante	21-Mar	6-Abr	13	13	100.00%
15288	Copeinca P	7-Abr	23-Abr	13	13	100.00%
15289	Jada	26-Abr	12-May	12	12	100.00%
15290	Copeinca F	14-May	28-May	14	14	100.00%
15291	Exalmar	29-May	13-Jun	13	13	100.00%
Eficacia promedio						98.81%

Fuente: Anexo 22

Para el cálculo de la eficiencia económica, fue imprescindible la utilización de los valores de precio de venta de los tanques y la inversión económica de cada proyecto.

El promedio de la eficiencia económica, tras la implementación de las herramientas Lean, fue de 1.23; lo que indicaba que por cada sol invertido la compañía obtenía un ingreso de 1.23 soles. A lo largo del mes de mayo, la empresa contabilizó un

lucro de 1.28 soles por cada sol invertido, por lo tanto, ese fue el mes en el cual se presentó un mayor índice de eficiencia económica. El incremento en los valores de eficiencia económica obtenidos, ocurrieron debido a una reducción en los tiempos de producción, dichos tiempos se veían afectados por las paradas imprevistas de las máquinas.

Tal y como se plasmó en la siguiente tabla:

Tabla 13. *Eficiencia económica después de la aplicación del Lean Manufacturing*

Código	Usuario	Fecha Inicio	Fecha Final	Precio de Venta (S/.)	Monto Cotizado (S/.)	Costo Real (S/.)	Eficiencia Económica
15284	Copeinca F	4-Mar	19-Mar	11850	9545	9600	1.23
15287	Diamante	21-Mar	6-Abr	11910	9660	9700	1.23
15288	Copeinca P	7-Abr	23-Abr	11840	9555	9600	1.23
15289	Jada	26-Abr	12-May	11120	9312	9300	1.20
15290	Copeinca F	14-May	28-May	12530	9850	9800	1.28
15291	Exalmar	29-May	13-Jun	11900	9655	9700	1.23
Eficiencia promedio							1.23

Fuente: Anexo 22

Finalmente, para el cálculo de la productividad de mano de obra, tras la aplicación de los instrumentos del Lean, se obtuvieron las cifras de productividad de un ciclo de 4 meses.

El indicador de productividad de la mano de obra en promedio para el periodo de post-prueba fue de 0.68, de modo que, se realizaban 0.68 m² del tanque por cada hora hombre trabajada. En el transcurso del mes de mayo, la productividad alcanzó un valor máximo de 0.70 m²/h-H. Este incremento en el valor de la productividad, con respecto al valor obtenido en el periodo de pre-prueba, fue debido a la disminución de tiempo de inactividad en paradas, por ende, los trabajadores realizaban un mayor metraje de los tanques en un menor tiempo. Tal y como se plasmó en la siguiente tabla:

Tabla 14. Productividad de mano de obra después de la aplicación del Lean Manufacturing

Código	Usuario	Fecha Inicio	Fecha Final	Área del tanque (M ²)	Tiempo real	Total personal	Productividad de mano de obra (M ² /h-H)
15284	Copeinca F	4-Mar	19-Mar	71.58	14	15	0.64
15287	Diamante	21-Mar	6-Abr	71.58	13	15	0.69
15288	Copeinca P	7-Abr	23-Abr	71.58	13	15	0.69
15289	Jada	26-Abr	12-May	64.96	12	15	0.68
15290	Copeinca F	14-May	28-May	78.79	14	14	0.70
15291	Exalmar	29-May	13-Jun	71.58	13	15	0.69
Productividad promedio							0,68

Fuente: Anexo 22

4.5. Comparación de los indicadores de productividad

En este punto se compararon los datos de eficacia, eficiencia económica y P (MO), antes y después de implementar herramientas de lean, el objetivo era obtener datos que demostraran mejoras en los indicadores anteriores.

Se observó un incremento del 23% en los indicadores de eficacia. El factor clave para conseguir este incremento es la reducción de los tiempos de ciclo. En la fase de diagnóstico el tiempo de ciclo es de 4.06 m² tanque/día y al final del proyecto el tiempo de ciclo es de 4.99 m² tanque/día, es decir, se incrementó la producción en un 0.93 m² de elaboración de tanque por cada día, lo que se traduce a mayor avance en un menor periodo de tiempo. Por otro lado, al introducir una cultura basada en la limpieza y el orden, se eliminaron los tiempos de espera por lugares desordenados y búsqueda de productos de limpieza.

La eficiencia económica aumentó su valor en un 11%. Tras la adaptación de la 5S's, se redujeron las excesivas pérdidas del material, por otro lado, tras la implementación del mantenimiento autónomo, se logró reducir los tiempos improductivos por parada de máquinas. Es decir, se eliminó todo aquello que generaba un costo innecesario para la organización.

Finalmente, aumentó la productividad de mano de obra fue de 34%, debido a la eliminación de los 2 principales desperdicios existentes en la línea los tiempos de espera por paradas de máquinas y los defectos del producto, expresado en la merma obtenida por cada proyecto.

Tabla 15. Comparación de indicadores de productividad antes y después de la metodología

	Antes de la aplicación del Lean Manufacturing	Después de la aplicación del Lean Manufacturing	Porcentaje de variación
Eficacia (%)	80.25	98.81	23%
Eficiencia económica	1.11	1,23	11%
Productividad de mano de obra (M²/h-H)	0.51	0..68	34%

Fuente: Tablas 3, 4, 9 y 10

A la hora de realizar hipótesis es necesario analizar los valores de rendimiento obtenidos mediante la prueba T en IBM Statistics, pero antes de comparar los valores es necesario comprobar la normalidad, pues tiene un valor ($n < 50$), se utilizo la prueba de Shapiro-Wilk.

V. DISCUSIÓN

Para el diagnóstico durante la producción de tanques en FAMET HM E.I.R.L., primero, el tiempo de ciclo es determinado por la herramienta VSM, el tiempo de ciclo inicial de la línea es de 4.06 m² tanque/día de producción. Usando el gráfico de Ishikawa, se descubrió que el principal problema de la línea era el largo tiempo de producción debido a que la amoladora no funcionaba bien y la falta de orden y limpieza. BM, CS y Kumar (2019) manifestaron en su pregunta que con el VSM están tratando de acortar el tiempo de entrega, tienen línea de TC de 12 min/und, por lo que establecen 2 acciones de mejora, las acciones especificadas son: recoger y empacar. Los autores argumentan que la herramienta VSM es extremadamente importante para diagnosticar e identificar áreas problemáticas en el proceso, por lo que están completamente de acuerdo con los investigadores.

Para el segundo resultado, se recolectaron datos durante 4 meses fabricando tanques de acero inoxidable. Los valores de eficacia, eficiencia económica y P(MO) antes de aplicar lean son 80.25, 1.11 y 0.51 m²/h-h, respectivamente. El rendimiento se subestima debido a que los tiempos de tratamiento son muy largos y los días de tratamiento programados para cada tanque no se cumplen. A cambio, en términos de eficiencia económica, el valor obtenido es de 1.11, es decir, por cada sol invertido, la empresa recibe 1.11 soles. Para el indicador mano de obra asume un valor inicial de 0.51 m²/h-h, el cual está asociado al tiempo de inactividad continuo de la maquinaria que trabaja en el proceso. Estos ratios se calculan para valores iniciales y luego se comparan con los resultados obtenidos tras aplicar lean manufacturing.

En este sentido, Hernández, Camargo y Martínez (2017) en su estudio demostraron que el valor es necesario utilizar datos de producción en el rango de 8 meses. Debido al largo tiempo de procesamiento, el rendimiento es bajo. Comparar los resultados de ambos estudios es consistente con lo expresado por el autor, porque la productividad es un indicador que permite a los investigadores visualizar los factores de producción utilizados en la transformación de las empresas.

Para el desarrollo del tercer objetivo, el uso de herramientas Lean, la primera herramienta implementada fue la 5S. Su implementación se divide en 5 etapas, la primera de las cuales incluye generar una tarjeta roja, que permite separar los elementos que son útiles en esta área de los que no lo son. Luego se utilizó una lista de Checklist para establecer el cumplimiento de la 5S, obteniendo así una evaluación tanto en las etapas tempranas como tardías, para la comparación final.

El índice de evaluación que cumple con los criterios 5S en la primera etapa es del 58%, este resultado se debe a que en la primera etapa no existe un colgador para colocar los productos de limpieza, en el cual debe haber escobas, palas y trapeadores. Por otro lado, la calificación final de cumplimiento de la 5S es del 88% debido a que los cambios de componentes se realizaron dentro de periodo de tiempo especificado, además, existe un sistema basado en el orden de las áreas. Finalmente, en cuanto al aumento de puntuación conseguido por el criterio Checklist, tanto en la primera como en la última semana, ha llegado al 50%.

Los resultados obtenidos luego de implementar el método 5S son compartidos por los autores de Namuche y Zare (2017), quienes en su estudio encontraron que el uso de tarjetas rojas en el proceso productivo es de gran utilidad en la remoción de varios elementos: Bandeja, rota, canasta, etc. Se han instalado 4 carteles para señalar la ubicación de los productos de limpieza, lo que elimina el tiempo dedicado a buscarlos en vano. Finalmente, utilizando la lista de verificación utilizada mensualmente, el puntaje de línea base es de 68%, mientras que en la etapa final de implementación de herramientas de producción ajustada el valor es de 92%, por lo que el resultado indicado aumentó a 35,29%. Comparando los resultados de ambos estudios, podemos concluir que la implementación de la herramienta 5S ayudo a reducir el tiempo de espera el tiempo de transito y el tiempo de ciclo.

Para la implementación del enfoque de mantenimiento autónomo, en primer lugar, es necesario establecer la disponibilidad de los equipos, para esto es necesario calcular el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), en la primera semana no se implementaron los métodos.

En términos de tiempo medio entre fallas (MTBF), un promedio de 25.14 horas en el período temprano y un promedio de 97.69 horas en el periodo tardío, se puede inferir que después del mantenimiento fuera de línea de la aplicación durará mas que antes.

Por otro lado, esta MTTR, que en la primera etapa obtiene un tiempo promedio de 2.73 horas y en la etapa final se obtiene un tiempo de 1.47 horas. Finalmente, se estableció la presencia de 4 dispositivos seleccionados para la prueba, para lo cual fue necesario recolectar datos, de las máquinas de soldar es del 89%, mientras que para equipos de oxicorte 90.70%, para la amoladora 91.58% y para el taladro 90.94%. Después de aplicar la metodología se alcanzó un 98.48% para la maquina soldadora, un 98.48% oxicorte, 98.68 amoladoras y para el taladro 98.68%. Como resultado, las maquinas mostraron un mayor costo de disponibilidad en, 10.20%, 8.57%, 7.57% y 8.56% respectivamente. Se ha logrado aumentar el valor del tiempo de actividad de la maquina mediante la aplicación de un formato de mantenimiento autónomo, que está diseñado para usarse en tres etapas: Limpieza, lubricación y revisión; el tiempo de aplicación debe promediar 25 minutos. Este formato fue extremadamente importante para este estudio, ya que a mayor parte del tiempo de inactividad se debió al tiempo de inactividad de la maquina. Antes de la introducción del formato, el tiempo de inactividad era de aproximadamente 215 horas por semana, pero en el periodo final se procesó un promedio de 98 horas por semana.

En este sentido, Adesta, Prabowo y Agusman (2018) describen la asequibilidad como una medida del desempeño de una maquina para lograr una mejor posición en el mercado. Durante su investigación, el científico redujo el numero de paradas no programadas de los selladores del 51% al 33%.

Ademas, hemos conseguido reducir el numero de incidencias en un 38%. Por ello, afirma que el mantenimiento automatizado es la mejor opción para prolongar la vida útil de los equipos. Después de la finalización de las herramientas lean, se reasigna el Value Stream Map (VSM), el nuevo tiempo de ciclo es de 4.99% m² de tanques/día de producción, después de eso se puede decir que es incremental, tanque de 0.94 m² tanque/día el avance de los tanques en metros cuadrados.

De manera similar, el investigador Kaneku (2019) utilizó la herramienta VSM en su investigación; y se obtuvieron los siguientes resultados: antes de adoptar este método la empresa tardaba en promedio 619.34 minutos en producir un elemento y luego de implementar las herramientas la organización maneja en promedio 541.98 minutos, lo que significa que el tiempo de producción de cada producto ha sido reducido en 77,36.

Para desarrollar las misiones cuarta y quinta, fue necesario recopilar datos de producción durante un período de 4 meses para preparar los tanques para el FAMET HM. Los resultados obtenidos son los siguientes: la productividad aumento en un 23%, la eficiencia económica aumento en un 11% la productividad laboral aumento en un 34%. Hubo una mejora en 3 indicadores, el mayor de los cuales fue la productividad laboral gracias a la capacidad de producción favorecida (m²) en comparación con el mismo período del año anterior. Ligero aumento de la productividad con respecto al índice anterior, la clave para lograr estos valores fue una reducción de los tiempos improductivos, en definitiva, un 11% de aumento de la eficiencia económica, debido al menor costo por hora y multiplicador de costos y/o por pérdida de materia prima. Por otro lado, Ruiz (2016) en su estudio mostro un aumento del 4% en la productividad debido a que se eliminaron los cuellos de botella y sus productos lograron una mejor de calidad.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la implementación de lean tiene un impacto positivo en la investigación; por que ha habido una mejora en los indicadores clave de rendimiento en el proceso de fabricion de tanques.
2. En cuanto a los diagnósticos realizados durante la producción de tanques de acero, se utilizo un mapa de flujo de valor (VSM), con un tiempo de ciclo de 4.06 m2/día. Por otro lado, luego de aplicar el diagrama de Ishikawa, se encuentra que el problema central de la columna vertebral es la baja productividad.
3. La eficacia, la eficiencia económica y la productividad laboral alcanzadas antes de aplicar las herramientas de producción Lean son de 80.25%, 1.11, y 0.51 m2/h respectivamente. Despues de 5S, se logro mediante el Check List que el nivel de cumplimiento con los criterios fue de 88%. La segunda herramienta adjunta es el mantenimiento autónomo, calculando la disponibilidad de máquinas, la disponibilidad de la soldadora en la etapa inicial era de 89.00%, y finalmente un valor de 98.08, obteniendo un aumento del 10.20% , la maquina oxicorte, en el diagnostico obtuvo una disponibilidad de 90.70% y en la etapa final 98.48% , evidenciando un aumento del 8.57% ; para la amoladora para la amoladora se contó con una disponibilidad inicial de 91.58% y una disponibilidad final de 98.68%, mostrando así un incremento del 7.75%; finalmente, para la máquina taladradora se tuvo una disponibilidad inicial de 90.94% y una disponibilidad final de 98.68%; obteniendo así un incremento del 8.56%.
4. La eficacia, eficiencia económica y la productividad del trabajo alcanzadas tras la implementación de herramientas lean ascienden al 98.81%, 1.23 y 0.68 m2/h-h.
5. Comparando los principales indicadores de productividad de la investigación, se puede concluir que: La productividad aumentó en un 23%, la eficiencia económica aumento en un 11% y la productividad laboral aumentó en un 34%, estas comparaciones se realizaron entre valores obtenidos en el periodo anterior posterior al estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. En relación con los objetivos establecidos en FAMET HM E.I.R.L. se han hecho las siguientes recomendaciones:
2. El takt time y el tiempo de ciclo deben calcularse mensualmente para obtener un valor numerico que indique si se esta satisfaciendo la demanda del cliente.
3. La capacidad de la línea debe calcularse semanalmente, ya que conocer los valores de potencia permitirá a la empresa controlar mejor la línea y determinar exactamente cuando aplicar el plan de acción. En cuanto a la implementación de herramientas de lean, el jefe de producción debe ser el responsable de capacitar a los empleados en limpieza, orden e higiene en todas las áreas relacionadas con metodología 5S. Asimismo, el gerente de mantenimiento es responsable de establecer un programa de mantenimiento independiente para diferentes tipos de maquinas con el fin de lograr una mayor vida útil para los diferentes equipos. Por otro lado, el encargado del almacen debe diligenciar y completar periódicamente la lista de chequeo para mantener el control de limpieza e higiene de todas las operaciones que se realizan en el almacen, logrando asi mayores utilidades y se mejora la eficiencia.
4. Finalmente, el operador de la maquina: será el responsable de completar el formulario de mantenimiento autónomo, que incluye la limpieza, lubricación e inspección de las maquinas.
5. La empresa debe calcular sus KPI semanalmente, pero también debe hacerlo cada vez que realice o cambie algún elemento del proceso, ya que esto indicará si el cambio que se esta realizando marcara una diferencia en los resultados.

REFERENCIAS

APAZA, Hugo. 2020. *Eficiencia de la electrocoagulación en la remoción de materia orgánica de las aguas del río Torococha*. Revista Científica de Investigaciones Ambientales. Vol. 16 (9) pp. 1 – 11. Disponible en: <http://revistas.upsc.edu.pe/journal/index.php/RIAM/article/view/57/61> ISSN: 2617-6173.

BECERRA, Randy. 2020. *Manejo de residuos sólidos, una revisión sistemática de la literatura científica de los últimos 9 años*. Revista de la Universidad Privada del Norte. Vol. 11 (21) pp. 1 – 22. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23483/Becerra%20Romero%20Randy%20Omar.pdf?sequence=6&isAllowed=y> ISSN: 3124-4281.

BOYLE, Naguire. 2019. *Porcessoe & Impacts*. Revista Environmental Sciencie. Vol. 16 (10) pp. 2237 – 2248. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1039/c4em00376d> ISSN: 4215-4785.

CARRASQUERO, Sedolfo; TERÁN, Karen; MAS, Marielba y Colina, Gilberto. 2019. *Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes de las empresas pesqueras para su reutilización*. Revista Altiplano. Vol. 10 (2) pp. 122 – 139. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Impactocientifico/2015/no2/8.pdf> ISSN: 4125-3115.

CARREÑO, Uriel. 2021. *Design and evaluation of a biosystem water treatment pilot-scale tannery through Eichhornia crassipes*. Revista Colom. Biotecnol. Vol. 18 (2) pp. 74 – 81. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/52271/58101> ISSN: 4218-1211.

CARRILLO, Edgar; CASTILLA, Danery y HUARAYA, Froilan. 2020. *Modelo de un sistema de tratamiento para efluentes de la industria de curtiembre*. Revista de Investigaciones Journal. Vol. 9 (3) pp. 1 – 14. Disponible en: <http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/2278> ISSN: 2145-8741.

CASTAÑEDA, Aldo y FLORES, Hugo. 2019. *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México*.

Revista de Tecnología y Sociedad. Vol. 4 (5) pp. 45 – 55. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4990/499051554003.pdf> ISSN: 2007-3607.

CARVAJAL, Carel y ORTIZ, Beltran. 2020. *Proposal For Treatment Of Domestic Wastewater Implementing A Subsuperficial Flow Artificial Wetland Employing Bambusa sp On The Farm El Recreo In Tauramena, Casanare*. Revista Dialnet Plop. Vol. 4 (3) pp. 14 – 24. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6546150> ISSN: 1693-1399.

CHEBALLAH, Karima; SAHMOUNE, Amar; MESSAOUDI, Karima; DROUCHE, Nadjib y LOUNICI, Hakim. 2019. *Simultaneous removal of hexavalent chromium and COD from industrial wastewater by bipolar electrocoagulation*. Revista Journal Elsevier. Vol. 7 (13) pp. 54 – 72. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.cep.2015.08.007> ISSN: 7849-6445.

CONGEEVARAM, Shankar; DHANARANI, Sridevi; PARK, Joonhong; DEXILIN, Michael y THAMARAISELVI, Kaliannan. 2017. *Biosorption of chromium and nickel by heavy metal resistant fungal and bacterial isolates*. Revista Journal of Hazardous Materials. Vol. 14 (6) pp. 270 – 277. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jhazmat.2006.12.017> ISSN: 4215-9854.

CUESTA, Diana; VELAZCO, Carol y CASTRO, Julián. 2018. *Environmental assessment related to the sewage water discharge of a tannery company into Aburra river*. Revista UIS Ingenierías. Vol. 17 (2) pp. 141 – 152. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/8116/8182> ISSN: 1657-4583.

CURRO, María; MOLINA, Edith y ESTUPIÑAN, Andrea. 2022. *The Generation of Environmental Actions Promoted by Public Policies on Environmental Issues*. Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas. Vol. 11 (21) pp. 66 – 78. Disponible en: <https://www.ricsh.org.mx/index.php/RICSH/article/view/274/1090> ISSN: 2395-7972.

DE LA CRUZ, Luz y LOYOLA, Alexandra. 2021. *Manejo de residuos sólidos para el plan de gestión ambiental en el hospital Eldipio Berovidez Pérez, Otuzco, 2019*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Privada

Del Norte, Perú. Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29396/De%20la%20cruz%20Luz%20%26%20Loyola%20Venegas%20Alexandra%20pdf%20total.pdf?sequence=1>

DEL ÁNGEL, María. 2019. *Proposal for the integral management of urban solid waste and special management in a higher education institution*. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa. Vol. 4 (6) pp. 1 – 19. Disponible en: <https://www.paq.org.mx/index.php/PAG/article/view/671/860> ISSN: 2019-8412.

DÍAZ, Claudia y RODRÍGUEZ, Irma. 2020. *Formulación y diagnóstico del plan de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS)*. Revista Científica TEKNOS. Vol. 7 (12) pp. 100 – 105. Disponible en: <https://www.revistas-tecnologicocomfenalco.info/index.php/teknos/article/view/705/603> ISSN: 1248-7812.

DONDIZ, Romero; ALMAZÁN, Emerlin; RAJAL, Vidaurre. 2018. *Removal of vegetable tannins to recover water in the leather industry by ultrafiltration polymeric membranas*. Revista Chemical Engineering Research and Design. Vol. 4 (3) pp. 1 – 27. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.cherd.2014.06.022> ISSN: 3456-4875.

FERRO, Daniel; CASTIBLANCO, Jeimmy; AGUDELO, Rafael y RUIS, Lida. 2019. *Evaluación de un sistema de centrifugación para el secado de lodos generados en el tratamiento de aguas residuales en la curtiembre El Escorpión del municipio de Villapinzón, Cundinamarca*. Revista Universidad Distrital Francisco José. Vol. 20 (9) pp. 1245-8712. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/vinculos/article/view/15188/15394> ISSN: 1794-211X.

GALARRETA, María. 2017. *Plan de manejo de residuos sólidos en un municipio*. Revista de Osinergmin. Vol. 4 (5) pp. 16 – 22. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Programa-de-Ecoeficiencia/2017/Plan-manejo-residuos-solidos-2017.pdf ISSN: 2451-3216.

GARCÍA, Raúl; SOCORRO, Nelida y MALDONADO, Renato. 2020. *Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos*. Revista Científica de

la Universidad de Cienfuegos. Vol. 11 (1) pp. 265 – 271. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1121/1181> ISSN: 1245-5412.

GNAVI, Giorgio; GARZOLL, Laura; POLI, Anna; PRIGIONE, Valeria; BURGAUD, Gaetan; VARESE, Giovanna. 2017. *The culturable mycobiota of Flabellia petiolata: First survey of marine fungi associated to a Mediterranean green alga*. Revista Reserach Article. Vol. 12 (4) pp. 1 – 20. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1371/journal.pone.0175941> ISSN: 4578-6254.

GOVINDARAJAN, Randi; REVATHI, Seemaisamy; RAMESHKUMAR, Neelamegan; KRISHNAN, Muthukalingan y KAYALVIZHI, Nagarajan. *Microbial tannase: Current perspectives and biotechnological advances*. Revista Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. Vol. 12 (4) pp. 45 – 60. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.bcab.2016.03.011> ISSN: 4578-2245.

GUZMÁN, Mauricio y MACÍAS, Carmen. 2020. *The management of municipal solid waste: an anthropological approach. The case of San Luis Potosí, México*. Revista SciELO de México. Vol. 20 (39) pp. 174 – 187. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009 ISSN: 0188-4557.

HERNÁNDEZ, Salvador; SÁNCHEZ, Edgar; Francois, Jean y DÍAZ, Lourdes. 2019. *Análisis de un Proceso de Tratamiento de Efluentes para Producción pesquera*. Revista Science Direct. Vol. 11 (14) pp. 236 – 246. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.riai.2014.02.006> ISSN: 2451-4587.

KUMAR, Anil y MUKESH, Martín. 2019. *Treatment of Waste from Metal Processing and Electrochemical Industries*. Revista Biotreatment of Industrial Effluents. Vol. 44 (12) pp. 145 – 155. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/B978-075067838-4/50014-2> ISSN: 4578-6244.

LARA, Damián. 2017. *Estudio de Impacto Ambiental Ex – Post y formulación de un Plan de Manejo Ambiental para el Botadero de basura del ángel*. Revista SciELO de México. Vol. 10 (19) pp. 84 – 97. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/115/9/03%20REC%2093%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf> ISSN: 2145-4127.

MASS, Karen y MEDRANO, Yenifer. 2019. *Tratamiento de aguas residuales a partir de digestión Anaerobia*. Revista Journal México. Vol. 45 (3) pp. 1 – 17. disponible en:

[http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2362/1/Tratamiento%20de%20aguas%20residuales Karen%20Mass%20Manga USBCTG 2014.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2362/1/Tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20Karen%20Mass%20Manga%20USBCTG%202014.pdf)

MIBEL, Diego. 2018. *Elaboración del plan de manejo de residuos sólidos para el Distrito de Vice, Provincia Sechura, 2017*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Católica Sedes Spientiae, Perú. Disponible en: https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/544/Correa_Diego_tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MOHAMMED, Kemal y SAHU, Omprakash. 2019. *Recovery of chromium from tannery industry waste water by membrane separation technology: Health and engineering aspects*. Revista Journal Elsevier. Vol. 4 (3) pp. 1 – 9. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.sciaf.2019.e00096> ISSN: 3164-7912.

MURO, Claudia; ESCOBAR, Jesús; ZAVALA, Rosa; ESPARZA, Mario; CASTELLANOS, Jesús; GÓMEZ, Rosa y GARCÍA, Magdalena. 2019. *Assessment of the microfiltering process of a food industry effluent for its reuse*. Revista SciELO de México. Vol. 25 (4) pp. 145 – 165. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000400003 ISSN: 0188-4999.

NIDHEESH, Pablo; KUMAR, Abhijeet; BABU, Syam; SCARIA, Jaimy y JUMAR, Suresh. 2020. *Treatment of mixed industrial wastewater by electrocoagulation and indirect electrochemical oxidation*. Revista Chemosphere. Vol. 45 (12) pp. 1 – 10. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.chemosphere.2020.126437> ISSN: 7815-1245.

NIÑO, Ángela; TRUJILLO, Juan y NIÑO, Adriana. 2019. *Gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Villavicencio. Una mirada desde los grupos de interés: empresa, estado y comunidad*. Revista Luna Azul. Vol. 44 (2) pp. 177 – 187. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321750362011.pdf> ISSN: 1909-2474.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Lean Manufacturing	El Lean Manufacturing es una metodología de mejora continua que permite perfeccionar el proceso productivo solificándose en reconocer y acentuar todo tipo de despilfarro que se encuentran en un determinado proceso (Madariaga, 2013, p.13)	Para realizar una correcta aplicación del Lean manufacturing se utilizarán 3 etapas definidas, siendo la primera etapa denominada "Diagnóstico", en donde se efectúa la herramienta conocida como VSM o mapa de flujo de valor, con la finalidad de tener una visión global de los procesos que se realizan para fabricar los tanques de almacenamiento. En la segunda etapa, denominada "Aplicación", inicia con la aplicación de las 5S y finaliza con la utilización del mantenimiento productivo total (TPM). Por último, en la tercera etapa denominada "Seguimiento", se efectuará un mapa de flujo de valor futuro con la finalidad de visualizar los cambios efectuados como producto de la implementación.	D₁: Diagnóstico	$Takt\ time = \frac{(Tiempo\ útil) * Disp\%}{Demanda - (Demanda * scrap\%)}$	Razón
				Actividades que no agregan valor (VSM)	Nominal
				Tiempo de ciclo total (VSM)	Razón
				Análisis de las causas raíces (Diagrama de Ishikawa)	Nominal
				Matriz de impacto de las causas raíces	Razón
			D₂: Aplicación	$\% \text{ de variación del cumplimiento de las 5S's} = \frac{\% 5s\ final - \% 5s\ inicial}{\% 5s\ inicial}$	Razón
				$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTFB + MTTR}$	Razón
				Actividades que no agregan valor (VSM)	Nominal
			D₃: Seguimiento	Tiempo de ciclo total (VSM)	Razón

Dependiente: Productividad	<p>La conexión entre la cantidad de productos elaborados en un proceso de transformación y el número de factores productivos empleados. Los resultados obtenidos pueden enumerarse en bienes producidos, rentabilidad, entre tanto, los recursos empleados pueden determinarse en base a la cantidad de horas hombre, materia prima utilizada, tiempo total, entre otros (Gutiérrez, 2014, p.21).</p>	<p>La productividad se medirá mediante 2 componentes esenciales: eficiencia y eficacia. La primera medida por la relación del precio de venta y el costo real que se incurre para fabricar el tanque de almacenamiento. Mientras tanto, la eficacia se medirá por el cumplimiento de los pedidos dentro de un determinado plazo establecido. Finalmente, se medirá la productividad de mano de obra, que establece la relación de la cantidad de tanques fabricados y las horas hombre empleadas.</p>	<p>D1: Eficiencia económica</p> $\text{Efi. eco.} = \frac{\text{Precio del tanque}}{\text{Costo de producción}}$	Razón
			<p>D2: Eficacia</p> $\text{Eficacia} = \frac{\text{Tiempo planificado}}{\text{Tiempo utilizado}}$	Razón
			<p>D3: Productividad de mano de obra</p> $P(\text{mo}) = \frac{\text{Producción}}{\text{Total Horas Hombre}}$	Razón

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Validación de los instrumentos de recolección de datos (variable independiente)

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, ERIC ALFONSO CANEPA MONTALVO con DNI N° 09850211 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL con código CIP 205930, ejerciendo actualmente como DOCENTE PARCIAL DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable independiente (Lean Manufacturing): Matriz de impacto de las causas raíces y eficiencia global de los equipos, a los efectos de su aplicación para un mejor control de los procesos en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente “1”, aceptable “2”, Bueno “3” y excelente “4”.

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de contenido			X	
Redacción de los ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

En Nuevo Chimbote, a los 22 días del mes de Noviembre del año 2021.



ERIC ALFONSO
CANEPA MONTALVO
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 205930

Sello y firma del validador

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, VICTOR MARTIN REINOSO DE LA ROSA con DNI N° 47899961 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL con código CIP 229895, ejerciendo actualmente como SUPERVISOR SSO EN HAYDUK.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable independiente (Lean Manufacturing): Matriz de impacto de las causas raíces y eficiencia global de los equipos, a los efectos de su aplicación para un mejor control de los procesos en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 25 días del mes de Noviembre del año 2021.



Sello y firma del validador

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan., con DNI N° 32788460 de profesión Ingeniero en Energía con código CIP 72486, ejerciendo actualmente como Docente Universitario en la Universidad Cesar Vallejo y Universidad Nacional del Santa.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable dependiente (Productividad): Formato de eficiencia económica, formato de eficacia y formato de productividad de mano de obra; a los efectos de su aplicación al personal que labora en Famet Hm E.I.R.L

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 26 días del mes de noviembre del año 2021.



Sello y firma del validador

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan
INGENIERO EN ENERGÍA
C.I.P. 72486

Tabla 15. Calificación 1 del Ing. Erik Alfonso Canepa Montalvo

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Calificación 1 del Ing. Víctor Martín Reinoso de la Rosa

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Calificación 1 del Ing. Roberth Fabían Guevara Chinchayan

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Consolidado 1 de calificación de expertos

Experto	Calificación de validez	Calificación %
Ing. Eric Alfonso Canepa Montalvo	15	75.00
Ing. Víctor Martín Reynoso de la Rosa	20	100.00
Ing. Roberth Fabián Guevara Chinchayan	20	100.00
Calificación	18.33	91.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Escala 1 de validez de Instrumento

Escala	Indicador
0.00 - 0.53	Validez nula
0.54 - 0.59	Validez baja
0.60 - 0.65	Valida
0.66 - 0.71	Muy valida
0.72 - 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Oseda y Ramírez, 2011, p.154

Anexo 3. Validación de los instrumentos de recolección de datos (variable dependiente)

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, ERIC ALFONSO CANEPA MONTALVO con DNI N° 09850211 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL con código CIP 205930, ejerciendo actualmente como DOCENTE PARCIAL DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable dependiente (Productividad): Formato de eficiencia económica, formato de eficacia y formato de productividad de mano de obra; a los efectos de su aplicación al personal que labora en Famet Hm E.I.R.L

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente “1”, aceptable “2”, Bueno “3” y excelente “4”.

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de contenido			X	
Redacción de los ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

En Nuevo Chimbote, a los 22 días del mes de Noviembre del año 2021.



ERIC ALFONSO
CANEPA MONTALVO
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 205930

Sello y firma del validador

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, VICTOR MARTIN REINOSO DE LA ROSA con DNI N° 47899961 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL con código CIP 229895, ejerciendo actualmente como SUPERVISOR SSO EN HAYDUK.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable dependiente (Productividad): Formato de eficiencia económica, formato de eficacia y formato de productividad de mano de obra; a los efectos de su aplicación al personal que labora en Famet Hm E.I.R.L

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 25 días del mes de Noviembre del año 2021.



HAYDUK
C. S. R. L.
DNI. VICTOR MARTIN REINOSO DE LA ROSA
SUPERVISOR SSO
CIP 229895

Sello y firma del validador

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan., con DNI N° 32788460 de profesión Ingeniero en Energía con código CIP 72486, ejerciendo actualmente como Docente Universitario Universidad Cesar Vallejo y Universidad Nacional del Santa.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos pertenecientes a la variable independiente (Lean Manufacturing): Matriz de impacto de las causas raíces y eficiencia global de los equipos, a los efectos de su aplicación para un mejor control de los procesos en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", Bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote, a los 26 días del mes de noviembre del año 2021.

Sello y firma del validador

Abg. Robert Fabian Guevara Chinchayan
INGENIERO EN ENERGÍA
C.I.P. 72486

Tabla 20. Calificación 2 del Ing. Erik Alfonso Canepa Montalvo

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Calificación 2 del Ing. Víctor Martín Reinoso de la Rosa

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Calificación 2 del Ing. Roberth Fabián Guevara Chinchayan

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
Total					20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Consolidado 2 de calificación de expertos

Experto	Calificación de validez	Calificación %
Ing. Eric Alfonso Canepa Montalvo	15	75.00
Ing. Víctor Martín Reynoso de la Rosa	20	100.00
Ing. Roberth Fabián Guevara Chinchayan	20	100.00
Calificación	18.33	91.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Escala 2 de validez de Instrumento

Escala	Indicador
0.00 - 0.53	Validez nula
0.54 - 0.59	Validez baja
0.60 - 0.65	Valida
0.66 - 0.71	Muy valida
0.72 - 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Oseda y Ramírez, 2011, p.154

Anexo 4. Autorización para el desarrollo del proyecto de investigación

EMPRESA FAMET HM E.I.R.L.

RUC: 20600550161

Av. Indoamérica Manuel Arévalo III Mz. C45 LT. 41 / La Libertad- La esperanza – Trujillo

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Trujillo, 24 Noviembre del 2021

ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Mario Coronel Chamache, identificado con DNI N° 45856523, Representante Legal de la empresa FAMET HM E.I.R.L. con RUC N° 20600550161, ubicado en Av. Indoamérica Manuel Arévalo III Mz. C45 LT. 41 / La Libertad- La esperanza – Trujillo; digo:

AUTORIZO, a los estudiantes Bazan Coronel, Ying Jean Paul, identificado con DNI N.º 75022316 y Torres Flores, Oscar Raul, identificado con DNI N.º 70601813 de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, en calidad de los autores para poder realizar su proyecto de investigación titulado:

"Aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la fabricación de tanques en Famet Hm E.I.R.L.- Trujillo 2021", para la cual se les brinda los datos de la empresa, así como las facilidades para la ejecución y aplicación del proyecto de investigación.


Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que se estime conveniente



FAMET HM E.I.R.L.
Mario Coronel Chamache
GERENTE GENERAL

Firma y sello

Anexo 5. Datos para el cálculo del Takt Time durante el periodo de pre-prueba

FORMATO PARA DETERMINAR EL TAKT TIME		
	Código: 15158,15164, 15168, 15170, 15171 y 15172	
	Fecha de inicio de pre-prueba: 2/09/2021	
	Fecha de fin de pre-prueba: 31/12/2021	
	Realizado por: Bazán, Ying y Torres, Oscar	
Criterios	Cantidad	Unidades
Producción	68.38	m2/tanque
Días programados	13.5	Días/tanque
Porcentaje de scrap	3	%

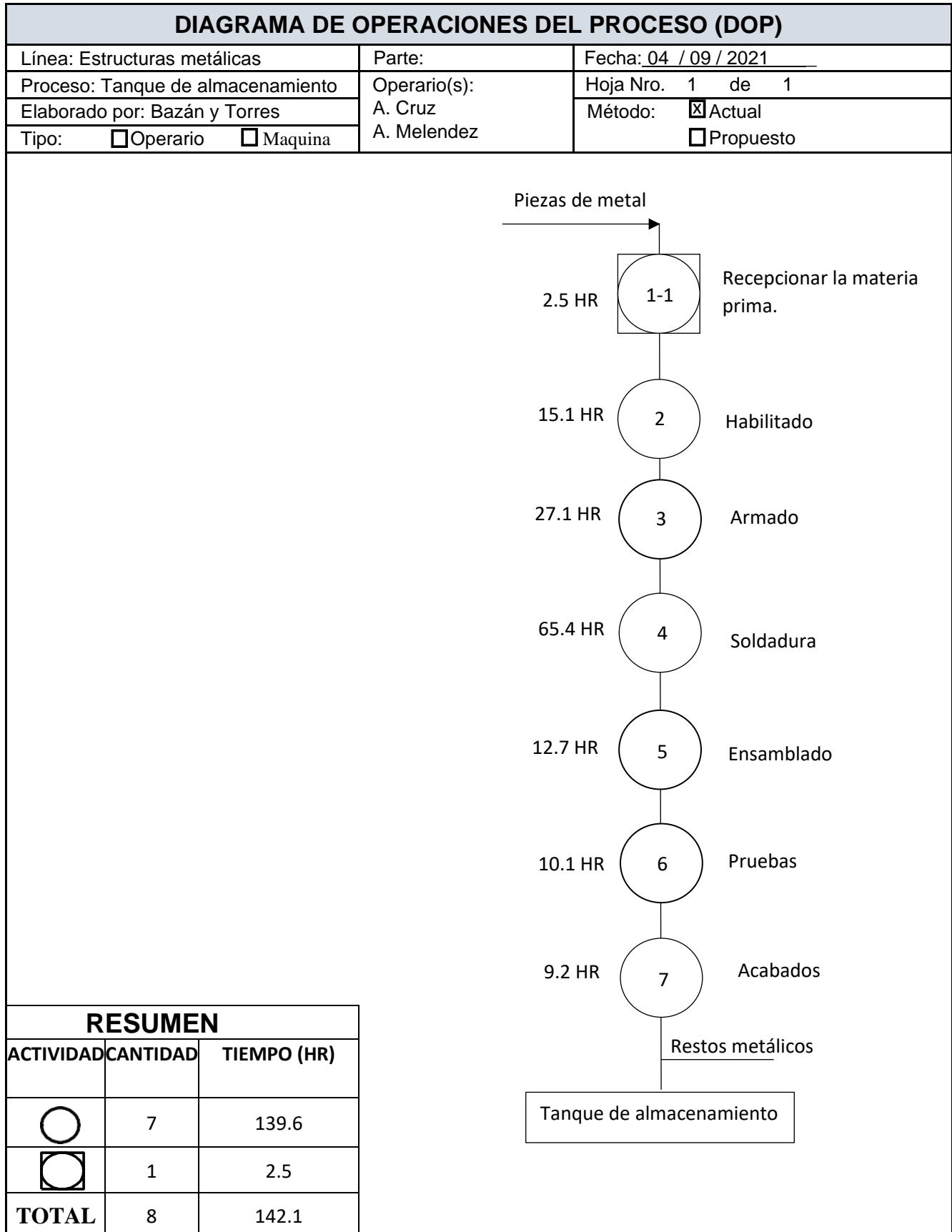
Fuente: Área de producción

Tabla 25. Cálculo del Takt Time para los proyectos elaborados (tanques) durante el periodo de pre-prueba

Código	Cliente	Fecha Inicio	Fecha Fin	Días programados	Producción (m2/tanque)	% SCRAP	Takt Time (m2/día)
15158	Centinela	2-Set	21-Set	13	71.58	2.0%	5.40
15164	Copinca F	22-Set	9-Oct	14	64.97	3.0%	4.50
15168	Jada	11-Oct	30-Oct	13	64.97	3.0%	4.85
15170	Copeinca P	1-Nov	20-Nov	15	78.79	2.5%	5.12
15171	Diamante	24-Nov	11-Dic	13	64.97	3.5%	4.82
15172	Jada	14-Dic	31-Dic	13	64.97	4.0%	4.80
Promedio				13.50	68.38	3.0%	4.91

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. DOP y DAP del proceso de elaboración de un tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (DAP)

Línea: Estructuras metálicas	Parte:	Fecha: 04 / 09 / 2021
Proceso: Tanque de almacenamiento	Operario (s): A. Cruz A. Melendez	Hoja Nro. 1 de 1
Elaborado por: Bazán y Torres		Método: <input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto

Descripción	Tiempo (hr)	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones
			○	□	○	➡	▽	
Recepción de la materia prima	2.5		●					
Selección de los materiales a utilizar	1		●					
Traslado al área de habilitado	0.5	30	●					
Pesado de la materia prima	4		●					
Habilitado	9.6		●					
Traslado al área de armado	1	35.4	●					
Armado de láminas de acero	24.1		●					
Selección de piezas (accesorios)	2		●					
Traslado al área de soldadura	5.4	25.2	●					
Soldadura del cuerpo	60		●					
Traslado al área de ensamblado	4	18	●					
Ensamblado del cuerpo	6		●					
Ensamblado de los accesorios al cuerpo	2.7		●					
Pruebas de presión hidrostática	10.1		●					
Traslado al área de acabados	2.5	7.2	●					
Acabados en tanques de almacenamiento	6.7		●					
Total	142.1	115.8	11	0	0	4	0	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Datos para la elaboración del mapa de flujo de valor (VSM)

Tabla 26. *Tiempos de procesamiento por cada actividad en promedio*

Código	Cliente	Fecha Inicio	Fecha Fin	Tiempos de procesamiento					
				Habilitado (HR.)	Armado (HR.)	Soldadura (HR.)	Ensamblado (HR.)	Pruebas (HR.)	Acabados (HR.)
15158	Centinela	2-Set	21-Set	15.4	27.6	65.7	12.7	10.5	9.5
15164	Copinca F	22-Set	9-Oct	14.7	26.8	65.9	11.6	9.9	8.5
15168	Jada	11-Oct	30-Oct	14.9	26.9	65.3	11.9	10.1	8.4
15170	Copeinca P	1-Nov	20-Nov	16.0	28.3	67.1	13.7	11	9.8
15171	Diamante	24-Nov	11-Dic	15.1	26.6	65.1	12.5	9.5	8.9
15172	Jada	14-Dic	31-Dic	15.6	27.9	66.2	12.4	10.7	9.3
Promedio				15.3	27.4	65.9	12.5	10.3	9.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. *Datos recolectados para el mapa de flujo de valor*

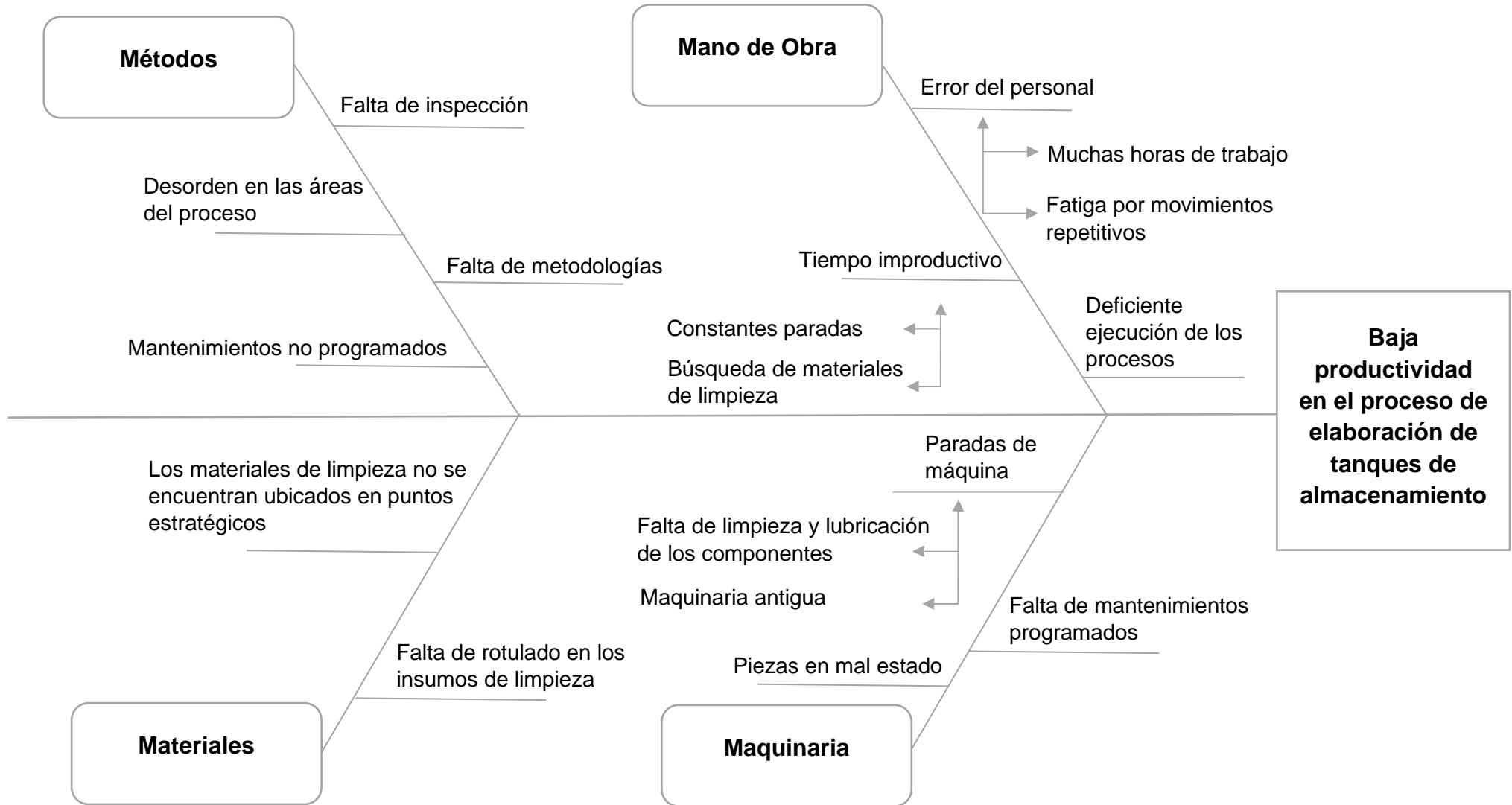
Actividades	Tiempo de producción	Número de trabajadores	Días trabajados	Producción (m2/tanque)	Tiempo de ciclo (m2/día)
Habilitado	15.3	3	16.83	71.58	4.25
Armado	27.4	3			
Soldadura	65.9	4			
Ensamblado	12.5	3			
Pruebas	10.3	2			
Acabado	9.1	1			

Fuente: Elaboración propia

Metodologías establecidas	Se aplican formatos de producción	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Se cuenta con un programa de mantenimientos preventivos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Existe un monitoreo constante de las actividades	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mano de obra	Se encuentran capacitados	x	x	x									
	Conocen el proceso	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Maquinaria	Se limpian las máquinas y equipos antes de utilizarlos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Se inspeccionan los equipos con frecuencia	x	✓	x	x	x	x	✓	x	x	✓	✓	✓
	Existen paradas no programadas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Indicadores de productividad antes de la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing

Tabla 41. Datos recolectados para el cálculo de los indicadores

Código	Cliente	Fecha Inicio	Fecha Fin	Tiempo programado	Tiempo real	Eficacia (%)	Precio de Venta (S/.)	Monto Cotizado (S/.)	Costo Real (S/.)	Eficiencia Económica	Área del tanque (M2)	Total trabajadores	Productividad
15158	Centinella	2-Set	21-Set	13	17	76.47 %	11820	9810	10105	1.17	71.58	16	0.526
15164	Copinca F	22-Set	9-Oct	14	16	87.50 %	10320	9300	9540	1.08	64.97	15	0.508
15168	Jada	11-Oct	30-Oct	13	17	76.47 %	10460	9450	9590	1.09	64.97	16	0.478
15170	Copeinca P	1-Nov	20-Nov	15	18	83.33 %	12540	10501	10760	1.17	78.79	17	0.547
15171	Diamante	24-Nov	11-Dic	13	16	81.25 %	10480	9400	9610	1.09	64.97	16	0.508
15172	Jada	14-Dic	31-Dic	13	17	76.47 %	10775	9970	10209	1.06	64.97	16	0.478
PROMEDIO						80.25				1.11			0.507

Fuente: Elaboración propia

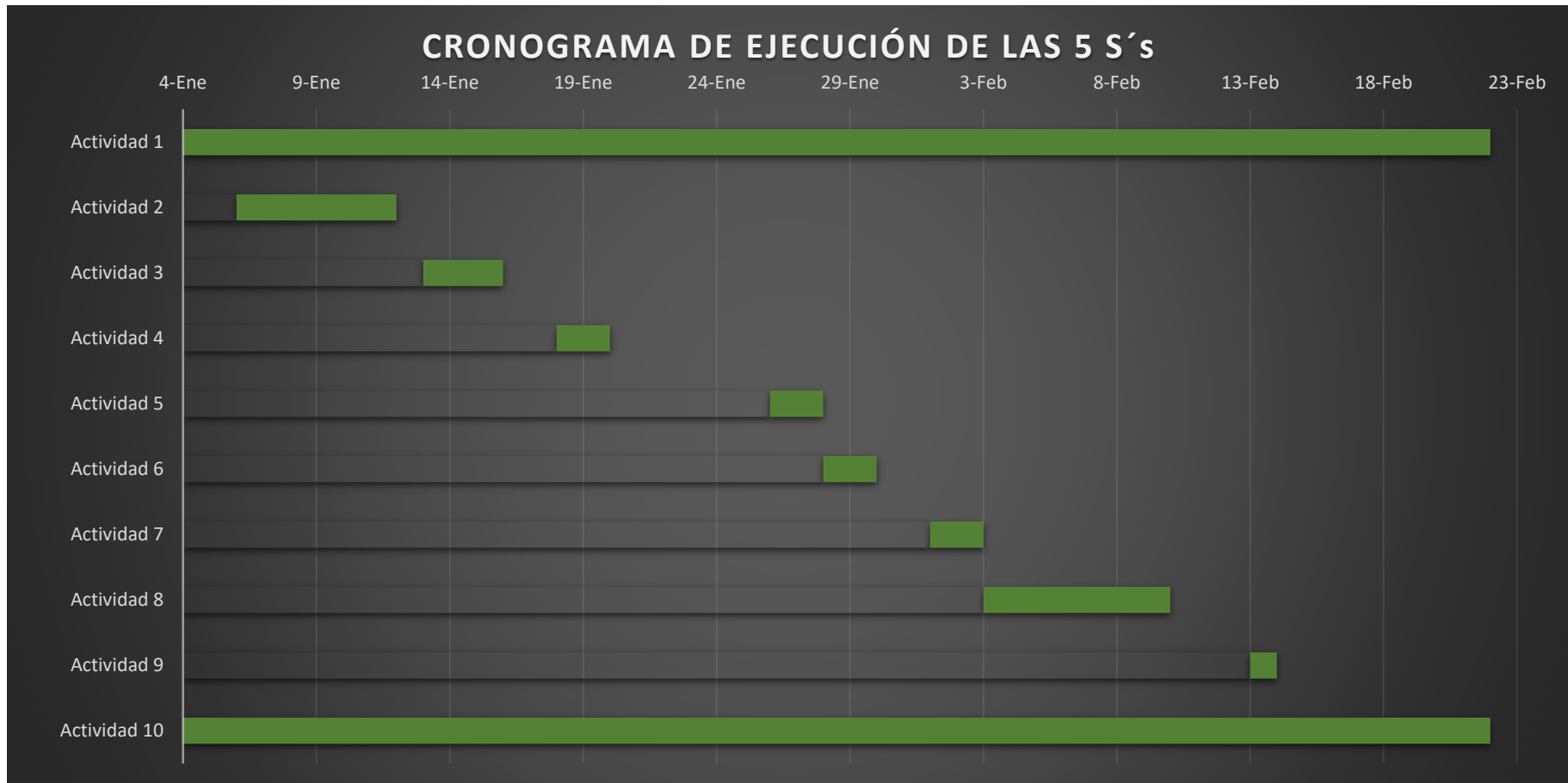
Anexo 11. Cronograma de ejecución de las 5S's

Tabla 28. Plan de acción de la metodología 5S's

Actividades	Ítem	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha de finalización
Recorrido del proceso	Actividad 1	4-Ene	49	22-Feb
Aplicación de las tarjetas rojas (Aplicación de la 1° S)	Actividad 2	6-Ene	6	12-Ene
Ejecutar la acción sugerida mediante las tarjetas (Aplicación de la 2° S)	Actividad 3	13-Ene	3	16-Ene
Aplicación de las encuestas para determinar el estado de la limpieza e higiene de las áreas (Aplicación de la 3° S)	Actividad 4	18-Ene	2	20-Ene
Colocación de percheros en las paredes	Actividad 5	26-Ene	2	28-Ene
Colocación de productos de limpieza en los percheros	Actividad 6	28-Ene	2	30-Ene
Rotulado de los insumos de limpieza y señalización	Actividad 7	1-Feb	2	3-Feb
Elaboración de la política de orden y limpieza (Aplicación de la 4° S)	Actividad 8	3-Feb	7	10-Feb
Capacitación a los trabajadores (1° y 2° fecha)	Actividad 9	13-Feb	1	14-Feb
Recolección de datos para el Checklist	Actividad 10	4-Ene	49	22-Feb

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Plan de acción de la metodología 5S's



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Tarjetas rojas

TARJETA ROJA

FECHA 12 / 01 / 2022

ÁREA Mantenimiento

CANTIDAD (1)

ACCIÓN SUGERIDA

REUBICAR

REPARAR

ELIMINAR

COMENTARIO Solandino RX
200 - Mag. Soldar, suele
funcionar de vez en cuan-
do

FECHA FINAL 14 / 01 / 2022

Anexo 13. Elementos, materiales y equipos de los materiales encontrados

INVENTARIO					Código:	01
					Versión:	01.2021
Item	Descripción	Cant	N	I	Observación – Acción final	
1	Brocas de 1/4 "	2		x	Rota (Eliminar)	
2	Brocas de 3/8 "	2		x	Rota (Eliminar)	
3	Brocas de 3/16 "	5		x	Esta oxidada (Eliminar)	
4	Brocas de 3/32 "	5		x	Esta oxidada (Eliminar)	
5	Brocas de 3/64 "	4	x			
6	Soldadora Miller XMT 350	1	x			
7	Soldadora Miller XMT 450	1	x			
8	Soldadora Miller XMT 425	1	x			
9	Soldadora Solandina TC 230	1	x			
10	Soldadora Solandina RX 200	1		x	Suele funcionar de vez en cuando. (Mantenimiento)	
11	Soldadora Solandina TC 300	1		x	El gancho de electrodo se encuentra en mal estado. (Mantenimiento)	
12	Soldadora Esab 250	1	x			
13	Soldadora Esab 160	1		x	No se encuentra su cable a tierra. (Mantenimiento)	
14	Soldadora Powermar con tierra	1	x			
15	Máquina fresadora	1		x	Esta malograda, segunda mano y escaso uso (Eliminar)	
16	Manómetro regulador de oxígeno	1	x			
17	Balón de gas	1	x		Necesita recarga	
18	Oxígeno de 10 m3	1	x			
19	Oxígeno de 20 m3	1	x		Requiere recarga	
20	Electrodos E6011 5/32"	2	x			
21	Electrodos E6011 1/8"	5	x			
22	Electrodos E309 1/8"	2	x			
23	Electrodos tig	2	x			
24	Pantalla luminosa 200 w	1		x	Las pantallas están rotas. (Eliminar)	
25	Pantalla luminosa 400 w	1	x			
26	Caja de lunas blancas	1	x			
27	Caja de lunas negras	1	x			
28	Caja de discos de desbaste 4 1/2"	1	x			
29	Caja de discos de desbaste 7"	1	x			
30	Caja de discos de corte 7"	1	x			
31	Caja de discos de corte 4 1/2"	1	x			
32	Máquina de oxicorte	1	x			
33	Chupona hembra monofásico	6	x			
34	Chupón macho monofásico	6	x			
35	Tubos de fierro	6		x	Retazos oxidados (Eliminar)	
36	Sacabocado	1		x	Oxidado (Eliminar)	
37	Empaquetadura neopreno	1		x	Nunca se utiliza, lleva 1 año almacenado (Eliminar)	
38	Llave de 15/16"	2	x			
39	Cizalla	1	x			
40	Pie de rey o vernier	1	x			
41	Nivel grande	1	x			
42	Nivel chico	1	x			
43	Escarpines de soldador	4	x			
44	Respiradores 3m	3	x			
45	Caja de respiradores descartables	1	x			
46	Soga	1	x			
47	Gorra o cofia	1	x			
48	Anclaje de montacargas	1		x	Oxidado (Eliminar).	
49	Llave de 13/16"	1		x	Esta oxidada (Eliminar).	
50	Trozos de madera	3		x	Retazos sin uso (Eliminar)	
51	Caja de tizas de soldar	1	x			

52	Amoladora baby bosh	1	x		
53	Amoladora baby Dewalt	1	x		
54	Amoladora de 7"	1	x		
55	Soplete	1	x		
56	Accesorios de soplete	1	x		
57	Destornillador plano	2	x		
58	Destornillador estrella	3	x		
59	Doble destornillador	1	x		
60	Escuadra de tope 24	1	x		
61	Escuadra de tope 12	1	x		
62	Tenaza	1	x		
63	Chupón hembra trifásico	2		x	Chupón roto (Eliminar).
64	Gorra o cofia	1	x		
65	Disco de limpieza de 4 1/2"	3	x		
66	Paquete de hojas bond	1	x		
67	Guardas de cortadora	2	x		
68	Plumones indelebles	3	x		
69	Sogas	2	x		
70	Retazos de madera	6		x	Retazos sin uso (Eliminar)
71	Restos metálicos	7		x	Oxidados y sin uso (Eliminar)
72	Pie de rey	1		x	Oxidado, no se distinguen los números (Eliminar)
73	Árnés	2		x	Quemados por soldadura (Eliminar)
74	Pantalones talla 32	3	x		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14. Cuestionario aplicado a los trabajadores – 3ra S



CUESTIONARIO

Buenos días/tardes, somos estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial del 10º ciclo de la Universidad César Vallejo, el objetivo del presente cuestionario es obtener datos e información que sea de importancia para el desarrollo de la investigación.

Entrevistado (a): Diogenes Perez Vera

Cargo: Jeefe de mantenimiento

Nombre de la empresa: Fomet HM C.I.R.L





Entrevistador (a): Ying Bazán Coronel





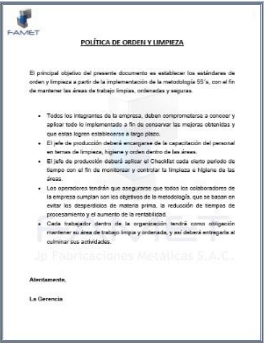
Coloque una (x) según la respuesta que se ajuste a la realidad de la empresa

PREGUNTAS	CUMPLIMIENTO	
	SÍ	NO
¿Su área cuenta con productos de limpieza?	X	
¿Los productos de limpieza se encuentran rotulados?	X	
¿Cada área cuenta con una escoba, un recogedor, jalador de agua y escobilla?	X	
¿Los materiales de limpieza, mencionados con anterioridad, se encuentran ubicados dentro de cada una de las áreas?		X
¿Existen zonas debidamente identificadas para colocar estos materiales de limpieza?		X
¿La empresa posee material de limpieza exclusivo para la limpieza de cada una de las máquinas?	X	


FIRMA DEL ENTREVISTADO

Anexo 15. Fotografías de la Implementación de la metodología 5S's

FAMET FM E.I.R.		REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES					Fecha: 01/02/2022		
							Página: 1 de 2		
OBSERVACIÓN REGISTRADA						LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIÓN			
Nº	Área	Etapa	Descripción de la observación	Acción correctiva propuesta	Responsables	Evidencias	Fecha	Acción correctiva efectuada	Evidencias
1	Producción y almacén	1ª S: Clasificación	Durante el primer del as áreas de producción y almacén, se observó desorden en las diversas y falta de limpieza	A través de las tarjetas rojas, se propueso la reubicación, reparación y eliminación de los elementos observados	Torres Oscar Bances Yíng		10/01/2022	Colocación de tarjetas rojas para la observación de los elementos	
2		2 da S: Orden	A través de un listado se datallaron aquellos elementos que fueron ordenados	La decisión final de los elementos fue tomada a partir de un diagrama de flujo, por ejemplo, en la siguiente imagen se muestran una serie de elementos que no correspondían al área	Torres Oscar Bances Yíng		21/01/2022	Con ayuda del diagrama de flujo se determinó que dichos elementos debían ser eliminados	

3		3 ^{da} S: Limpieza	Se observó que las escobas y recogedores no se encontraban en un punto específico y esto dificultaba la búsqueda de dichos materiales de limpieza	Se sugirió colocar los materiales de limpieza en percheros	Torres Oscar Bances Ying		21/01/ 2022	Se colocaron los materiales de limpieza en percheros y a su vez se rotularon los mismos para facilitar la actividad de limpieza en las áreas																																																																																																																																																																										
4		4 ^{ta} S: Estandarización	No existía una política direccionada al orden y la limpieza de la línea de proceso, tampoco se les brindaba capacitaciones a los trabajadores.		Torres Oscar Bances Ying		26/02/ 2022	Se realizó una política para establecer un sistema de orden y limpieza en las áreas. Se capacitó a los trabajadores de la planta.																																																																																																																																																																										
5		5 ^{ta} S: Disciplina	No se aplicaba un Checklist sobre el cumplimiento de los criterios de las 5S's, tampoco existía una política referente al orden y la limpieza.		Torres Oscar Bances Ying		26/02/ 2022	Se aplicó un Checklist en la línea, durante el diagnóstico y durante la etapa final de la aplicación de las herramientas.	<table border="1" data-bbox="1700 1018 2083 1246"> <thead> <tr> <th rowspan="2">De inspección</th> <th rowspan="2">Criterio de evaluación y parámetros de 5S</th> <th colspan="2">5S</th> <th colspan="2">6S</th> <th colspan="2">7S</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">Orden (5S)</td> <td>Se trabaja con el material para evitar desperdicio</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>El trabajo debe ser ordenado en una línea o en un área específica</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Todos los materiales deben estar etiquetados o identificados</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios de cualquier contaminación</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>El área de trabajo debe estar limpia y libre de cualquier contaminación</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Orden (6S)</td> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran etiquetados y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Limpieza (7S)</td> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Los materiales se encuentran limpios y ordenados</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	De inspección	Criterio de evaluación y parámetros de 5S	5S		6S		7S		1	2	3	4	5	6	7	8	Orden (5S)	Se trabaja con el material para evitar desperdicio	1	1	1	1	1	2	2	2	2	El trabajo debe ser ordenado en una línea o en un área específica	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Todos los materiales deben estar etiquetados o identificados	1	1	1	1	1	2	2	2	2	Los materiales se encuentran limpios de cualquier contaminación	1	1	1	1	1	2	2	2	2	El área de trabajo debe estar limpia y libre de cualquier contaminación	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Orden (6S)	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran etiquetados y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	1	1	1	1	1	2	2	2	2	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Limpieza (7S)	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	1	1	1	1	1	2	2	2	2
De inspección	Criterio de evaluación y parámetros de 5S	5S		6S		7S																																																																																																																																																																												
		1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																																									
Orden (5S)	Se trabaja con el material para evitar desperdicio	1	1	1	1	1	2	2	2	2																																																																																																																																																																								
	El trabajo debe ser ordenado en una línea o en un área específica	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Todos los materiales deben estar etiquetados o identificados	1	1	1	1	1	2	2	2	2																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios de cualquier contaminación	1	1	1	1	1	2	2	2	2																																																																																																																																																																								
	El área de trabajo debe estar limpia y libre de cualquier contaminación	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
Orden (6S)	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran etiquetados y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	1	1	1	1	1	2	2	2	2																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
Limpieza (7S)	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	2	2	2	2	2	3	3	3	3																																																																																																																																																																								
	Los materiales se encuentran limpios y ordenados	1	1	1	1	1	2	2	2	2																																																																																																																																																																								

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Política de orden y limpieza – Etapa de Estandarización



VERSIÓN 01.2022

POLÍTICA DE ORDEN Y LIMPIEZA

El principal objetivo del presente documento es establecer los estándares de orden y limpieza a partir de la implementación de la metodología 5S's, con el fin de mantener las áreas de trabajo limpias, ordenadas y seguras.

- Todos los integrantes de la empresa, deben comprometerse a conocer y aplicar todo lo implementado a fin de conservar las mejoras obtenidas y que estas logren establecerse a largo plazo.
- El jefe de producción deberá encargarse de la capacitación del personal en temas de limpieza, higiene y orden dentro de las áreas.
- El jefe de producción deberá aplicar el Checklist cada cierto periodo de tiempo con el fin de monitorear y controlar la limpieza e higiene de las áreas.
- Los operadores tendrán que asegurarse que todos los colaboradores de la empresa cumplan con los objetivos de la metodología, que se basan en evitar los desperdicios de materia prima, la reducción de tiempos de procesamiento y el aumento de la rentabilidad.
- Cada trabajador dentro de la organización tendrá como obligación mantener su área de trabajo limpia y ordenada, y así deberá entregarla al culminar sus actividades.

Jp Fabricaciones Metálicas S.A.C.

Atentamente,

La Gerencia

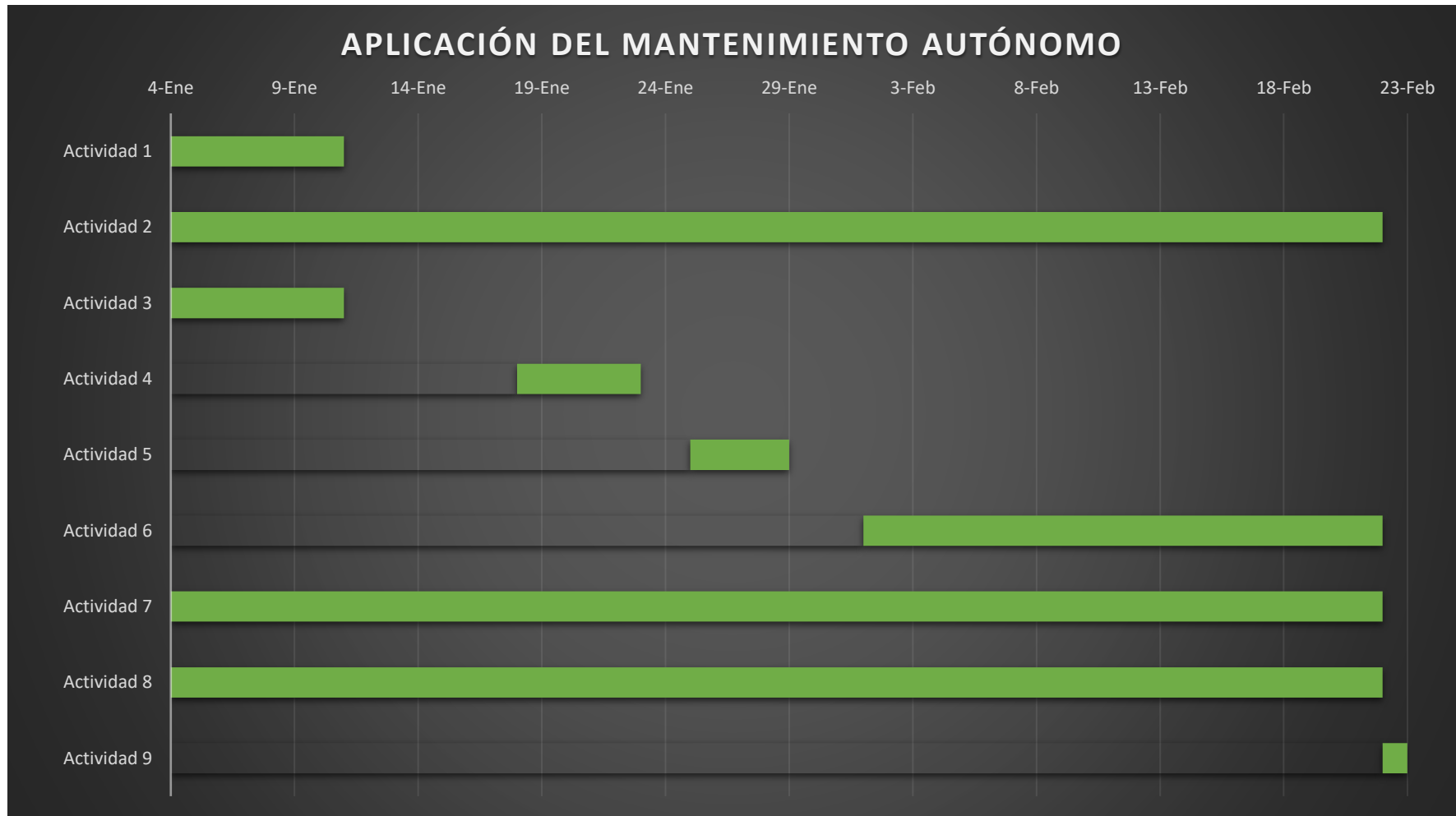
Anexo 17. Cronograma de ejecución del mantenimiento autónomo

Tabla 30. Plan de acción de la metodología 5S´s







Actividades	Ítem	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha de finalización
Diagnóstico de las maquinas/equipos	Actividad 1	4-Ene	7	11-Ene
Recolección de datos de producción	Actividad 2	4-Ene	49	22-Feb
Recolección de datos del historial de fallas de los equipos	Actividad 3	4-Ene	7	11-Ene
Establecer un formato de mantenimiento autónomo	Actividad 4	18-Ene	5	23-Ene
Capacitación a los operadores de máquinas	Actividad 5	25-Ene	4	29-Ene
Aplicación del formato de mantenimiento autónomo	Actividad 6	1-Feb	21	22-Feb
Recolección de datos para el cálculo del MTBF y el MTRR	Actividad 7	4-Ene	49	22-Feb
Recolección de datos para el cálculo de las disponibilidades de los equipos	Actividad 8	4-Ene	49	22-Feb
Comparación de los índices de disponibilidad	Actividad 9	22-Feb	1	23-Feb

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Plan de acción del Mantenimiento Autónomo



Fuente: Elaboración propia

FAMET FM E.I.R.		EVIDENCIA FOTOGRÁFICA SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO					Fecha: 01/02/2022		
							Página: 1 de 1		
OBSERVACIÓN REGISTRADA							LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIÓN		
Nº	Área	Etapas	Descripción de la observación	Sustentación de la problemática	Responsables	Evidencias	Fecha	Acción correctiva efectuada	Evidencias
1		Diagnóstico de las máquinas y/o equipos	Durante la primera visita a las áreas de producción y almacén, se observó desorden en las diversas áreas y falta de limpieza.	Durante el diagnóstico se evidenció que las paradas de las máquinas retrasaban el proceso, por lo que el personal debía trabajar jornadas extra por la noche.	Torres Oscar Bances Ying		10/01/2022	Se eligieron las máquinas y/o equipos que, según el historial de fallas, producían atrasos.	
2	Producción y almacén	Capacitación a los trabajadores	Los trabajadores no se encontraban debidamente capacitados.	El problema inicia debido a las paradas por fallas en las máquinas, que provenían del deficiente uso de los equipos y la falta de limpieza en ellos.	Torres Oscar Bances Ying		21/01/2022	Se capacitó a todo el personal, tanto a los operadores de máquina como a aquellos que no lo eran.	
3		Establecer y aplicar un formato de mantenimiento autónomo	No existía un programa de mantenimiento autónomo para los equipos, debido a que consideraban que era una inversión no rentable de tiempo, personal y recursos.		Torres Oscar Bances Ying		21/01/2022	Se estableció el formato de mantenimiento autónomo, dicho formato debía ser aplicado diariamente durante un periodo de 25 min antes de iniciar labores.	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Historial de fallas durante el mes de Enero

Equipo	Tiempo Total de Funcionamiento (Hr)	N° de Fallas	Fecha	Descripción Falla	Mantenimiento Realizado	Tiempo de mantto (hr)	Tiempo de Operación (hr)	MTBF	MTTR	DISP
MS STC 230	150	4	6-Ene	No enciende el arco	Revisar y cambiar gatillo de antorcha	3.85	133.5	33.375	4.125	0.89
			12-Ene	La máquina separa de repente por obstrucción en ventilación	Se revisó los elementos de ventilación y se repararon las conexiones	5.3				
			18-Ene	La máquina no se apaga	Sustituir el interruptor de la línea con falla mecánica	3.15				
			24-Ene	El cable de conexión se prendió	Cambiar el cable por uno de un tamaño (grosor/ hilos) apropiado	4.2				
SOX-SA2	120	6	4-Ene	Diodo rectificador abierto	Reparación	2.2	108.84	18.14	1.86	0.907
			15-Ene	No enciende el arco, este sobrecalentado	Esperar 30 min a que enfrié y revisar la entrada de tensión	1.16				
			19-Ene	La máquina no se apaga	Sustituir el interruptor de la línea con falla mecánica	2.5				
			21-Feb	Abrazadera en mal estado	Revisión y limpieza	1.2				
			23-Feb	Regulador de voltaje en mal estado	Reemplazar	2.6				
			1-Feb	No enciende el arco	Revisar y cambiar gatillo de antorcha	1.5				
AM BYD	95	5	8-Ene	No prende, falla en interruptor	Cambio de contactores	2.2	87	17.4	1.6	0.915
			14-Ene	Fatiga de elementos plásticos	Cambió gatillos de acondicionamiento	1.6				
			17-Ene	Carbones desgastados	Cambio de carbones	2				
			22-Ene	Cable de conexión	Torsión	0.8				
			2-Feb	Rodadura irregular	Cambio de rodamientos y engrasado	1.4				
TLD-SE4	70	2	11-Ene	No enciende el arco	Revisar y cambiar gatillo de antorcha	3.68	63.3	31.65	3.35	0.904
			25-Ene	La máquina no se apaga	Sustituir el interruptor de la línea con falla mecánica	3.02				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19. Formato de mantenimiento autónomo

01/02/2022

 <p>FAMET E.I.R.L</p>	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
<p>CÓDIGO: TLD-SE4</p>			
<p>EQUIPO: Taladro</p>			
<p>SUPERVISOR: Diogenes Perez Vera</p>			
<p>INFORMAR SOBRE LOS DEFECTOS E IRREGULARIDADES OBSERVADOS EN LA MAQUINA</p>	NORMAS A CUMPLIR PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO		
<p>1. Verificar si hay algún cuerpo extraño en la boquilla. 2. Asegurar que el cable de conexión este en buen estado. 3. Limpieza y verificación de la boquilla, que no se encuentre oxidada y pase corriente adecuada para los trabajos.</p>	<p>SÍ</p> <p>✓ ✓ ✓</p>	<p>NO</p>	
NORMAS DE SEGURIDAD			
<p>1. Uso obligatorio de gafas de seguridad de montura cerrada o de pantalla protectora. 2. Uso obligatorio de guantes de maniobra.</p>			
<p>ORDEN Y LIMPIEZA, SON LOS FACTORES MÁS IMPORTANTES EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN LOS EQUIPOS</p>			

01/02/2022



FAMET E.I.R.L

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

CÓDIGO: AMO-03

EQUIPO: Amoladora/Esmeril

SUPERVISOR:

Diogenes Perez Vera



INFORMAR SOBRE LOS DEFECTOS E IRREGULARIDADES OBSERVADOS EN LA MAQUINA

NORMAS A CUMPLIR PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

SÍ

NO

1. Revisar si hay algún cuerpo extraño en las muelas.
2. Asegurar los discos en la máquina.
3. Las muelas se encuentran en buen estado tiene características adecuadas a la máquina que se va a utilizar y a los requerimientos del trabajo que se va a realizar (diámetro máximo y mínimo aceptable del eje de la máquina, velocidad máxima de trabajo, grano del abrasivo, dureza (grado), etc.)

✓
✓
✓

NORMAS DE SEGURIDAD

1. Uso obligatorio de gafas de seguridad de montura cerrada o de pantalla protectora.
2. Uso obligatorio de guantes de seguridad contra cortes y abrasión.
3. Uso obligatorio de un mandil especial de protección, de cuero grueso.

ORDEN Y LIMPIEZA, SON LOS FACTORES MÁS IMPORTANTES EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN LOS EQUIPOS

01/02/2022



FAMET E.I.R.L

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

CÓDIGO: SOX-SA2

EQUIPO: Equipo oxicorte

SUPERVISOR:
Diógenes Pérez Vera



**INFORMAR SOBRE LOS DEFECTOS
E IRREGULARIDADES
OBSERVADOS EN LA MAQUINA**

**NORMAS A CUMPLIR PARA EL CORRECTO
FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO**

1. Inspeccionar de conexiones eléctricas.
2. Limpieza y verificación interna de cable y soplete.
3. Limpieza y verificación del manómetro de oxígeno y gas, para evitar fugas
4. Limpiar exteriormente el soplete.

SÍ

NO



NORMAS DE SEGURIDAD

1. Mantener el área de trabajo limpia y libre de peligro.
2. Utilizar mandil de cuero, escaarpines y mangas, para evitar quemaduras
3. Utilizar careta de soldar para evitar el arco.

**ORDEN Y LIMPIEZA, SON LOS FACTORES MÁS IMPORTANTES EN LA
PREVENCIÓN DE FALLAS EN LOS EQUIPOS**

01/02/2022



FAMET E.I.R.L

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

CÓDIGO: MS STC230

EQUIPO: Máquina de soldar

SUPERVISOR:

Diogenes Perez Vera



INFORMAR SOBRE LOS DEFECTOS E IRREGULARIDADES OBSERVADOS EN LA MAQUINA

NORMAS A CUMPLIR PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

1. Las conexiones eléctricas deben estar en buen estado.
2. Verificación de cable de parte electrodo.
3. Verificar el ventilador, que no presente ruido y vibraciones anormales.
4. Limpiar exteriormente la máquina.

SÍ

NO



NORMAS DE SEGURIDAD

1. Mantener el área de trabajo limpia y libre de peligro.
2. No respirar humo de electrodo, utilizar respirador.
3. Utilizar careta de soldar para evitar el arco.

ORDEN Y LIMPIEZA, SON LOS FACTORES MÁS IMPORTANTES EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN LOS EQUIPOS

Anexo 20. Historial de fallas durante el mes de Febrero

Tabla 32. Datos recolectados de las fallas de la maquinaria

Equipo	Tiempo Total de Funcionamiento	N° de Fallas	N° OTM	Fecha	Descripción Falla	Mantenimiento Realizado	Tiempo de mantto (hr)	Tiempo de Operación (hr)	MTBF	MTTR	DISP
MS STC 230	230	3	0003-C	5-Feb	Corriente Reducida	Reparación	1.9	225.6	75.20	1.47	0.98
			0004-C	16-Feb	Abrazadera en mal estado	Revisión y limpieza	0.8				
			0005-C	27-Feb	Regulador de voltaje en mal estado	Reemplazar	1.7				
SOX-SA2	225	2	0001-C	15-Feb	No enciende el arco	Revisar y cambiar gatillo de antorcha	1.3	221.6	110.80	1.70	0.98
			0002-C	19-Feb	La máquina no se apaga	Sustituir el interruptor de la línea con falla mecánica	2.1				
AMO-03	225	2	0006-C	10-Feb	El cable de conexión se prendió	Cambiar el cable por uno de un tamaño (grosor/hilos) apropiado	1.85	222.05	111.025	1.48	0.99
			0007-C	24-Feb	Paro de máquina por ruidos defectuosos	Reparación de conexiones	1.1				
TLD-SE4	190	2	0013-C	7-Feb	Intermitencia	Se retiró el trimmer	2.5	187.5	93.75	1.25	0.99

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Tiempos de procesamiento durante el mes de Febrero para el nuevo VSM

Tabla 33. *Tiempos de procesamiento por cada actividad en promedio*

Código	Cliente	Fecha Inicio	Fecha Fin	Días de producción	Tiempos de procesamiento					
					Habilitado (HR.)	Armado (HR.)	Soldadura (HR.)	Ensamblado (HR.)	Pruebas (HR.)	Acabados (HR.)
15186	Jada	1-Feb	13-Feb	13	12.7	22.1	57.2	10.4	9.6	8.7
15187	Jada	14-Feb	28-Feb	13	12.6	22.1	57.1	10.4	9.6	8.6
Promedio				13	12.7	22.1	57.2	10.4	9.6	8.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. *Datos para el cálculo de los nuevos datos del Tiempo de ciclo del VSM*

Actividades	Tiempo de producción	Número de trabajadores	Días trabajados	Producción (m ² /tanque)	Tiempo de ciclo (m ² /día)
Habilitado	12.7	3	13.00	64.97	4.99
Armado	22.1	3			
Soldadura	57.2	4			
Ensamblado	10.4	3			
Pruebas	9.6	2			
Acabado	8.7	1			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Datos de producción para el cálculo de las productividades

Tabla 35. Datos recolectados para el cálculo de los indicadores

Código	Cliente	Fecha Inicio	Fecha Fin	Tiempo programado	Tiempo real	Eficacia (%)	Precio de Venta (S/.)	Monto Cotizado (S/.)	Costo Real (S/.)	Eficiencia Económica	Área del tanque (M2)	Total trabajadores	Productividad
15284	Copeinca F	4-Mar	19-Mar	13	14	92.86%	11850	9545	9600	1.23	71.58	15	0.639
15287	Diamante	21-Mar	6-Abr	13	13	100.00%	11910	9660	9700	1.23	71.58	15	0.688
15288	Copeinca P	7-Abr	23-Abr	13	13	100.00%	11840	9555	9600	1.23	71.58	15	0.688
15289	Jada	26-Abr	12-May	12	12	100.00%	11120	9312	9300	1.20	64.96	15	0.677
15290	Copeinca F	14-May	28-May	14	14	100.00%	12530	9850	9800	1.28	78.79	15	0.703
15291	Exalmar	29-May	13-Jun	13	13	100.00%	11900	9655	9700	1.23	71.58	15	0.692
PROMEDIO						98.81%				1.23			0.681

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23. Comparación de indicadores de productividad

Eficacia (%)												
Pre test						Post test						% de incremento de la eficiencia
Proyectos						Proyectos						
Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10	Proyecto 11	Proyecto 12	
76.47%	87.50%	76.47%	83.33%	81.25%	76.47%	92.86%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Eficiencia promedio						Eficiencia promedio						
80.25%						98.81%						23%

Eficiencia económica												
Pre test						Post test						% de incremento de la eficacia
Proyectos						Proyectos						
Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10	Proyecto 11	Proyecto 12	
1.17	1.08	1.09	1.17	1.09	1.06	1.23	1.23	1.23	1.20	1.28	1.23	
Eficiencia promedio						Eficiencia promedio						
1.11						1.23						11%

Productividad de mano de obra												
Pre test						Post test						% de incremento de la productividad
Proyectos						Proyectos						
Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10	Proyecto 11	Proyecto 12	
0.53	0.51	0.48	0.55	0.51	0.48	0.64	0.69	0.69	0.68	0.70	0.69	
Eficiencia promedio						Eficiencia promedio						
0.51						0.68						34%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "APLICACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES EN FAMET HM E.I.R.L. TRUJILLO -2021", cuyos autores son TORRES FLORES OSCAR RAUL, BAZAN CORONEL YING JEAN PAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHIMBOTE, 15 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS DNI: 40149444 ORCID: 0000-0001-9175-5545	Firmado electrónicamente por: RCHUCUYAH el 18- 07-2022 04:01:27

Código documento Trilce: TRI - 0346471