



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación:

“Propuesta de mejora de procesos en la línea de producción de swellex para una empresa metalmecánica”

Jheny Jael Raymondi Palacios
Katherine Paola Chavez Pinado

para optar el Grado Académico de Bachiller en
Ingeniería Industrial

Lima – Perú
2021

Declaración de Autenticidad y No Plagio (Grado Académico de Bachiller)

Por el presente documento, yo Katherine Paola Chávez Pinado, identificada con DNI N°72776972 egresada de la carrera de Ingeniería industrial informo que he elaborado el trabajo de investigación denominado "Propuesta de mejora de procesos en la línea de producción de Swellex para una empresa metalmecánica", para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de Ingeniería industrial, declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por los autores que lo suscriben y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por tercero, ya sea de fuente encontradas en medios escritos como en internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autora, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el reglamento de SUNEDU.

Lima, 03 de diciembre de 2019.



(firma)

Declaración de Autenticidad y No Plagio
(Grado Académico de Bachiller)

Por el presente documento, yo Jheny Jael Raymondi Palacios, identificada con DNI N°72548693 egresada de la carrera de Ingeniería industrial informo que he elaborado el trabajo de investigación denominado "Propuesta de mejora de procesos en la línea de producción de Swellex para una empresa metalmecánica", para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de Ingeniería industrial, declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por los autores que lo suscriben y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por tercero, ya sea de fuente encontradas en medios escritos como en internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autora, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el reglamento de SUNEDU.

Lima, 03 de diciembre de 2019.


.....
(firma)

Resumen

En el presente trabajo de investigación se desarrollará una propuesta de mejora en base a la metodología de manufactura esbelta para una empresa del rubro metalmecánico, la cual está orientada a la fabricación de productos de sostenimiento de túneles para el sector minero, el portafolio de productos lo conforman: cimbras, swellex, split set y mallas electrosoldadas. El trabajo se centrará en mejorar la línea de producción de swellex, la cual se implementó en octubre de 2018 y que actualmente se ha convertido en la línea principal de la empresa por generar mayor margen de utilidades. El desarrollo de este trabajo de investigación surgió a partir de las problemáticas localizadas en la que actualmente es la línea principal de la empresa, el objetivo principal de esta investigación es emplear la manufactura esbelta, específicamente la herramienta TPM, con la finalidad de mejorar la producción de swellex, con un enfoque en la reducción de cualquier tipo de desperdicio, permitiendo la disminución del tiempo del proceso para la entrega eficiente del pedido del producto hacia el cliente.

Este trabajo va dedicado a Dios, que por su gracia nos ha permitido realizar este trabajo; a nuestros padres por su apoyo incondicional durante el proceso y a nuestros profesores por el conocimiento impartido.

Queremos agradecer por sobre todo a nuestro Dios pues por su gracia y amor infinito nos ha permitido llegar hasta donde estamos; a nuestros padres porque durante toda nuestra vida nos han apoyado tanto económica como emocionalmente en el logro de nuestras metas y a nuestros profesores porque con su entrega en cada clase nos hicieron amar la carrera que escogimos.

Contenido

Capítulo 1 Introducción	1
Planteamiento del problema de investigación.....	1
Formulación del problema	3
Problema general	3
Problema específico	3
Justificación	3
Objetivos	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico	4
Capítulo 2 Literatura y teoría sobre el tema.....	5
Antecedentes nacionales e internacionales	5
Marco teórico	8
Manufactura esbelta	8
El mantenimiento productivo total.....	11
La efectividad global de los equipos (EGE).	12
Proceso de producción	14
Capítulo 3 Metodología empleada	15
Enfoque de investigación	16
Alcance de investigación	16
Diseño de investigación	16
Población y muestra.....	16
Instrumento de recolección de datos	17
Diseño	17
Capítulo 4 Resultados encontrados	20
Análisis descriptivo de la información	20
Descripción de la empresa	20
Descripción del producto en estudio.....	25
Descripción de la línea de producción de swellex	27

Capítulo 5 Análisis y discusión.....	39
Análisis	39
Discusión.....	42
Capítulo 6 Propuesta de mejora	52
Desarrollo de la propuesta de mejora.....	52
Resultados en el rendimiento alcanzado	67
Análisis de la relación entre las técnicas y el rendimiento	67
Capítulo 7 Conclusiones y recomendaciones	68
Conclusiones	68
Recomendaciones	68
Bibliografía	69
Anexos	70
Anexo 1: Ficha de tarea de investigación	70
Anexo 2: Registro de entrevista al supervisor	72
Anexo 3: Resultados del estudio de tiempo de cada proceso de la línea de producción de swellex	75
Anexo N°4: Detalle de los problemas ocurridos con las máquinas durante el proceso de evaluación.	87
Anexo N° 5: Autorización de uso de nombre de la empresa	93

Lista de tablas

Tabla 1. Cuadro de ventas de un periodo de 9 meses	2
Tabla 2. Los seis pilares y las seis grandes pérdidas del TPM	12
Tabla 3. Matriz operacional Matriz operacional	15
Tabla 4. Información general de la empresa	20
Tabla 5. Cuadro de materias primas	26
Tabla 6. Cuadro resumen del estudio de tiempo.....	29
Tabla 7. Procesos para la fabricación de swellex.	32
Tabla 8. Recolección de datos de tiempos entre procesos.....	33
Tabla 9. Superficie de cada área de proceso	35
Tabla 10. Datos para el mapa de flujo de valor	36
Tabla 11. Problemas de la línea de swellex.	39
Tabla 12. Cuadro de frecuencias.....	42
Tabla 13. Causas de la deficiencia en la línea de producción de swellex.....	44
Tabla 14. Cantidad producida durante los meses de mayo a setiembre.....	45
Tabla 15. Cuadro causas primarias, secundarias y terciarias.....	47
Tabla 16. Evaluación de las causas principales.	48
Tabla 17. Cuadro de frecuencias.....	50
Tabla 18. Cuadro de resultados del cálculo de la OEE para cada máquina.....	56
Tabla 19. Plan de implementación TPM.....	59
Tabla 20. Capacitación inicial.....	59
Tabla 21. Resultados de rendimiento alcanzado.....	67

Lista de figuras

Figura 1. Modelo de trabajo de la manufactura esbelta.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Fórmula de la OEE.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. Almacén de producto terminado swellex	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Zona de producción.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Cimbras en la mina El Fénix, en proceso de ser instaladas en los túneles de la mina ...	21
Figura 6. Swellex.	21
Figura 7. Split set; perno de anclaje.	22
Figura 8. Mallas electrosoldadas; Instalación de mallas electrosoldadas.	22
Figura 9. Mapa de procesos de la empresa en estudio.	23
Figura 10. Dimensiones del tubo swellex.	27
Figura 11. Área de producción del swellex.	28
Figura 12. Layout del área de producción de swellex.	28
Figura 13. Diagrama de operaciones de proceso actual.	30
Figura 14. Diagrama de análisis de proceso actual.	31
Figura 15. Tiempo de ciclo individual y total.	34
Figura 16. Mapa de flujo de valor actual.	37
Figura 17. Cantidad de producción en el mes de mayo.	40
Figura 18. Cantidad de producción en el mes de junio.	40
Figura 19. Cantidad de producción en el mes de julio.	41
Figura 20. Cantidad de producción en el mes de agosto.	41
Figura 21. Cantidad de producción en el mes de setiembre.	41
Figura 22. Histograma cantidad de producción.	43
Figura 23. Diagrama de Ishikawa para hallar el origen de las causas.	46
Figura 24. Planilla de inspección de los meses evaluados (mayo a setiembre).	49
Figura 25. Diagrama de Pareto, a partir del cuadro de frecuencias.	51
Figura 26. Organigrama del equipo de trabajo lean.	53
Figura 27. Cronograma de capacitación.	58
Figura 28. Propuesta de formato para el registro del mantenimiento autónomo.	62

Figura 29. Propuesta de formato de cartilla de cartilla para el registro de anomalías, revisión y corrección.....	63
Figura 30. Propuesta de formato para el registro de auditoria.....	65
Figura 31. Cronograma de mantenimiento productivo.....	66

Capítulo 1

Introducción

Planteamiento del problema de investigación

Entre los meses de enero a octubre de 2018 el sector metalmeccánico en nuestro país creció en 10,2%, sin embargo, muchas empresas de este sector no están preparadas para hacer frente a esta creciente demanda. (Sociedad Nacional de Industrias [SIN], 2018).

La empresa peruana Industria de fortificación minera FORMIN S.A.C. es una empresa que pertenece al sector mencionado, con 33 años en el mercado nacional se dedica a la distribución y fabricación de diversos productos dirigidos para compañías mineras principalmente de elementos para sostenimiento de Túneles y Taludes. Actualmente la empresa cuenta con cuatro líneas de producción: cimbras, swellex, split set y mallas electrosoldadas; siendo el acero es su principal materia prima en presentaciones de vigas tipo WF, bobinas, varillas lisas y corrugadas, planchas, etc. las cuales provienen de fabricantes mayoritariamente extranjeros con sus respectivas certificaciones de calidad.

Para el funcionamiento de las cuatro líneas de producción, mencionadas anteriormente, la empresa cuenta con un taller de maestranza y las máquinas que posee son: una roladora vertical digital, especial para la roladora de vigas WF, tubos, ángulos, platinas, entre otros; cizalla múltiple, conformadora, máquina de reducción, prensa horizontal, máquina de soldar, brazo robótico, taladro y bomba neumática.

A partir del mes de octubre de 2018 la empresa implementó la Línea de producción de Swellex, pernos de anclaje que sirve como refuerzo de techo especialmente en las construcciones de túneles en la mina, en un principio solo se producía para hacer pruebas del producto y recién

en el mes de mayo del presente año la empresa comenzó a comercializar los swellex; de acuerdo con el historial de ventas de la empresa (tabla 1) a partir de junio del presente año la línea de swellex incremento sus ventas esto porque firmó un contrato, con la compañía minera Buenaventura, por 15,000 unidades mensuales del mismo.

Tabla 1.

Cuadro de ventas de un periodo de 9 meses.

<i>Mes</i>	<i>Cimbras</i>	<i>Split set</i>	<i>Mallas</i>	<i>Swellex</i>
Enero	S/ 237,270.00	S/ 45,513.00	S/ 41,360.00	S/ -
Febrero	S/ 218,009.15	S/ 25,672.00	S/ 16,060.00	S/ -
Marzo	S/ 291,488.02	S/ 44,919.60	S/ 39,230.00	S/ -
Abril	S/ 130,760.74	S/ 50,785.60	S/ 43,560.00	S/ -
Mayo	S/ 24,493.10	S/ 55,765.17	S/ 52,528.96	S/ 18,596.81
Junio	S/ 32,746.25	S/ 55,730.00	S/ 43,844.22	S/ 74,026.70
Julio	S/ 158,651.98	S/ 70,765.00	S/ 48,752.59	S/ 68,250.44
Agosto	S/ 110,253.20	S/ 77,611.00	S/ 59,186.00	S/ 71,530.00
Setiembre	S/ 89,611.18	S/ 83,375.00	S/ 26,838.10	S/ 79,186.00

Nota. Elaboración propia

Debido a este importante contrato las utilidades de la empresa se han incrementado por ello la línea de producción de swellex se ha convertido en la línea principal para la empresa; Sin embargo, aunque esta línea de producción es semiautomatizada presenta problemas durante su funcionamiento, por lo que cierta cantidad de productos son reprocesados por resultar defectuosos, además, no se cumple con la meta de producción establecida de manera diaria y mensual.

Por ello, todos los esfuerzos de la empresa se centran en mejorar o modificar los procesos de la línea de producción de swellex con el objetivo de llegar a la meta de producción diaria y reducir el número de productos reprocesados que incurre en el incumplimiento del plazo de

entrega y gastos de reproceso para la empresa. De lo contrario la compañía perdería clientes, su imagen en el mercado metal mecánico se vería afectada y tendría problemas de liquidez; provocando inestabilidad en la compañía como sucedió en mayo del presente año.

Formulación del problema

Problema general

- ¿Cómo la metodología de manufactura esbelta impacta en el proceso de producción de swellex en una empresa metalmecánica?

Problema específico

- ¿En qué medida la metodología de manufactura esbelta mejora la línea de producción de swellex?
- ¿Qué herramientas de la metodología de manufactura esbelta es la más adecuada para mejorar la línea de producción de swellex?
- ¿Qué actividades generan retrasos en la línea de producción de swellex?

Justificación

Para una empresa es importante crecer y adquirir una buena imagen dentro del mercado para así ampliar su cartera de clientes, por lo que cobra importancia la constante búsqueda de oportunidades de mejora dentro de la empresa. La justificación de llevar a cabo el trabajo de investigación es por la necesidad de la empresa metalmecánica de buscar una mejora en una nueva Línea de producción. En otros términos, con la implementación del área de producción de swellex y el ingreso de una orden de compra de 15,000 unidades mensuales originó la necesidad de mejorar la nueva área de producción para el cumplimiento de la orden. Por ende, se propone realizar la investigación para cumplir la demanda mensual del cliente, con ello encontrar los problemas y buscar una solución óptima para la propuesta de mejora en la nueva línea de producción.

La presente investigación es beneficioso para la empresa, debido a que el área de Swellex se encontraría adecuada para cumplir una orden de compra con cantidad de unidades de swellex más elevada y satisfacer al cliente haciendo efectivo su requerimiento. Asimismo, esto beneficia al Gerente General, los trabajadores y las personas interesadas de la empresa obteniendo información útil y relevante para poder tomar buenas decisiones que ayuden a la empresa.

Objetivos

Objetivo general

- Proponer la metodología de la manufactura esbelta para mejorar el proceso de producción de la línea de swellex para una empresa metalmecánica.

Objetivo específico

- Conocer como la metodología de Manufactura esbelta mejora la línea de producción de swellex.
- Proponer herramientas adecuadas para la mejora de la línea de producción de swellex.
- Identificar la principal causa que afecta la línea de producción de swellex.

Capítulo 2

Literatura y teoría sobre el tema

Antecedentes nacionales e internacionales

Para la presente investigación se revisó bibliografía relacionada a la metodología esbelta, aplicada a distintos tipos de empresa, y como esta metodología a través de la aplicación de sus herramientas permitieron obtener resultados positivos para cada caso en cuanto a la mejora de proceso.

Rodríguez (2016), quién estudió el proceso de fabricación de tanque para combustibles, indicó en su investigación que la empresa en estudio presentaba retrasos en la entrega de sus tanques estacionarios, debido a que durante el proceso de fabricación del producto existían problemas y actividades que no agregaban valor; frente a esto optaron por implementar herramientas de manufactura esbelta como: 5s, TPM y JIT; logrando disminuir los tiempos de ciclos globales en 2.2 días. En primer lugar, con las 5s se incrementó el nivel del mismo a 73% mejorando la disponibilidad del espacio; en segundo lugar, con la implementación del TPM la disponibilidad de tres de las máquinas mejoró en 4.13%, 4.41% y 3.61% y por último, con la implementación JIT se logró una reducción de 2 horas en los tiempos de ciclos del proceso de armado.

Del mismo modo Tello (2016), quién estudió la productividad de la empresa Creaciones Rosales, refiere que la empresa en estudio presentaba quejas por parte de sus clientes debido a que una parte de los pedidos siempre eran entregados fuera de fecha por ello, se decidió utilizar la estandarización de procesos, Just In Time y 5s como herramientas de mejora. De ahí que como resultado se logró mejorar la eficacia y eficiencia en un 8% como consecuencia también mejoro

la productividad en 14%, así mismo el tiempo de entrega mejoró en 9% reduciéndose las quejas por entregas fuera de fecha.

Por su parte Torres (2014), estudió el proceso de fabricación de pernos, del cual se identificó que la empresa en estudio presentaba problemas de demora en el Setup de las máquinas, falta de herramientas e instrumentos apropiados y paradas por mantenimiento correctivo, para hacer frente a estos problemas decidió utilizar tres herramientas de manufactura esbelta: 5s, SMED y poka yoke. Así se concluyó que se obtuvo un beneficio de 3.03 minutos en el tiempo de ubicación de herramientas, 3.47 min en el tiempo de limpieza de herramientas, se redujo el tiempo de setup de 30.491 a 13.717 minutos y se logró un beneficio económico anual de 5,648.62 soles.

Así también, la línea de producción de Spools de la empresa FIMA S.A. estudiada por Ushiñahua (2017), presentaba baja productividad, que generaban perdidas monetarias, esto originado por las paradas de la máquina cortadora Vernon, los reprocesos y desperfectos durante el proceso de fabricación. Como mejora se implementó el mantenimiento autónomo y planificado a la cortadora Vernon con ello, se logró incrementar la productividad en 15%, la eficiencia en 10%, la eficacia un 6%, la confiabilidad un 11% y la disponibilidad de la máquina en 18%.

Por otra parte, Soconini Perez, L. (2014) refiere a la filosofía Lean Manufacturing como una metodología útil para encontrar oportunidades de mejora que ayudan a la productividad en los procesos de una empresa porque permite identificar y eliminar desperdicios, actividades que no agregan valor a los procesos. Esta metodología brinda herramientas como kaizen, 5's, control visual, mantenimiento productivo total, manufactura celular, cambios rápidos de productos, prevención AMEF, poka yoke, 8 D's, seis sigma, Kanban y Heijunka que se aplican a diferentes

situaciones en una empresa lo cual permite estar constantemente mejorando así aplicar diferentes herramientas para superar las expectativas del cliente. Así mismo, promueve trabajar con liderazgo, a tener una buena actitud, ser proactivos, razón a que ayuda a introducir nuevas estrategias, establecer objetivos tanto estratégicos como personales tanto para la empresa como los empleados, para que puedan desarrollarse

Carrillo, Alvis, Mendoza y Cohen (2019), aseguran que de no haber un sistema de mantenimiento se presentarían fallas en los activos críticos de la organización en estudio, esto afectaría negativamente la competitividad y rentabilidad de las empresas e incluso podría hacer que las empresas cierren; la implementación de las herramientas Lean Manufacturing busca solucionar esa necesidad existente del sector metalmeccánico automotriz de Cartagena con cuatro fases: fase 0, autodiagnóstico de la empresa y un análisis externo; fase 1, diagnóstico inicial; fase 2, aplicación y análisis de las técnicas elegidas; fase 3, evaluación y contraste de datos de la implementación. Con la aplicación de estas fases encontraron que el 47% de las situaciones por fallos son imprevistos por lo que el mantenimiento es de tipo correctivo sin analizar las causas por ende el 52% de las fallas presentadas son recurrentes. Con base en lo anterior y habiendo identificado el área piloto y los equipos de mayor mantenimiento correctivo se aplicaron dos herramientas de lean Manufacturing: 5's y TPM; con las que se logró la eliminación de 55% de los objetos del área piloto, la liberación de 2.89 m² de desperdicio de trabajo, la reducción de probabilidades de fallo hasta un 20%.

De acuerdo con Ujjwal, Adatiya, Badhe, Patsute y Brushnar (2018), la empresa Anupriya Ultratech presentaba problemas en la capacidad de operación de sus máquinas debido a que el mantenimiento se realizaba durante las horas de mecanizado, además de presentar pérdida de tiempo durante la configuración y carga de trabajo en las máquinas, roturas recurrentes de las

herramientas debido a la ineficiencia del operador. Frente a esto se decidió aplicar la herramienta 5s y TPM logrando obtener una disponibilidad de la máquina de 79.03%, una eficiencia 95.25%, la tasa de calidad incremento a 96.12% y la OEE a 72.07%.

Así mismo Rajadell y Sánchez (2010) señalan que tanto la teoría como la aplicación de los modelos Lean manufacturing en las empresas y las herramientas son la parte de mayor importancia. Por ejemplo, podemos encontrar herramientas como el Value Stream Mapping (VSM), las 5'S, el mantenimiento productivo total (TPM) y el cambio de matriz en menos de 10 minutos, SMED por sus siglas en ingles Single Minute Exchange To Die. A la vez, nos da información sobre los despilfarros que se puede encontrar y como esto repercute a la aplicación de la metodología.

Silva (2017), quién tomó para su investigación a una planta industrial de telares, llegó a la conclusión de que el TPM realiza mejoras considerables en la gestión de mantenimiento de las máquinas a utilizar. Esto enfocado a la realidad peruana donde las empresas se centran en cargar los costos más importantes en el producto final, de esta manera deja de lado el cuidado y mantenimiento de los equipos y maquinaria involucrada. Una de las ideas del trabajo también es cambiar la cultura de la empresa para mejorar la productividad. Cambiando ello se podrá lidiar con los imprevistos que retrasan el proceso de producción, tiempos desperdiciados y los elevados costos por el mantenimiento de las máquinas.

Marco teórico

Manufactura esbelta

La metodología manufactura esbelta también conocida como lean manufacturing, manufactura ágil, o sistema de producción Toyota (TPS); fue creado después de la segunda guerra mundial por Taiichi Ohno con la contribución de Shingeo Shingo y miembros de la

familia Toyota como resultado de múltiples esfuerzos por hacer resurgir la economía japonesa a través de la competitividad en sus empresas. De acuerdo con Wilson (2010) la manufactura esbelta, típicamente se define como un conjunto completo de técnicas o herramientas que combinadas nos permiten identificar y solucionar problemas de desperdicios a través de su eliminación; ello ayudará a que una empresa no solo sea más ágil, sino que también sea flexible a la eliminación de desperdicios que se puedan presentar en un futuro.

Por otro lado, Socconini (2019) define manufactura esbelta como un proceso incansable, continuo y sistemático que permite hacer a las empresas más efectivas, innovadoras y eficientes a través de identificar y eliminar excesos, definiendo como exceso a actividades que no agregan valor pero que, si incurren en costos. Se entiende entonces que la manufactura esbelta es un estilo de trabajo que conlleva un esfuerzo constante y continuo de identificar desperdicios para posteriormente proceder a su eliminación, cuyo fin es reducir costos sin alterar la calidad del producto haciendo a las empresas más eficientes e innovadoras; además, su verdadero valor está en el descubrimiento continuo de oportunidades de mejora que se pueda aplicar a la empresa en cuestión.



Figura 1. Modelo de trabajo de la manufactura esbelta
Fuente: Socconini (2019)

Las bases de la manufactura esbelta es la estandarización del trabajo, el mantenimiento productivo, el orden y limpieza y el control visual. Así mismo, esta metodología cuenta con herramientas, que se agrupan en dos pilares Just In Time (JIT) y Jidoka (Socconini, 2019). El primer pilar, se enfoca en abastecer exactamente la cantidad correcta en el tiempo y lugar correctos, en palabras cortas es el control de la cantidad, dentro de este pilar encontramos herramientas como la manufactura celular, Kanban, el sistema Pull, cambios rápidos de herramientas y logística integral; cada uno con una aplicación en diferentes áreas del proceso pero que en conjunto se enfocan en el control de la cantidad. El segundo pilar, se enfoca en no permitir que un error avance dentro de la línea de producción tomando acciones para eliminarlos

con la ayuda en conjunto de las máquinas y la mano de obra, dentro de este pilar encontramos herramientas como Andon, Paradas automáticas, Poka yoke, solución de problemas y seis Sigma.

Todas estas herramientas en conjunto contribuyen al fin último de lograr la calidad excelente con un tiempo mínimo de entrega, procurando para los colaboradores de la empresa la seguridad en el trabajo, así como la alta motivación. Cabe mencionar que para que esta metodología pueda generar los resultados esperados es necesario que todas las áreas de una empresa trabajen en conjunto, es por ello que también engloba el cambio en la estructura organizacional, ya que en una estructura organizacional tradicional cada responsable busca la mejora específicamente para su área por ello en la manufactura esbelta la estructura organizacional es administrada como una cadena de valor, que son unidades de negocio que siguen un proceso para transformar una materia prima en un producto terminado.

El mantenimiento productivo total.

TPM por sus siglas en inglés, es una herramienta lean para mejorar la efectividad de los equipos. De acuerdo con Soconini (2019), el TPM es útil para tener en óptimas condiciones las máquinas y equipos, aun los equipos de transporte dentro de la planta; esta herramienta es aún más útil cuando el personal que opera pérdidas en los equipos no está totalmente capacitado. Para esta herramienta lean existen seis grandes pérdidas en los equipos que afectan la efectividad de los equipos, para ello el TPM tiene seis pilares que deben implementarse igualmente para contrarrestar las seis grandes pérdidas.

Tabla 2.

Los seis pilares y las seis grandes pérdidas del TPM.

<i>Pilares</i>	<i>Pérdida</i>
Mejoras enfocadas	Tiempos muertos por paros inesperados
Mantenimiento autónomo	Tiempos muertos por cambio de productos
Mantenimiento planeado	Paros menores
Mantenimiento de calidad	Reducciones de velocidad
Capacitación	Defectos en el proceso
Seguridad	Defectos por arranque y cambio de productos

Nota. Recuperado de Rajadell & Sánchez (2010).

La efectividad global de los equipos (EGE).

más conocida como OEE por sus siglas en ingles es la primera medida de efectividad de la producción y puede ser utilizado tanto para evaluar el desempeño del flujo de valor como de una estación de trabajo en específico (Wilson, 2010). Este indicador juega un rol importante tanto en el proceso de introducción y como durante el desarrollo de la herramienta TPM. Una buena medida inicial de la OEE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM (Silva, 2013). Así mismo, sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

- **Cálculo del % disponibilidad**

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo de producción neto}}$$

Donde:

Tiempo de producción neto = horas de trabajo – descansos y mantenimientos planificados

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

- **Cálculo del % eficiencia**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo operativo eficiente}}{\text{Tiempo operativo}}$$

Donde:

Tiempo operativo eficiente = *Tiempo operativo – Paradas por baja velocidad – paradas cortas*

- **Cálculo del % calidad**

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Total piezas producidas} - \text{piezas para muestras o defectuosas}}{\text{Total piezas producidas}}$$

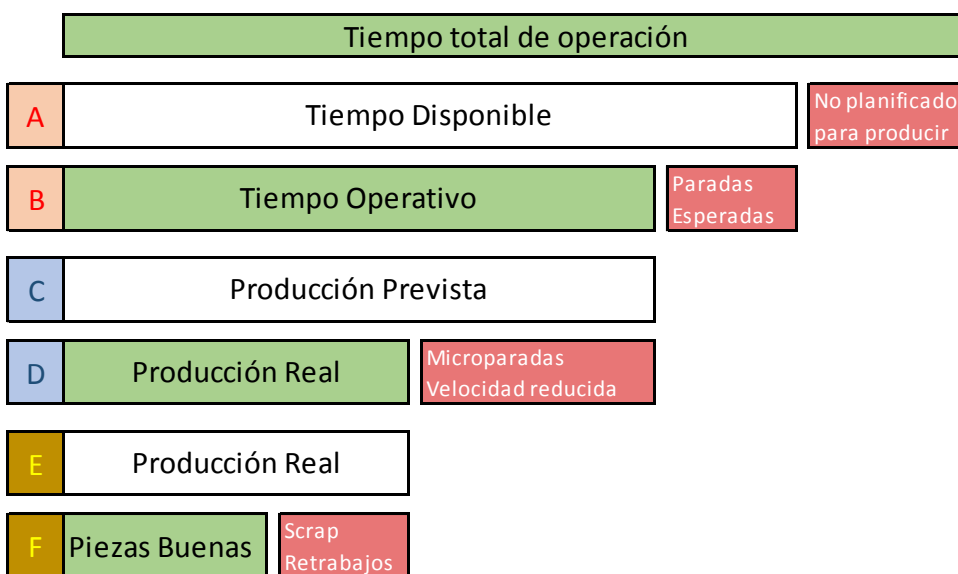


Figura 2. Fórmula de la OEE.
Fuente: Rajadell & Sánchez (2010)

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

- OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
- 65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.

Pérdidas económicas. Baja competitividad.

- $75\% < OEE < 85\%$ Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
- $85\% < OEE < 95\%$ Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.
- $OEE > 95\%$ Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

Proceso de producción

Para comprender que es y que engloba un proceso de producción es necesario conocer sus definiciones por separado para luego entender su relación. De acuerdo con Cuatrecasas (2009) la producción es la actividad económica de una empresa que con la utilización de recursos humanos y materiales adecuados tiene por objetivo, dependiendo del tipo de empresa, obtener productos o servicios que satisfagan las necesidades de un grupo de personas interesadas en ellos; dicha actividad es posible a través de la puesta en marcha de un conjunto de operaciones integradas en procesos.

Por otro lado, Un proceso es un conjunto de actividades sistemáticas que están dispuestas en orden cronológico y que a partir de insumos, maquinaria y mano de obra busca la obtención de un resultado que puede ser un bien o servicio, que satisfará las necesidades de un cliente, interno o externo (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007). Entonces se entiende que el proceso de producción, elemento principal del sistema productivo, es un conjunto de actividades consecutivas enfocadas a la transformación de factores productivos, recursos humanos y materiales, en productos terminados con la aplicación de métodos adecuados que tienen como fin satisfacer a un cliente.

Capítulo 3

Metodología empleada

La matriz operacional permitirá mejorar la visualización y definición de las variables independientes y dependientes, así como sus dimensiones e indicadores.

Tabla 3.

Matriz operacional.

<i>Variables</i>	<i>Concepto</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>
Variable independiente	Manufactura esbelta	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de operaciones del proceso • Diagrama de análisis del proceso • Estudio de tiempo • Value Stream Mapping (VSM) 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento del proceso de producción. • Distancia de traslados en el proceso y tiempo de actividad. • Estudio de tiempo: tiempo y cantidad de producción estandarizada.
Variable dependiente	Proceso de producción de swellex	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de producción • Factor Mano de obra • Factor máquina • Factores materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • % cumplimiento de producción • % tiempo productivo de mano de obra • % Tiempo productivo de máquina

Nota. Elaboración propia

Enfoque de investigación

La presente investigación presenta un enfoque cuantitativo ya que se planteará el problema que posee el proceso de producción de la línea de Swellex, para lo cual se recolectaran datos con el fin de realizar una comparación numérica (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Alcance de investigación

El presente trabajo tiene alcance explicativo, porque ayudará a reconocer las causas de los problemas planteados así mismo se procederá a explicar estas, aún más las condiciones en las que se manifiestan y las razones de relación entre las variables identificadas, de este modo se obtendrá referencias e información para su estudio con el propósito de conseguir propuestas para una óptima solución del problema planteado en la investigación (Hernández et al., 2014).

Diseño de investigación

En cuanto al diseño del presente trabajo, es de tipo preexperimental, ya que este se centra en el primer acercamiento al problema de una investigación a la realidad y se realiza una medición de pre experimento para poner en marcha la propuesta de mejora del proceso de producción de la línea de Swellex, comparando los resultados obtenidos de lo planteado para observar si se logra la solución o una mejora de los problemas identificados (Hernández et al., 2014).

Población y muestra

- **Población.** El presente trabajo tiene como población a la línea de producción de swellex de la empresa FORMIN S.A.C. desde el mes de octubre de 2018 hasta setiembre de 2019.
- **Muestra.** La muestra de la presente investigación es no probabilística y por conveniencia, es así que la muestra está conformada por la línea de producción de swellex desde el mes de mayo hasta setiembre de 2019.

Instrumento de recolección de datos

Como paso principal de una propuesta de mejora es importante recolectar datos sobre las variables, para efectos del presente trabajo se hará uso de técnicas como la entrevista y la observación directa, no participativa y estructurada.

Los instrumentos de recolección de datos son los medios tangibles que se utilizaran para registrar o reunir la información que luego será analizada e interpretada; los instrumentos a usar son un cronómetro digital, el cual será de utilidad para la toma de tiempos; un formato de toma de tiempos, donde se plasmará los tiempos de cada proceso; por último, un formato de entrevista dirigido al supervisor de la línea, el cual permitirá despejar dudas sobre la línea.

Diseño

- **Entrevista.** Este formato de entrevista fue aplicado el 12 de octubre del presente año al supervisor de la línea de producción de swellex, consta de 10 preguntas abiertas estas a su vez cuentan con sub-preguntas, cabe resaltar que las preguntas planteadas inicialmente para la entrevista están sujetas a variaciones que puedan darse durante su desarrollo. Es así como se logró conocer las metas de producción diaria y mensual de swellex, el cumplimiento de estas, los procesos de la línea y los problemas que presenta desde el punto de vista del supervisor. A continuación, se muestra el formato de la entrevista aplicada por otra parte el registro de la entrevista se puede observar a detalle en el Anexo N°2.

ENTREVISTA PARA EL SUPERVISOR DE LA LÍNEA DE SWELLEX

Nombre y apellido: _____

Cargo: _____

Fecha: _____

Esta entrevista está dirigida al supervisor de la línea de producción de swellex.

- 1) ¿Cuáles son sus funciones como supervisor?
 - a) ¿Cuántos operarios trabajan en la línea de swellex?
 - b) ¿Cuál es el horario de trabajo?
 - c) ¿Considera que son suficiente trabajadores para desempeñar las actividades del área?
- 2) ¿Cuáles son las operaciones de la línea de producción?
- 3) ¿Conoce la existencia de un plan de trabajo para realizar el proceso de producción de swellex?
 - a) ¿Cuál es?
 - b) ¿Se cumple?
- 4) Como supervisor de la línea ¿Considera que existe alguna actividad innecesaria en el área?
- 5) ¿Existen desperdicios en el proceso de la línea de swellex?
 - a) ¿Qué clase de desperdicio?
 - b) ¿Con que frecuencia?
 - c) Como supervisor de la línea ¿Cuáles cree que son las causas o motivos de las horas muertas en la línea?
 - d) Como supervisor de la línea ¿Cuáles considera que son los motivos de las paradas de la maquina?
- 6) ¿Cuál es la meta de producción diaria, semanal y Mensual?
 - a) ¿Se llega a la meta? ¿Por qué?
- 7) ¿Ha recibido capacitación para realizar sus funciones como supervisor?
 - a) ¿Los trabajadores que operan en la línea de producción de swellex han recibido capacitación?
 - b) ¿Cada cuánto tiempo reciben o recibieron capacitación?
- 8) ¿Cuáles son los objetivos del área?
- 9) ¿Cómo resuelven los problemas imprevistos que suceden durante el proceso?
- 10) Mencione los problemas que se han presentado en la línea de producción de swellex durante los últimos cinco meses.

- **Observación.** La observación se dio durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y octubre del presente año; la cual fue directa, no participativa y estructurada. De la observación se logró recolectar los datos para el estudio de tiempos de cada proceso de la línea de producción de swellex, también se pudo presenciar su proceso de producción y los problemas que a diario presenta la línea.

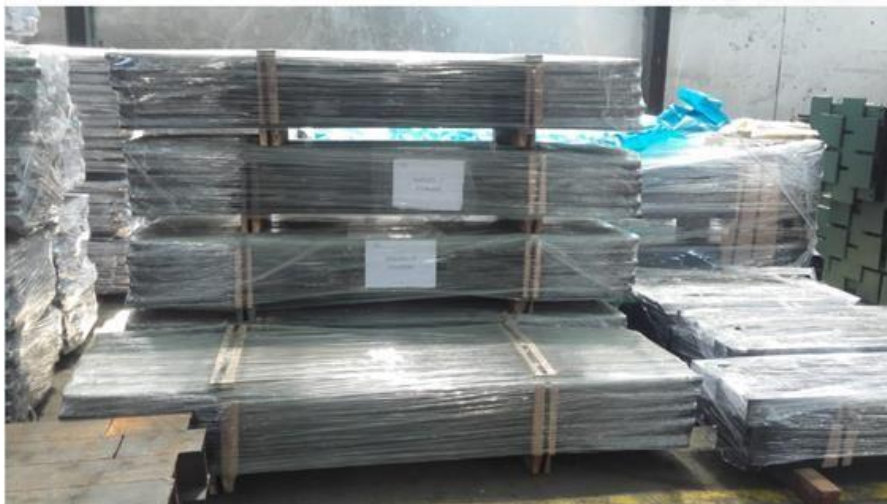


Figura 3. Almacén de producto terminado swellex, fotografía durante las observaciones del proceso de producción de swellex
Fuente: FORMIN SAC.



Figura 4. Zona de producción, fotografía tomada durante las observaciones del proceso de producción de swellex
Fuente: FORMIN SAC

Capítulo 4

Resultados encontrados

Análisis descriptivo de la información

Descripción de la empresa

La empresa en estudio FORMIN S.A.C., con 33 años en el mercado nacional, es una empresa del rubro metalmecánico dedicada a la fabricación y distribución de elementos para sostenimiento de Túneles y Taludes, para minas.

Tabla 4.

Información general de la empresa.

<i>Información general de la empresa</i>	
Razón social	INDUSTRIA DE FORTIFICACION MINERA S.A.C. - FORMIN
Gerente General	Arenas Lozada Luis Francisco
RUC	20101462910
Dirección	Av. Argentina Nro. 751 (3er Piso)
Tipo empresa	Sociedad Anónima

Nota. Elaboración propia

Inicialmente la empresa contaba con tres líneas de producción: cimbras, split set y mallas electrosoldadas; a partir de octubre de 2018 se implementó la línea de producción de swellex donde únicamente se producían pruebas del producto, la producción para clientes externos inicio en el mes de mayo del presente año y en julio firmó un contrato con una importante compañía minera convirtiéndose así para la empresa en la principal línea de producción por generar mayor margen de utilidades. Su principal materia prima es el acero, del cual se abastece en presentaciones de vigas tipo WF, bobinas, varillas lisas y corrugadas, planchas, etc. las cuales

en su mayoría provienen de fabricantes extranjeros. Actualmente la empresa cuenta con cuatro líneas de producción:

- **Cimbras.** Este producto sirve para el sostenimiento en la construcción de túneles en la mina en límites rocosos. Esta elaborado de vigas W de acero para asegurar las resistencias, el proceso de fabricación de cimbras se inicia según las especificaciones del cliente, por lo que el producto tiene diferentes dimensiones.



Figura 1. Cimbras en la mina El Fénix, en proceso de ser instaladas en los túneles de la mina
Fuente: Mina El Fenix.

- **Swellex.** Son pernos de anclaje que sirve como refuerzo de techo principalmente en la construcción de túneles en la mina. El tubo de swellex es colocado en un agujero dentro de las paredes donde se ingresa por fricción y se adhiere el producto por una presión hidráulica dentro de las mismas. La resistencia del producto oscila en un rango de 14 a 16 toneladas.



Figura 2. Swellex.
Fuente: Fuerza minera.

- **Split set.** Posee la misma función del tubo de Swellex, debido a que también es un perno de anclaje. Sin embargo, la diferencia es que tiene menor resistencia ya que es de 11 a 12 toneladas.



Figura 3. Split set; perno de anclaje.
Fuente: Fuerza Minera

- **Mallas electrosoldadas.** Las mallas electrosoldadas funcionan como complemento de las cimbras, swellex o split set, debido a que sirve para el sostenimiento en los túneles en los socavones de las minas, está compuesto por barras lisas y laminadas en frío de manera longitudinal y transversal, donde se cruzan de manera rectangular y se encuentran soldadas en las uniones de estas.



Figura 4. Mallas electrosoldadas; Instalación de mallas electrosoldadas.
Fuente: Fuerza Minera.

Para la elaboración de estos productos cuenta con una Roladora Vertical Digital, especial para la roladora de vigas WF, tubos, ángulos, platinas y otros; cizalla múltiple, conformadora,

máquina de reducción, prensa horizontal, máquina de soldar, brazo robótico, taladro y bomba neumática.

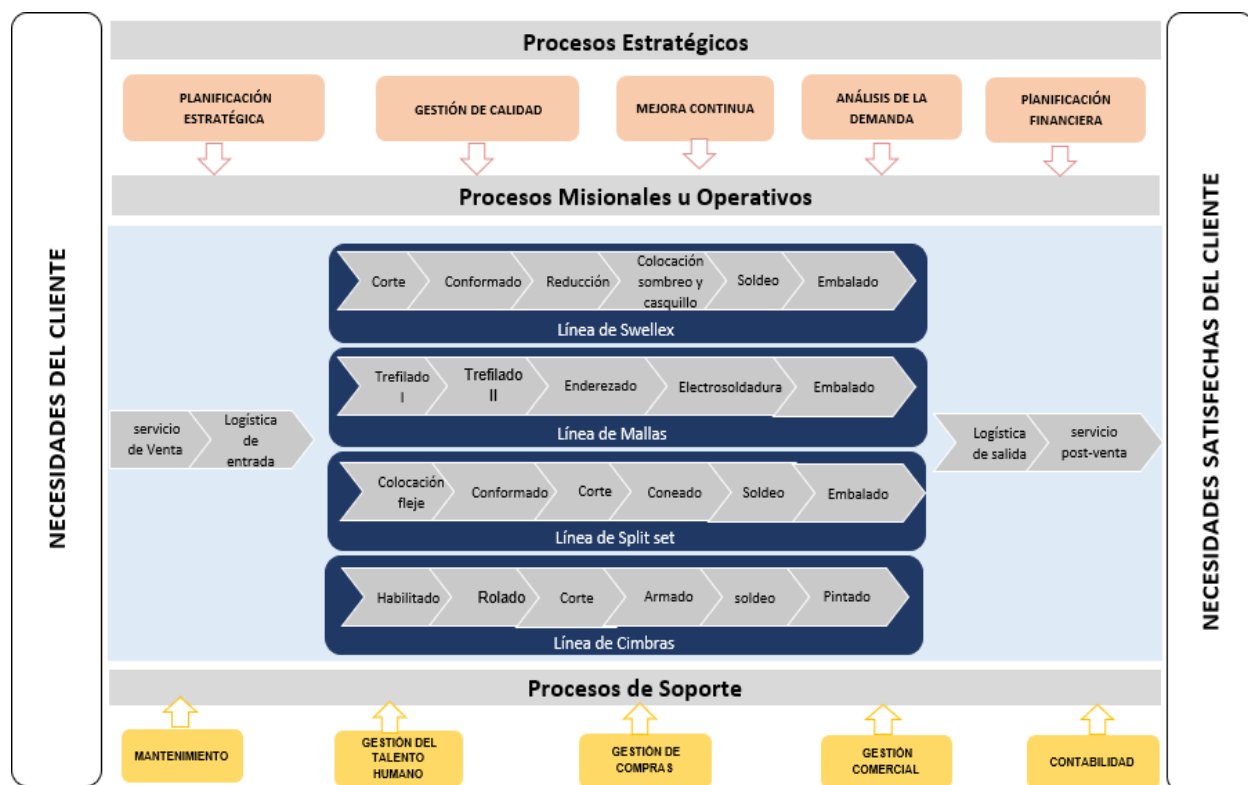


Figura 5. Mapa de procesos de la empresa en estudio.
Fuente: elaboración propia

- **Necesidad del cliente:** Las compañías mineras tienen la necesidad de obtener herramientas que cumplan con altos estándares de calidad para permitir y asegurar el buen sostenimiento de taludes y túneles en los socavones, las cuales son las siguientes:
 - ✓ Entrega de certificado de calidad del producto, asegurando una resistencia entre 14 a 16 toneladas.
 - ✓ Entrega de producto según el horario de entrega de la orden de compra emitida por el cliente
 - ✓ La forma de pago es con factura de 45 a 60 días
 - ✓ Servicio postventa para instalación de productos

- **Planificación estratégica:** En la alta dirección se realizan reuniones diariamente donde se desarrolla y plantea las acciones que se tomará para incrementar la rentabilidad de la empresa.
- **Gestión de calidad:** La empresa se encarga de mantener la calidad de sus productos mediante indicadores (amperaje, calibre, etc.) para asegurar la resistencia en las minas. Los supervisores se encargan de inspeccionar los registros de los indicadores diariamente.
- **Mejora Continua:** Se cuenta con un área de proyectos para realizar mejoras en el área productiva de la organización. Así, por ejemplo, la implementación de la automatización en el proceso de producción de Swellex.
- **Análisis de la demanda:** El área de ventas junto a la alta dirección evalúa mensualmente a los clientes potenciales, en ese sentido se analiza la segmentación del mercado.
- **Planificación financiera:** Se realiza reuniones mensuales donde gerencia evalúa si alcanzan los objetivos financieros planteados y se plantean métodos para alcanzarlo.
- **Servicio de venta:** El área de ventas contacta al cliente para ofrecer el producto, cuando el cliente acepta, el área se encarga de emitir el pedido del cliente hacia el área de almacén para averiguar si se encuentra en stock o al área de producción para la fabricación del producto.
- **Logística de entrada:** El área de logística recibe los pedidos del área de producción para realizar las órdenes de compra, para el ingreso de los insumos para la elaboración del producto.
- **Proceso productivo:** En el área de producción recibe los insumos para la elaboración de 4 líneas de producción: swellex, Split set, mallas electrosoldadas y cimbras, los cuales van dirigidos al sector minero.

- **Logística de salida:** El área de logística organiza la salida del producto con respecto a la información entregada del área de ventas, para la entrega al cliente.
- **Servicio postventa:** El personal especializado de la empresa se dirige a las minas para probar la instalación de los productos.
- **Mantenimiento:** Se cuenta con dos áreas de mantenimiento para las dos plantas que tiene la empresa, lo cual se abastece con mecánicos y electricistas para el cuidado de las máquinas.
- **Gestión del talento humano:** El área de Recursos Humanos evalúa al personal, donde se realiza un incentivo a quienes cumplen con sus labores diarias.
- **Gestión de compras:** El área de gestión de compras recepciona las órdenes de compra del área de proyectos y de producción para realizar la implementación de nuevos equipos.
- **Gestión comercial:** El área de ventas semanalmente se reúne con gerencia para establecer estrategias para clasificar a los clientes según el volumen de productos que necesitan y hallar los compradores potenciales.
- **Contabilidad:** Se cuenta con el área de contabilidad para conocer los estados patrimoniales de la empresa. Asimismo, conocer mensualmente la relación entre sus activos y pasivos.
- **Necesidades satisfechas de los clientes:** Mediante encuestas el área de ventas mide la satisfacción del cliente, lo cual indica que se ha cumplido con los estándares de calidad de los productos según la norma ASTM.





Descripción del producto en estudio

El swellex, también conocidos como Airbolt, son pernos de anclaje que sirve como refuerzo para el techo principalmente en la construcción de túneles en la mina. El tubo de swellex es colocado en un agujero dentro de las paredes donde se ingresa por fricción y se

adhiera el producto por una presión hidráulica dentro de las mismas. La materia prima que se requiere para fabricar el swellex son cuatro y las podemos observar en el siguiente cuadro:

Tabla 5.

Cuadro de materias primas.

<i>Parte</i>	<i>Materia prima</i>	<i>Imagen</i>
Tubo swellex	Tubos LAC SP RD 1.1 que miden 4" x 2.50m x 6.25m	
Sombrero	Tubos LAC SP RD que miden 1" x 2.50m x 6.40m	
Casquillo	Tubos LAF SP RD MC 1.1 que miden 8" x 2.00m x 6.00m	
Placa	Fleje EN10149S500 MC que tienen 2.3 mm de espesor	

Nota. Elaboración propia

La resistencia del producto oscila en un rango de 14 a 16 toneladas, para su fabricación se utilizan medidas estándar de 2.096 metros de largo y 29 mm de diámetro de tubo y un sombrero de 30 mm de diámetro.

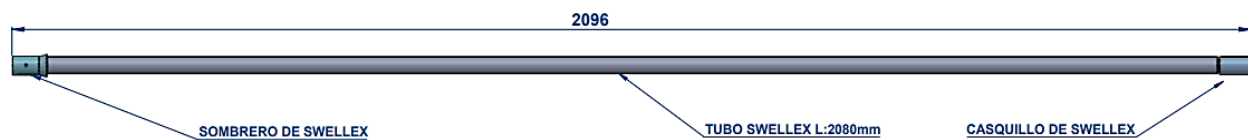


Figura 6. Dimensiones del tubo swellex

Fuente: Manual de procedimientos de FORMIN S.A.C.

Descripción de la línea de producción de swellex

El espacio de trabajo con el que cuenta la línea de producción de swellex consta de un área de 399.81 m², área en el que están distribuidos las 9 máquinas: cizalla múltiple, máquina conformadora, máquina de reducción de sombrero, máquina de reducción de casquillo, prensa horizontal, máquina de soldeo de casquillo, pulverizador, máquina de soldeo de sombrero, taladro, bomba neumática, prensa excéntrica y máquina CNC.

Se cuenta con un supervisor de la línea de producción de swellex, nueve trabajadores entre operarios y ayudantes más un soldador. La empresa maneja una jornada laboral de 8 horas en horario diurno el cual inicia a las 7:00 am y termina a las 3:45 pm, con un refrigerio de 45 minutos.



Figura 7. Área de producción del swellex.
Fuente: FORMIN S.A.C.

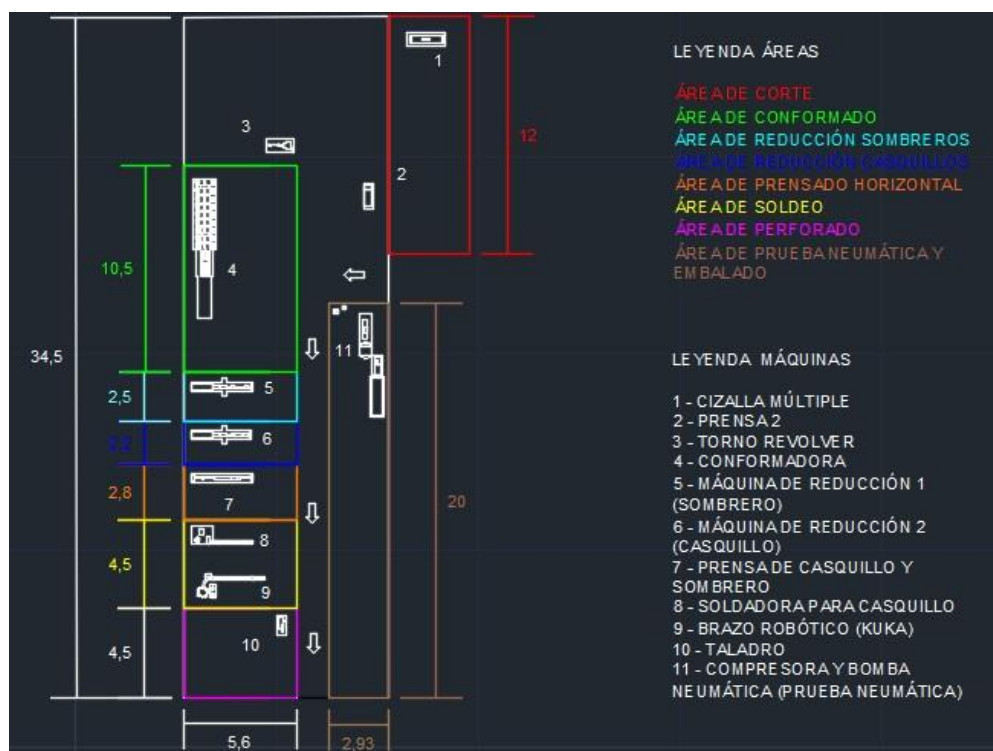


Figura 8. Layout del área de producción de swellex; esta información fue obtenida de la empresa.
Fuente: Elaboración propia.

Las operaciones que se llevan a cabo en el proceso de producción de swellex son: corte, conformado, pre-reducción de sombrero, reducción de sombrero, reducción de casquillo,

colocación de casquillo, colocación de sombrero, presado horizontal, soldeo casquillo, soldeo sombrero, perforado, prueba neumática y por último el embalado.

A las cuales se le realizó un estudio de tiempo que se puede observar a detalle en el anexo N°4. En la tabla 5 se muestra en síntesis las operaciones, el tiempo estándar de cada uno, piezas producidas por hora, en un supuesto rendimiento de 100% y las piezas producidas por hora con un rendimiento de 75%.

Tabla 6.

Cuadro resumen del estudio de tiempo.

<i>N°</i>	<i>Operación</i>	<i>Tiempo estándar</i>	<i>Und.</i>	<i>Piezas/hora Rendimiento 100%</i>	<i>Piezas/hora Rendimiento 75%</i>
1	Corte	50.17	Seg.	215.28	161.46
2	Conformado	10.83	Seg.	332.55	249.42
3	Reducción sombrero	21.88	Seg.	164.55	123.42
4	Reducción casquillo	28.53	Seg.	126.21	94.65
5	Colocar sombrero	18.80	Seg.	191.45	143.58
6	Colocar casquillo	14.19	Seg.	253.76	190.32
7	Prensado horizontal	32.50	Seg.	110.77	83.08
8	Soldeo casquillo	28.32	Seg.	127.12	95.34
9	Soldeo sombrero	25.00	Seg.	144.00	108.00
10	Perforación	22.16	Seg.	162.45	121.84
11	Prueba neumática	21.11	Seg.	170.50	127.87
12	Embalado	1.69	Min.	35.57	26.68

Nota. elaboración propia

Con estos datos se elaboró el diagrama de operaciones de proceso (DOP), el diagrama de análisis de proceso (DAP) y el mapa de flujo de valor (VSM) actual, que observamos a continuación.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO		
Diagrama N° 1	Hoja: 1 de 1	Método: Actual
Producto: Swellex		Departamento: Producción
		Lugar: Planta 2
Actividad: Producción de Tubo Swellex		Compuesto por: Katherine Chávez y Jael Raymondi Palacios
		Fecha: 12/10/2019

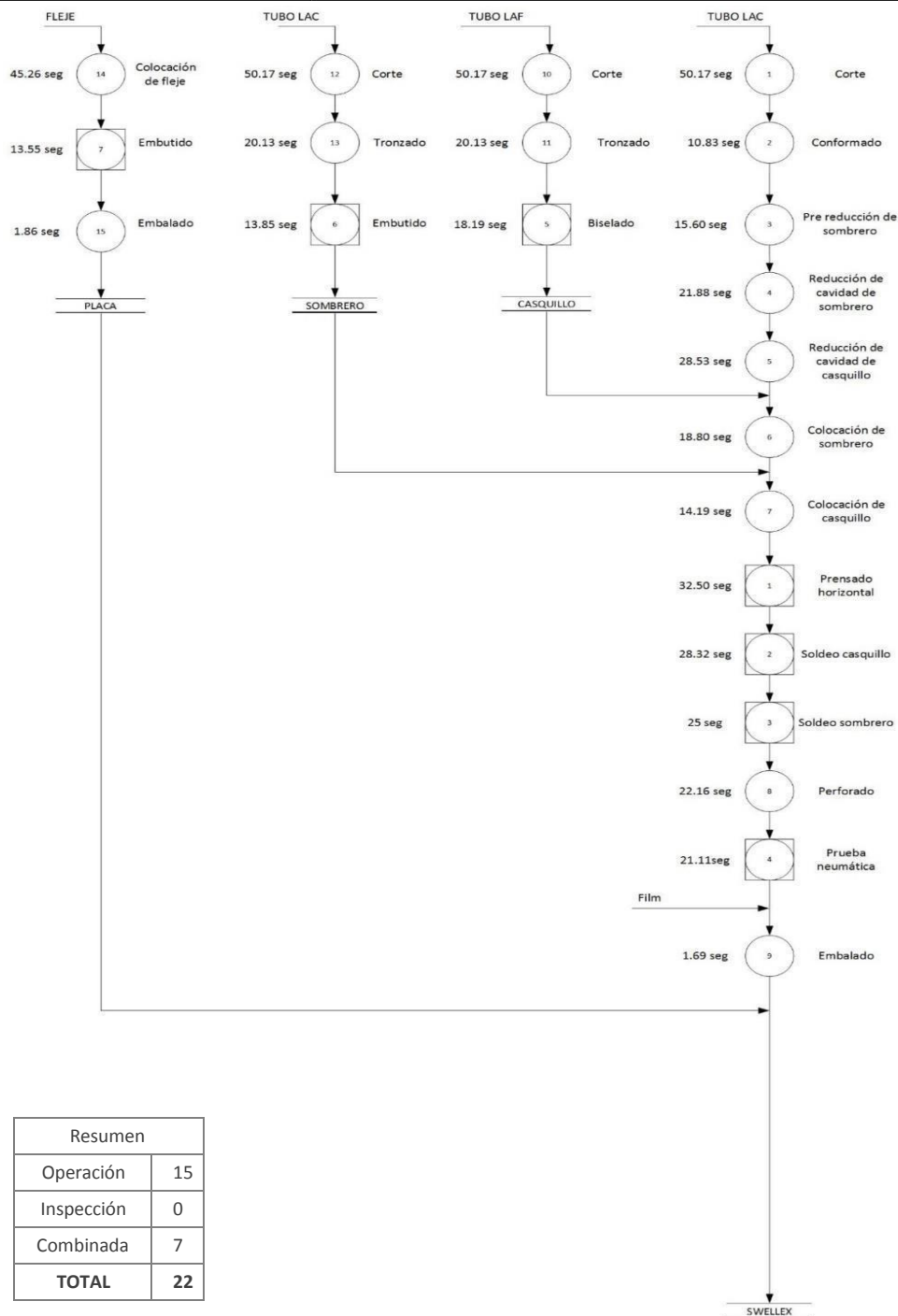


Figura 9. Diagrama de operaciones de proceso actual
Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS											
Empresa: FORMIN S.A.C					Fecha: 12/10/2019						
Área: PRODUCCIÓN					Metodo de trabajo: Real						
Producto: Tubo Swellex					Elaborado por:		Katherine Chávez				
					Revisado por:		Ing. Emerson Paico				
					Aprobado por:		Ing. Luis Arenas				
Proceso	Descripción	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacén	Tiempo		Cantidad	Distancia	Observación
		○	□	⇒	D	▽	Min	Seg	Unid.	Mts.	
Corte	colocación del tubo LAC en el soporte	●					1.13	68	12	0.5	
	Trasladar el tubo LAC a cizalla múltiple	●					0.17	10.1		0.5	
	Corte del tubo LAC	●					0.08	5			
	Trasladar hacia apilador	●					0.08	4.5		0.5	
Conformado	Traslado a zona de trabajo			●			8.00	480		3	
	Conformado	●					0.16	9.67			
Pre reducción de sombrero	Traslado a zona de trabajo			●							
	pre reducción de sombrero	●									
	Apilar	●									
Reducción de la cavidad de sombrero	Traslado hacia máquina de reducción	●					0.11	6.3		0.5	
	Reducción	●					0.17	10.4			
	Apilar	●					0.05	2.9			
Reducción de la cavidad de casquillo	Traslado hacia máquina de reducción			●			0.10	6.1		1	
	Reducción	●					0.27	15.97			
	Apilado	●					0.06	3.38			
Colocación sombrero	Insertar sombrero	●					0.31	18.8			
Colocación casquillo	Insertar casquillo	●					0.24	14.19			
Prensado Horizontal	Traslado hacia prensa horizontal	●					0.10	6.1		0.3	
	Prensado	●		●			0.37	22.2			
	Apilado	●					0.06	3.3			
Soldeo casquillo	colocación en la máquina de soldar	●					0.11	6.4			
	Pulverizado	●					0.83	50			
	Soldeo	●		●			0.29	17.25			
	Apilado	●					0.04	2.2			
Soldeo sombrero	Traslado hacia máquina de soldar			●			0.08	4.54			
	Pulverizado	●					1.30	90			
	Soldeo	●		●			0.26	15.63			
	Apilado	●					0.04	2.15			
Perforado	Traslado hacia Taladro			●			0.10	5.71			
	Peforado	●					0.17	10.36			
	Apilado	●					0.06	3.71	50		
	Traslado a zona de Prueba neumática			●			3.00	180	50		
Prueba neumática	Traslado	●					1.15	69	50		
	Pulverizado	●					0.06	3.84			
	Prueba neumática	●		●			0.16	9.42			
	Traslado	●					0.09	5.42			
Embalado	Traslado	●					0.43	25.73			
	Embalado	●					0.85	51.09			
	Traslado	●					0.23	13.55	1.5		
Almacen de PT	Almacenamiento de productos terminados	●				5.30	318				
Totales		9	7	4	0	2	20.68	1253	72	6.3	

Figura 10. Diagrama de análisis de proceso actual
Fuente: Elaboración propia.

- **Mapa de flujo de valor (VSM)**

Se describirá cada proceso desde el cliente hasta al almacenamiento del producto.

Tabla 7.

Procesos para la fabricación de swellex.

<i>Proceso</i>	<i>Descripción</i>
Cliente	El cliente realiza la orden de compra de su pedido hacia el departamento de ventas.
Proveedor	Se encargará de enviar los insumos para iniciar el proceso productivo.
Jefe de planta	Se encarga de recibir los materiales y el plano detallado para la fabricación del producto.
Almacén de materia prima	Se recepciona los insumos y materiales por parte de los proveedores
Corte	En esta operación el tubo soporta un corte de 2070 mm.
Conformado	En esta operación, el material sufre una deformación plástica para obtener una forma tubular.
Pre-reducción de sombrero	
Reducción de sombrero	Uno de los extremos del Swellex, donde se coloca el sombrero, sufre una disminución en el diámetro
Reducción de casquillo	Uno de los extremos del Swellex, donde se coloca el sombrero, sufre una disminución en el diámetro
Colocación de casquillo	Uno de los extremos del Swellex, donde se coloca el sombrero, sufre una disminución en el diámetro
Colocación de sombrero	Uno de los extremos del Swellex, donde se coloca el sombrero, sufre una disminución en el diámetro
Prensado horizontal	Introducir el sombrero y casquillo al swellex a una distancia de 8 mm de separación y conformar internamente para sellar las paredes laterales.
Soldeo de casquillo	Introducir el sombrero y casquillo al swellex a una distancia de 8 mm de separación y conformar internamente para sellar las paredes laterales.
Soldeo de sombrero	Introducir el sombrero y casquillo al swellex a una distancia de 8 mm de separación y conformar internamente para sellar las paredes laterales.
Perforado	Introducir el sombrero y casquillo al swellex a una distancia de 8 mm de separación y conformar internamente para sellar las paredes laterales.
Prueba neumática	En esta operación se utiliza la presión del aire para ensayar las tuberías de fuga. De igual manera, sirve para limpiar y secar el sistema de tubería, permitiendo que la tubería quede lista al final del ensayo.

Embalado	En esta operación se utiliza la presión del aire para ensayar las tuberías de fuga. De igual manera, sirve para limpiar y secar el sistema de tubería, permitiendo que la tubería quede lista al final del ensayo.
Almacén de producto terminado	Una vez culminada la fabricación de tubo swellex se procede a enviarlos al almacén de productos terminados, donde se empaca en 200 unidades.

Nota. Elaboración propia

Segundo, se conoce que el cliente efectúa una orden por 15,000 unidades mensuales durante un año. Se considera 26 días del mes, debido a que se descuentan los domingos que son los únicos días que no se labora. Asimismo, de la evaluación del estudio de tiempo se determina el tiempo de ciclo individual, con ello se halla el tiempo de ciclo total (Soconini, 2014).

Tabla 8.

Recolección de datos de tiempos entre procesos.

<i>Procesos</i>	<i>Tiempo entre procesos</i>
Almacén MP - Corte	5 minutos
Corte - Conformado	3 minutos
Conformado – Pre reducción	6 segundos
Pre reducción – Reducción sombrero	7 segundos
Reducción sombrero – Reducción casquillo	7 segundos
Reducción casquillo – Colocación casquillo	6 segundos
Colocación casquillo – Colocación sombrero	5 segundos
Colocación sombrero – Prensado horizontal	19 segundos
Prensado horizontal – Soldeo casquillo	40 segundos
Soldeo casquillo – Soldeo sombrero	90 segundos
Soldeo sombrero – Perforado	7 segundos
Perforado – Prueba neumática	3 minutos
Prueba neumática - Embalado	20 segundos
Embalado – Producto terminado	5.30 minutos

Nota. Elaboración propia.

procesos	TIEMPO DE CICLO INDIVIDUAL													Tiempo de ciclo total	
	Corte	Conformado	Pre-reducción	Reducción sombrero	Reducción casquillo	Colocación sombrero	Colocación casquillo	Prensado horizontal	Soldeo casquillo	Soldeo sombrero	Perforado	Prueba neumática	Embalado		
producto terminado	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg	seg
Swellex	16.7	10.8	14.5	21.8	28.5	18.1	14.2	32.5	28.3	24.9	26.1	21.1	50	308.3	

Figura 11. Tiempo de ciclo individual y total

Fuente: Elaboración propia.

Se procede a determinar el takt time, donde se halla de la siguiente manera:

Tiempo disponible por día

$$= 8.45 \text{ horas} - 45 \text{ minutos de refrigerio} = 8 \text{ horas} \langle \rangle 480 \text{ minutos}$$

$$480 \frac{\text{min}}{\text{turno}} \times 1 \text{ turno} \times 60 \frac{\text{seg}}{\text{min}} = 28,800 \text{ segundos}$$

$$\text{Demanda mensual} = 15,000 \text{ unidades}$$

$$\text{Demanda diaria} = \frac{15,000 \text{ unidades}}{26 \text{ días disponibles}} = 576.92 \langle \rangle 577 \text{ unidades}$$

$$\text{Takt time} = \frac{28,800 \text{ segundos}}{577 \text{ unidades}} = 49.91 \frac{\text{segundos}}{\text{pieza}}$$

Se puede visualizar la demanda y el takt time para la demanda mensual que requiere el cliente de 15,000 unidades de Swellex, contando con un tiempo disponible diario de 28,800 segundos, que resulta un tiempo takt de 49.91 segundos por pieza.

Tabla 9.

Superficie de cada área de proceso.

<i>Procesos</i>	<i>Superficie (m²)</i>
Corte	48.6
Conformado	56
Pre reducción de sombrero	8.4
Reducción de sombrero	11.2
Reducción de casquillo	11.2
Colocación de sombrero	5.6
Colocación de casquillo	5.6
Prensado horizontal	11.2
Soldeo de casquillo	12.6
Soldeo de sombrero	12.6
Perforado	25.2
Prueba neumática	14.65
Embalado	7.5

Nota. Elaboración propia

Se da a conocer el tiempo disponible, la cantidad de operarios, el inventario y turno de la línea de swellex para establecer el Value Stream Map actual de la empresa.

Tabla 10.

Datos para el mapa de flujo de valor.

<i>Procesos</i>	<i>Tiempo de ciclo</i>	<i>Tiempo disponible</i>	<i>Operarios</i>	<i>Turno</i>
Corte	16.7''	28,800'' <>480'	2	1
Conformado	10.8''	28,800'' <>480'	1	1
Pre reducción de sombrero	14.5''	28,800'' <>480'	1	1
Reducción de sombrero	21.8''	28,800'' <>480'	1	1
Reducción de casquillo	28.5''	28,800'' <>480'	1	1
Colocación de sombrero	18.1''	28,800'' <>480'	1	1
Colocación de casquillo	14.1''	28,800'' <>480'	1	1
Prensado horizontal	32.5''	28,800'' <>480'	1	1
Soldeo de casquillo	28.3''	28,800'' <>480'	1	1
Soldeo de sombrero	24.9''	28,800'' <>480'	1	1
Perforado	22.1''	28,800'' <>480'	1	1
Prueba neumática	21.1''	28,800'' <>480'	1	1
Embalado	50''	28,800'' <>480'	2	1

Nota. Elaboración propia

Por consecuencia, se establece el value stream map actual de la situación de la empresa.

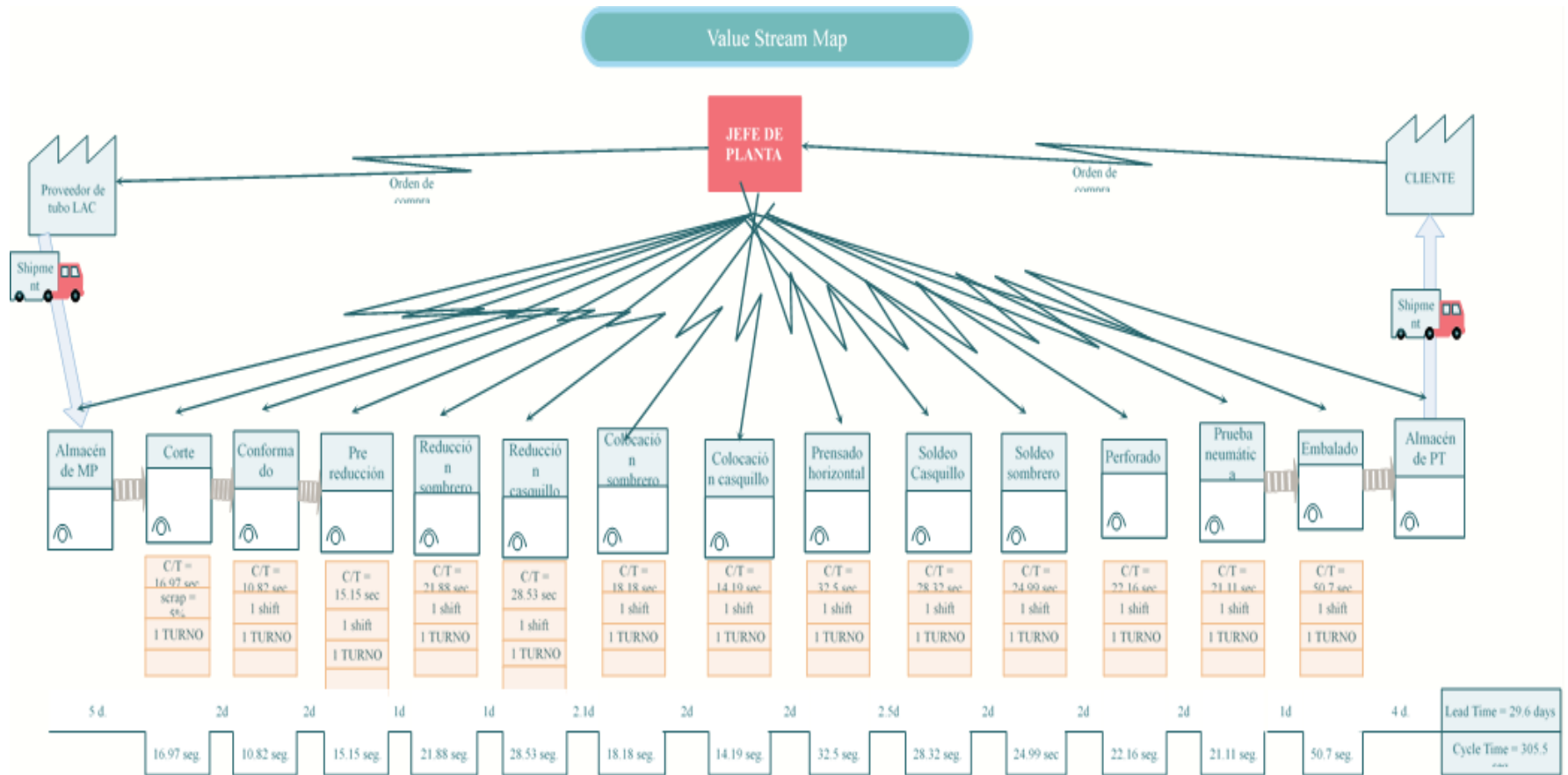


Figura 12. Mapa de flujo de valor actual.

Fuente. Elaboración propia.

En la empresa se trabajan 26 días al mes, durante ese periodo se debe cumplir con producir 15,000 unidades. Sin embargo, del mapa de flujo de valor actual se puede observar que el Lead time es de 29.6 días y el tiempo de ciclo de la empresa es de 305.5 segundos, estos resultados muestran que existe un retraso de 4 días en la producción de la cantidad pactada. Esto conlleva a que el cliente no reciba el pedido completo en la fecha esperada.

Capítulo 5

Análisis y discusión

Análisis

Se recolecto información desde el mes de mayo, donde se observó los problemas que ocurría cada mes, al evaluar la producción de swellex. Se muestra en el siguiente cuadro el registro de información de los sucesos en cada mes.

Tabla 11.

Problemas de la línea de swellex.

<i>Mes</i>	<i>Problemas de la línea de swellex</i>
Mayo	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de máquina conformadora • Modificación en las matrices de reducción • Mantenimiento correctivo
Junio	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de máquina • Espacios vacíos en el área de producción • Falta de capacidad de los operarios de producción • Mantenimiento correctivo
Julio	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de materia prima • Parada de máquina • Mantenimiento correctivo
Agosto	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de máquina de soldar • Reprocesos • Falta de capacidad de los operarios de producción • Mantenimiento correctivo
Setiembre	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de desperdicios • Falta de pre-reducción del material • Parada de máquina conformadora • Mantenimiento correctivo

Nota. Elaboración propia.

El anexo N°4 se puede observar a detalle los problemas ocurridos con las máquinas durante el periodo de evaluación, así como la duración de este. Del registro se puede observar que el problema más común que se ha presentado en la línea de producción ha sido la parada de máquina que se solucionaban con el mantenimiento correctivo.

Una vez obtenidos los datos de los problemas que influyen en la producción, se registró las cantidades de producción diarias de los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre por fecha para evaluar el comportamiento de la producción de la línea.

MAYO						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3 100 und.	4 100 und.
5	6 100 und.	7 120 und.	8	9	10	11
12	13 350 und.	14 314 und.	15	16	17 270 und.	18 526 und.
19	20 306 und.	21 177 und.	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Figura 13. Cantidad de producción en el mes de mayo.
Fuente: Elaboración propia.

JUNIO						
D	L	M	M	J	V	S
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11 200 und.	12 250 und.	13 550 und.	14 460 und.	15 130 und.
16	17	18 320 und.	19 550 und.	20 450 und.	21 400 und.	22 380 und.
23 420 und.	24 550 und.	25 550 und.	26 550 und.	27 550 und.	28 550 und.	29 550 und.
30 520 und.						

Figura 14. Cantidad de producción en el mes de junio.
Fuente: Elaboración propia.

JULIO						
D	L	M	M	J	V	S
	1 378 und.	2 410 und.	3 500 und.	4 515 und.	5 520 und.	6
7	8 415 und.	9 115und.	10 550 und.	11 415 und.	12 240 und.	13 355 und.
14	15 181 und.	16 204 und.	17 520 und.	18 480 und.	19 500 und.	20 200 und.
21	22	23 100 und.	24 360 und.	25 370 und.	26 170 und.	27
28	29	30 450 und.	31 250 und.			

Figura 15. Cantidad de producción en el mes de julio.
Fuente: Elaboración propia.

AGOSTO						
D	L	M	M	J	V	S
				1 510 und.	2 520 und.	3 514 und.
4	5 550 und.	6 512 und.	7 526 und.	8	9	10
11	12	13	14	15	16 420 und.	17 350 und.
18	19 400 und.	20 320 und.	21 340 und.	22 418 und.	23 410 und.	24 420 und.
25	26 415 und.	27	28	29	30	31 410 und.

Figura 16. Cantidad de producción en el mes de agosto.
Fuente: Elaboración propia.

SETIEMBRE						
D	L	M	M	J	V	S
1	2 492 und.	3 510 und.	4 460 und.	5 420 und.	6 500 und.	7 490 und.
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23 450 und.	24 410 und.	25 430 und.	26 491 und.	27	28
29	30					

Figura 17. Cantidad de producción en el mes de setiembre.
Fuente: Elaboración Propia.

Discusión

Se procede a realizar un histograma para evaluar el comportamiento de la producción de swellex, para ello primero se halla el valor máximo (500 unidades) y mínimo (100 unidades) de la producción diaria.

Luego, se determina el rango

$$\text{Rango (R)} = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}$$

$$R = 550 \text{ Unid} - 100 \text{ Unid}$$

$$R = 450 \text{ unidades}$$

Luego, se halla el número de intervalos (K) a partir del número de datos (n)

$$K = \sqrt{n}$$

$$K = \sqrt{77}$$

$$K = 8.77 \cong 9 \text{ intervalos}$$

Se ejecuta un cuadro donde se incluye los intervalos, las marcas de clase, la frecuencia que se recolectó como Fuente de información, determinando la frecuencia relativa para estructurar el histograma con respecto a la evaluación de la producción de swellex.

Tabla 12.

Cuadro de frecuencias.

<i>Intervalo de clase</i>		<i>Marcas de clase</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Frecuencia absoluta acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>					
100	150	125	7	7	9%	9%
150	200	175	5	12	7%	16%
200	250	225	4	16	5%	21%
250	300	275	4	20	5%	27%
300	350	325	7	27	9%	36%
350	400	375	7	34	9%	45%
400	450	425	16	50	21%	67%
450	500	475	8	58	11%	77%
500	550	525	17	75	23%	100%

Nota. Elaboración propia.

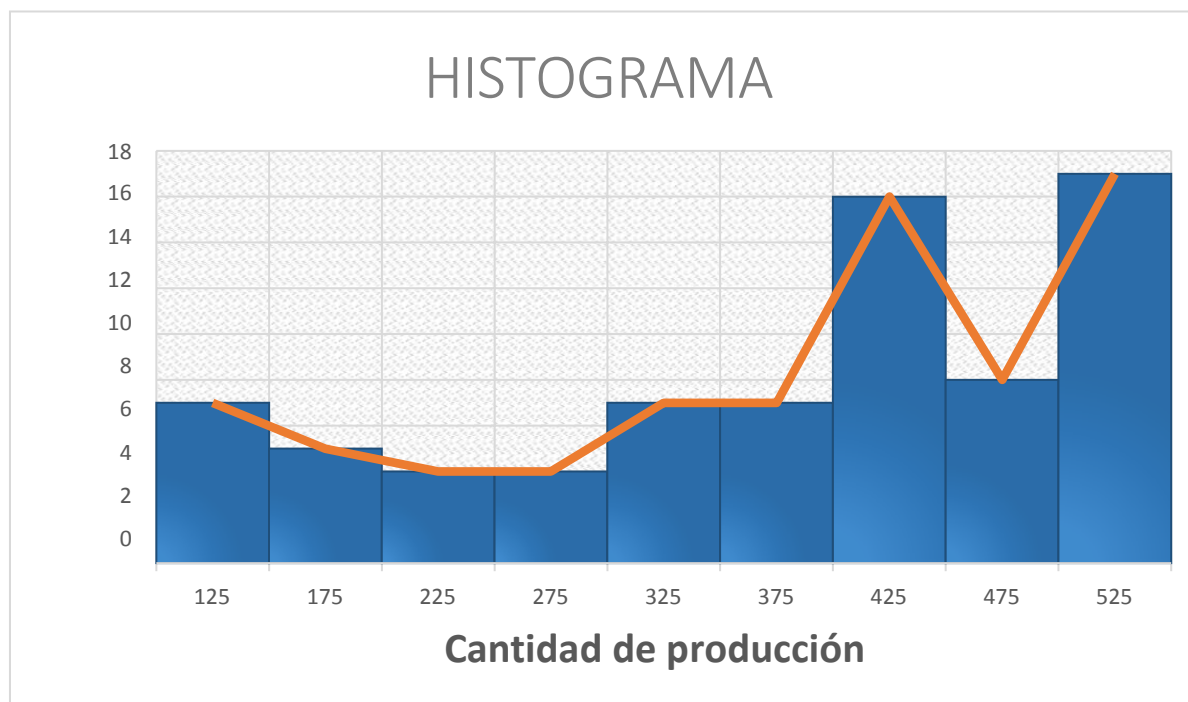


Figura 18. Histograma cantidad de producción.
Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtiene una distribución bimodal, debido a que la forma de la distribución de las cantidades de producción diaria genera dos modas dentro del tiempo de evaluación, lo que refleja una condición diferente y puede ser por diversas causas que serán evaluadas adelante.

Para determinar las causas principales del problema que sucede en la empresa por la cual el comportamiento de la producción no mantiene un equilibrio y no alcanza la meta del programa de producción, se realizó un Brainstorming, donde se recolectó las posibles causas primarias, tomando como referencia la recolección de datos.

Tabla 13.

Causas de la deficiencia en la línea de producción de swellex.

<i>N°</i>	<i>Categoría</i>	<i>Causa primaria</i>
1	Máquina	Tiempos muertos
2	Mano de obra	Falta de sistema de control y capacitación
3	Método	Inadecuada planificación de producción No existe metodología de trabajo establecida
4	Materiales	Inadecuado manejo de abastecimiento de material

Nota. Elaboración propia.

- **Tiempos Muertos.** Debido a la evaluación que se realizó de 5 meses desde el mes de mayo a setiembre se hace referencia al indicador de tiempo productivo de las máquinas la cual de los 131 días de evaluación solo 68 días los procesos no hubo paradas de máquina, por lo cual la operación de los procesos funcionó con normalidad así se concluyó que el tiempo productivo de la máquina es 51.90%.

$$\% \text{ Tiempo productivo de máquina} = \frac{\text{Tiempo real (días)}}{\text{Tiempo disponible (días)}}$$

$$\% \text{ Tiempo productivo de máquina} = \frac{68 \text{ días}}{131 \text{ días}}$$

$$\% \text{ Tiempo productivo de máquina} = 0.51 \langle \rangle 51.90\%$$

- **Falta de sistemas de control y capacitación.** De la entrevista que se realizó al supervisor de la línea de swellex confirmo que ninguno de los operarios ha recibido capacitación para la realización de sus funciones en su puesto de trabajo, porque es una línea de producción nueva y que su implementación es reciente. No obstante, él se encarga de brindar algunas charlas al empezar la jornada laboral, pero se considera un problema debido a que todos los días de todos los productos, tres son defectuosos y pasan por reproceso.

$$\% \text{ Productos defectuosos} = \frac{\text{Productos defectuosos (unidades)}}{\text{Total productos (unidades)}}$$

$$\% \text{ Productos defectuosos} = \frac{765 \text{ unidades}}{18981 \text{ unidades}}$$

$$\% \text{ Productos defectuosos} = 0.04 \langle \rangle 4.03\%$$

- **Inadecuada planificación de producción.** Desde lo mencionado por el supervisor de la línea de swellex, no se cuenta con un método de trabajo establecido, por lo que se incrementa las probabilidades de realizar inadecuadamente las operaciones. Se toma como indicador la cantidad de producción total para conocer la productividad de la empresa.

$$\% \text{ Cumplimiento de producción} = \frac{\text{cantidad real (unidades)}}{\text{Cantidad total (unidades)}}$$

$$\% \text{ Cumplimiento de producción} = \frac{26016 \text{ unidades}}{80000 \text{ unidades}}$$

$$\% \text{ Cumplimiento de producción} = 0.325 \langle \rangle 33\%$$

- **Inadecuado manejo de abastecimiento de material.** En los últimos dos meses de evaluación en la empresa, comenzó a disminuir la producción ya que hubo una inadecuada proyección de materia prima, debido a esto no se podía continuar con el proceso productivo.

Tabla 14.

Cantidad producida durante los meses de mayo a setiembre.

<i>Mes</i>	<i>Cantidad producida</i>	<i>Cantidad meta</i>	<i>Brecha de producción</i>
Mayo	2,363 unidades	15,000 unidades	12,637 unidades
Junio	3,767 unidades	15,000 unidades	11,233 unidades
Julio	8,198 unidades	15,000 unidades	6,802 unidades
Agosto	7,035 unidades	15,000 unidades	7,965 unidades
Septiembre	4,653 unidades	15,000 unidades	10,347 unidades

Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar la línea incrementaba la cantidad de producción por la meta que se debía alcanzar, pero por el fuerte motivo de la falta de material el mes de agosto y septiembre comenzó con la reducción de unidades producidas. Por ende, se llega a la conclusión de que existe una deficiente producción en la línea de swellex.

Paso seguido, se busca el origen de las causas estructurando el diagrama Ishikawa, también llamado causa - efecto, para encontrar una óptima solución para mejorar la línea de producción de swellex en la empresa.

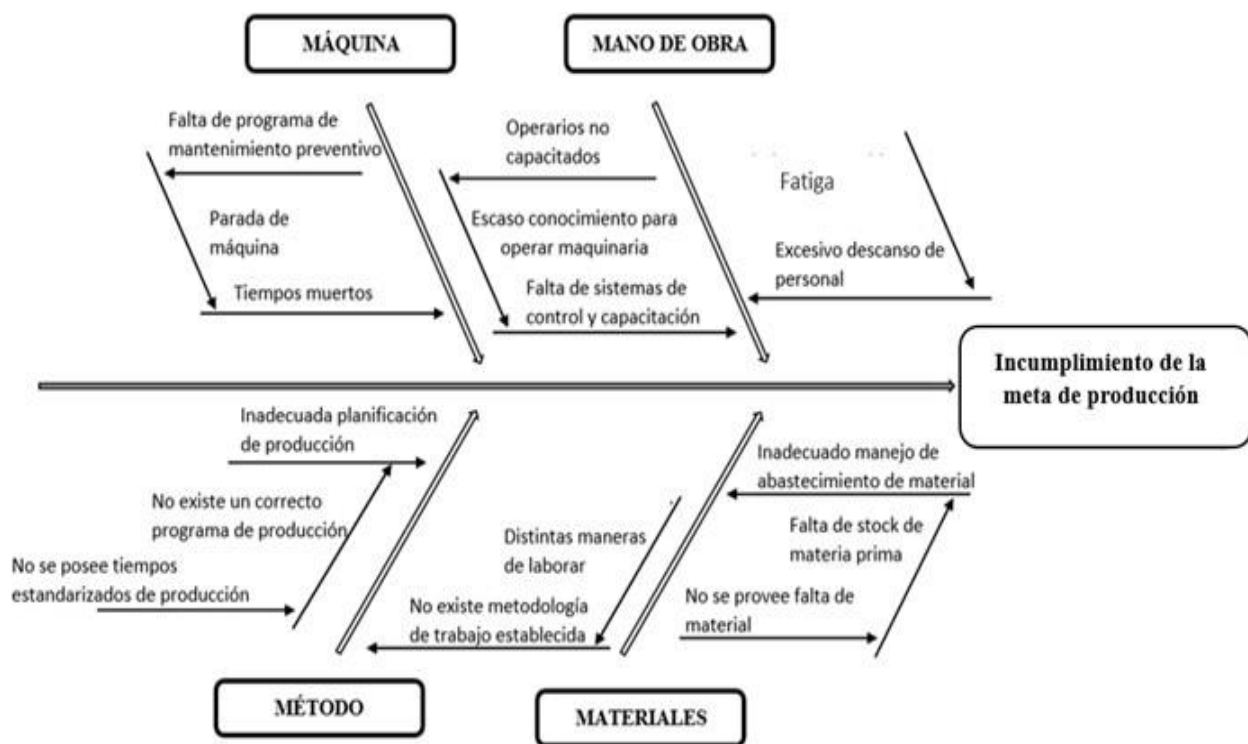


Figura 19. Diagrama de Ishikawa para hallar el origen de las causas.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, ordenaremos los resultados encontrados a través del diagrama Ishikawa para ello se traslada la información del diagrama a un cuadro donde se podrá visualizar mejor las raíces de las causas primarias.

Tabla 15.
Cuadro causas primarias, secundarias y terciarias.

<i>N°</i>	<i>Efecto</i>	<i>Categoría</i>	<i>Causa primaria</i>	<i>Causa secundaria</i>	<i>Causa terciaria</i>
1		Máquina	Tiempos muertos	Parada de máquina	Falta de programa de mantenimiento preventivo
2	Producción deficiente en la línea de swellex	Mano de obra	Excesivo descanso de personal	fatiga	
			Falta de sistema de control y capacitación	Escaso conocimiento para operar	Falta de operarios capacitados
3		Método	Inadecuada planificación de producción	No existe correcto programa de producción	No se posee tiempos estandarizados de operación
			No existe metodología de trabajo establecida	Distintas maneras de laborar	Recorridos innecesarios
4		Materiales	Inadecuado manejo de abastecimiento de material	Falta de stock de materia prima	No se provee falta de material

Nota. Elaboración propia.

Para finalizar el análisis con esta herramienta, se procede a evaluar las raíces de las causas principales donde se considera tres criterios que influye directamente el proceso de la línea de producción de swellex dentro de la empresa, con ello se obtiene una valoración de la causa y se elige la de mayor valor, ya que representa el motivo que más interviene.

Tabla 16.
Evaluación de las causas principales.

<i>Causas</i>	<i>Influye en el problema</i>	<i>Genera pérdidas económicas</i>	<i>Dificultad para corregir</i>	<i>Valoración de la causa</i>
Falta de programa de mantenimiento preventivo.	5	5	5	15
Movimientos repetitivos al realizar el proceso.	3	1	1	3
Falta de operarios capacitados.	3	3	1	7
No se posee tiempos estandarizados de operación	3	1	1	5
Recorridos innecesarios	3	3	1	7
No se provee falta de material	5	5	1	11

Nota. Elaboración propia

Las causas se valoraron bajo el siguiente criterio: mayor (5), medio (3) y bajo (1). De ahí que se deben de tomar en consideración la falta de mantenimiento preventivo debido a que afecta de manera considerable a que la producción no alcance la meta según el análisis planteado. Por consiguiente, se obtiene un registro de la frecuencia de las causas, para ello se realiza una planilla de inspección en la empresa para determinar cuál es la frecuencia durante la evaluación de 5 meses.

Producto	Swellex
Empresa	Industria Fortificación Minera S.A.C.
Fecha de inicio	01/05/2019
Fecha de fin	30/09/2019
Turno	Mañana (7:00 a.m. – 3:45 p.m.)

CAUSAS	FRECUENCIA					TOTAL
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
Falta de programa de mantenimiento preventivo	≡ ≡	≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡ ≡	≡ ≡ ≡	≡ III	63
Fatiga			III			4
Distintas maneras de laborar			III			4
No se posee tiempos estandarizados de operación			III			3
Falta de operarios capacitados			III			3
No se provee falta de material			I		I	2

Figura 20. Planilla de inspección de los meses evaluados (mayo a setiembre).
Fuente: Elaboración propia.

De la planilla de inspección, se detalla de la evaluación que la frecuencia de la falta de mantenimiento preventivo se debe a que de los 153 días hubo una frecuencia de 63 días donde hubo paradas de máquina y afectó la producción, además que el mes de Julio se incrementó la cantidad de unidades producidas, por ello 4 operarios tuvieron fatiga. Además, se integró a la empresa 4 trabajadores por lo que tenían distintas maneras de trabajar y tres no se adecuaban a los tiempos estandarizados y no estaban capacitados, por lo que no se llegaba a la meta del plan de producción.

El mes de Julio se terminó el material y el mes de septiembre no se contaba con stock de materia prima por una inadecuada proyección de material. Para culminar el diagnóstico se representa en la Tabla 17 la frecuencia de la ocurrencia de las causas en el periodo de evaluación y el diagrama de Pareto para determinar con mayor precisión cuál o cuáles son las causas que afectan de manera más considerable con respecto a las demás en la línea de producción de swellex.

Tabla 17.
Cuadro de frecuencias.

<i>Causas</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje relativo</i>	<i>Porcentaje absoluto</i>
Falta de programa de mantenimiento preventivo	63	80%	80%
Fatiga	4	5%	85%
Recorridos innecesarios	4	5%	90%
No se posee tiempos estandarizados de operación	3	4%	94%
Falta de operarios capacitados	3	4%	97%
No se provee falta de material	2	3%	100%

Nota: Elaboración propia.

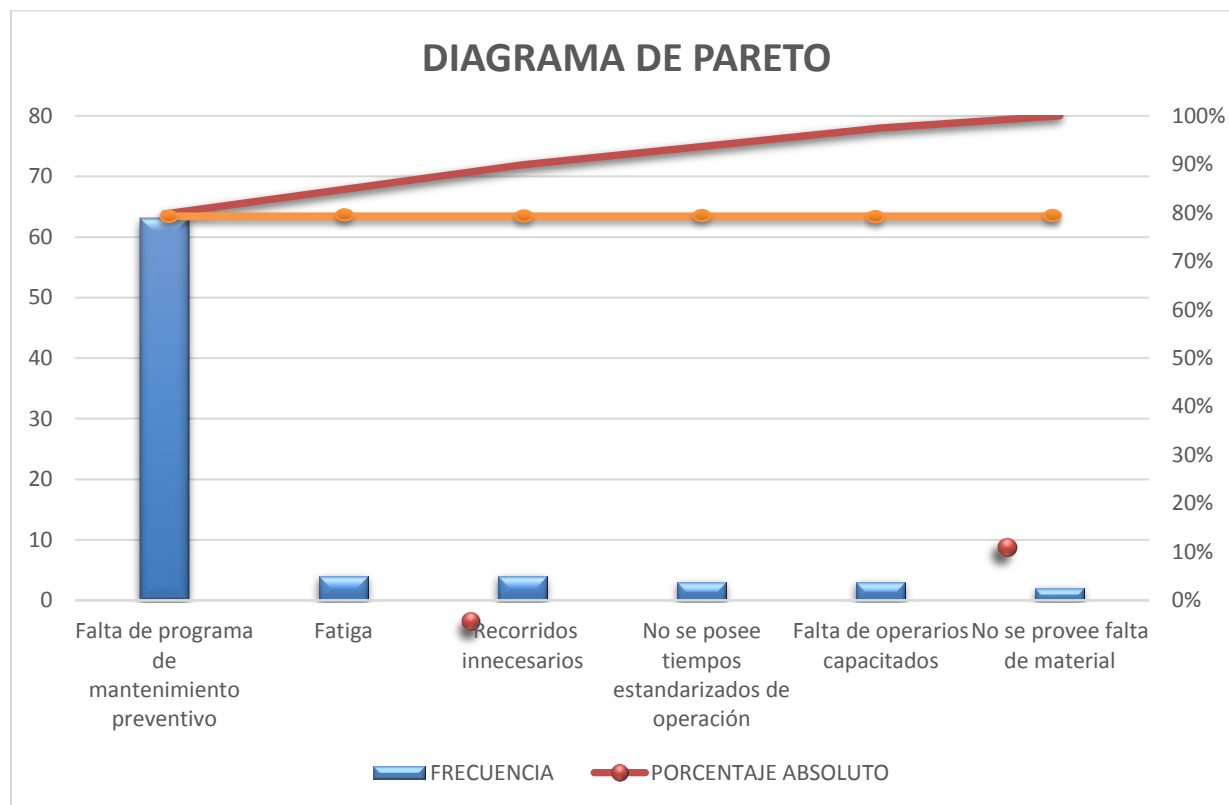


Figura 21. Diagrama de Pareto, a partir del cuadro de frecuencias.
Fuente: Elaboración propia

Del diagrama de Pareto se interpreta que si se resuelve la **falta de programa de mantenimiento preventivo**; se podrá resolver el 80% del problema que actualmente afecta la línea de producción de Swellex en la empresa.

Capítulo 6

Propuesta de mejora

Desarrollo de la propuesta de mejora

En el capítulo 5 se determinó, a partir del gráfico de Pareto, que el problema que más afecta a la producción de swellex es la falta del programa de mantenimiento preventivo esto ocasiona que las máquinas constantemente dejen de funcionar y/o saquen productos defectuosos actualmente la empresa para solucionar esto recurre al mantenimiento correctivo lo es indicio de la falta de un plan de reparación o mantenimiento de las máquinas y equipos; en consecuencia, la producción de swellex se retrasa ya que este tipo de mantenimiento puede tardar horas haciendo que se pierda hasta un día de producción, también se incurre en gastos por reprocesos de productos.

Por lo tanto, de las herramientas de manufactura esbelta se propone utilizar el mantenimiento productivo total (TPM) con la cual buscamos se solucionen la disponibilidad de las máquinas, el incumplimiento de las metas de producción y se reduzcan el número de productos defectuosos. Como primer paso se establecerá el equipo de trabajo, luego se hará un análisis de las máquinas de la línea, se identificarán las mudas y posteriormente se realizará la propuesta de mejora.

Paso 1: Definición del equipo de trabajo Lean

Se propone que el equipo de trabajo este conformado por jefes y supervisores del area de producción de la línea de swellex de modo que controlen y supervisen la implementación de la herramienta.

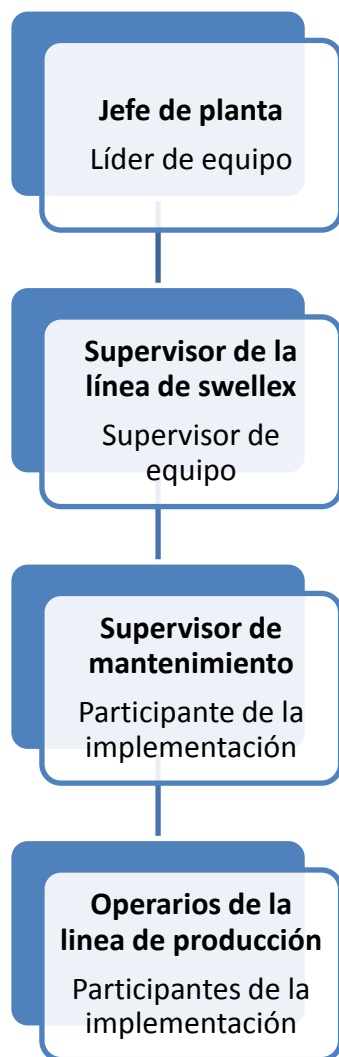


Figura 22. Organigrama del equipo de trabajo lean
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el organigrama el líder de equipo será el jefe de planta quien proporcionará las herramientas adecuadas para la implementación del TPM, el supervisor de equipo se encargará de controlar el cumplimiento de los cronogramas y planes de mantenimiento dentro de la línea, así mismo los participantes de la implementación son los encargados de llevar a cabo lo establecido dentro de los cronogramas y planes de mantenimiento.

Paso 2: Análisis de situación actual de las máquinas

Se procede a determinar el valor de la OEE de cada máquina de la línea de swellex para determinar cuál o cuáles son las máquinas que presentan problemas de disponibilidad debido a las paradas y que por ende generan gastos de reproceso y no permite llegar a meta de producción.

Del historial de fallas de cada máquina detallado en el anexo N°4, se determinan los indicadores de la OEE (disponibilidad Eficiencia y calidad) para cada una. Posteriormente, se multiplica los indicadores para obtener el Índice de la Efectividad Global de los quipos; se detallarán los cálculos únicamente para la primera máquina ya que para las restantes el proceso es el mismo.

- **Cálculo del % disponibilidad**

Tiempo de producción neto = horas de trabajo – descansos y mantenimientos planificados

Tiempo de producción neto = 1292.85 horas – 68.85 horas = 1224 horas.

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

Tiempo operativo = 1224 horas – 32.50 horas = 1191.5 horas

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo de producción neto}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1191.5 \text{ horas}}{1224 \text{ horas}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.97 = 97.3 \%$$

- **Cálculo del % de eficiencia**

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

Tiempo operativo eficiente = 882.5 horas – 38.25 horas – 30.6 horas

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Tiempo operativo eficiente}}{\textit{Tiempo operativo}}$$

$$\textit{Eficiencia} = \frac{813.65 \textit{ horas}}{882.5 \textit{ horas}}$$

$$\textit{Eficiencia} = 0.92 = 92.2\%$$

- **Cálculo del % calidad**

$$\textit{Calidad} = \frac{\textit{Total piezas producidas} - \textit{piezas para muestras o defectuosas}}{\textit{Total piezas producidas}}$$

$$\textit{Calidad} = \frac{84150 \textit{ unidades} - 765 \textit{ unidades}}{84150 \textit{ unidades}}$$

$$\textit{Calidad} = 0.99 = 99\%$$

- **Obtención de la efectividad global del equipo**

$$\textit{OEE} = \textit{Disponibilidad} \times \textit{Eficiencia} \times \textit{Calidad}$$

$$\textit{OEE} = 87\% \times 97.3\% \times 99\%$$

$$\textit{OEE} = 83.8\%$$

- **Interpretación**

Debido a que el índice OEE es de 83.8% indica que es aceptable, aunque se puede continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class.

Tabla 18.

Cuadro de resultados del cálculo de la OEE para cada máquina.

<i>Máquina</i>	<i>Disponibilidad</i>	<i>Eficiencia</i>	<i>Calidad</i>	<i>OEE</i>	<i>Interpretación</i>
Cizalla múltiple	97.3%	92.2%	99.0%	83.8%	Es aceptable, aunque se puede continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class.
Conformadora	90.0%	72.0%	98.0%	63.9%	Inaceptable, se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
Pre reducción	97.5%	92.0%	99.0%	88.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad.
Reducción sombrero	98.0%	93.0%	98.0%	89.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad.
Reducción casquillo	98.4%	92.0%	98.0%	88.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad
Prensa horizontal	93.0%	73.0%	96.0%	65.0%	Es inaceptable, se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad
Soldadora casquillo	99.0%	91.0%	98.0%	88.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad.
Soldadora sombrero	99.0%	91.0%	98.0%	88.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad.
Taladro	99.0%	92.0%	98.0%	89.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad.
Bomba neumática	99.0%	92.0%	98.0%	89.0%	Es aceptable, entra en Valores World Class. Buena competitividad.

Nota. Elaboración propia.

Se puede visualizar, según el índice calculado en base a los indicadores disponibilidad, eficiencia y calidad, que las máquinas conformadora y prensa horizontal no se encuentran en el rango de la efectividad global de equipo (OEE). Por ello; se propone un modelo de planeamiento de mantenimiento preventivo y autónomo para mejorar la OEE de estas máquinas.

Paso 3: identificación de mudas

Parte de los problemas de la empresa son los desperdicios o mudas de productos defectuosos estos deben ser identificados ya que reducen la capacidad de la línea. Del capítulo V en el apartado de análisis se obtienen datos para determinar las mudas o desperdicios que se generan en la línea de producción de swellex.

- **Muda de productos defectuosos.** Se obtiene que por día de toda la producción que varía entre 100 y 550 unidades 3 resultan defectuosos.
- **Muda de procesos innecesarios.** se obtuvo que debido a los productos defectuosos que se generan a diario se debe recurrir al trabajo extra de reprocesar estos productos.
- **Muda de espera.** Se obtuvo que los 131 días laborables en estudio 63 días hubo paradas de máquina lo cual se solucionó con el mantenimiento correctivo, esto en ocasiones tardaba horas tanto que incluso se podía perder medio día de trabajo.
- **Muda de transporte.** Se obtuvo que existe muda de transporte de materia prima ya que esta se debe llevar del almacén hasta la cizalla que tienen entre si una distancia de aproximadamente 15 metros y de esta hacia la conformadora que tienen entre si una distancia de aproximadamente 3 metros.

Paso 4: propuesta de mejora

Como primer paso Soconini (2019), Propone realizar una primera limpieza general de las máquinas mientras tanto el líder del equipo de trabajo que está conformado por el jefe de planta

Explicará a los participantes que son los supervisores de mantenimiento y operarios de la línea que deben aprovechar la limpieza para detectar oportunidades de mejora en cuanto a: condiciones inseguras, efectividad de los lubricantes, piezas dañadas, entre otros.

Seguido a ello se realiza la propuesta de un cronograma de capacitación llevado a cabo por el supervisor de la línea de swellex y el supervisor de mantenimiento de la planta 2, con el fin de preparar a los operarios que manejan las máquinas con conocimientos básicos sobre el mantenimiento productivo total para que pueda brindar soluciones, encontrar oportunidades de mejora y participe de manera activa cuando ocurra un problema en la máquina que opera y sea capaz de intervenir eficazmente en la solución.

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL																								
ACTIVIDADES	N° días	INICIO	FIN	MES	DICIEMBRE																			
				DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CAPACITACIÓN	2	01-dic	02-dic																					
Introducción al TPM	2	01-dic	02-dic																					
IMPLEMENTACIÓN	15	03-dic	18-dic																					
De qué se trata el TPM	15	03-dic	05-dic																					
Mantenimiento autónomo	15	05-dic	12-dic																					
Mantenimiento preventivo	15	12-dic	13-dic																					
Estrategias para el plan preventivo	15	13-dic	15-dic																					
EVALUACIÓN	3	18-dic	20-dic																					
Auditoría Interna	3	18-dic	20-dic																					

Figura 23. Cronograma de capacitación.

Fuente: Elaboración propia

Luego, se establece un cronograma de mantenimiento preventivo, donde se aplicará inspecciones y evaluaciones en todas las máquinas para eliminar el mantenimiento correctivo, ya que en la situación actual de la empresa genera pérdida de tiempo productivo en la línea de swellex. Sin embargo, se priorizará con mayores evaluaciones a las máquinas conformadora y prensa horizontal.

Formación

- Inicial y limpieza de la línea, identificación y reparación de anomalías.
- Detección de los puntos de difícil acceso y fuentes de suciedad
- redacción de las instrucciones de actuación y auditoria TPM.

Estaciones de trabajo

Tabla 19.

Plan de implementación TPM.

<i>Preliminar</i>	<i>Implementación</i>	<i>Evaluación</i>
Proponer objetivos y metas para el TPM	Se realizará el plan de capacitación para el personal (educación y entrenamiento)	Realizar auditoria TPM
Formación del personal (cultura TPM)	Identificación y reparación de defectos	Análisis de resultados
Formular plan maestro para implantación de TPM	Desarrollar un programa autónomo	

Nota. Elaboración propia.

Formación inicial y limpieza de la línea

Realizar una capacitación inicial para explicar que es el TPM y cuáles son sus objetivos en relación con la empresa.

Tabla 20.

Capacitación inicial.

<i>Trabajador</i>	<i>Objetivos</i>
Jefe de departamento - Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Ser garantía en cumplir con el mantenimiento preventivo de los equipos. • Brindar apoyo para la realización de las capacitaciones. • Entregar los indicadores de mantenimiento • Ser parte fundamental en la fijación de actividades de mantenimiento que los operarios brindarán a sus equipos. • Controlar el plan de mantenimiento preventivo.
Jefe de departamento – Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer en su departamento un ambiente ideal para ejecutar de manera adecuada el TPM. • Brindar informes semanales sobre el avance en el departamento.

-
- Hacer cumplir el cronograma de incorporación del TPM en su departamento.
 - Dar a disposición las máquinas y equipos para los mantenimientos programados.
 - Entregar los indicadores mensuales del rendimiento de la maquinaria al departamento de mantenimiento.
- Jefe de Sección
- Controlar los indicadores del TPM en el área de supervisión.
 - Supervisar y verificar la ejecución del mantenimiento autónomo.
 - Verificar cumplir con el mantenimiento preventivo
 - Supervisar que se cumplan las reuniones sobre el TPM.
 - Asegurar la disposición de los equipos para su mantenimiento preventivo de acuerdo con el programa.
 - Asegurarse que los operarios manejen los equipos y maquinaria de manera competente.
 - Brindar a los operarios los materiales necesarios para que se pueda cumplir con el mantenimiento autónomo.
- Personal de mantenimiento (apoyo)
- Ser parte fundamental de la capacitación y entrenamiento de los operadores en el mantenimiento autónomo.
 - Asesorar técnicamente a los operadores luego de la capacitación de mantenimiento autónomo.
 - Ser un apoyo en las evaluaciones de los operadores
 - Participación en las reuniones sobre el TPM en las estaciones
 - Apoyar en la realización de los documentos para las actividades de TPM.
- Operadores, miembros de grupo
- Cumplir con las actividades de mantenimiento autónomo y limpieza de sus equipos.
 - Ser participante en la capacitación de mantenimiento autónomo.
 - Cumplir con el llenado de formatos establecidos para el seguimiento del mantenimiento autónomo.
 - Preservar y utilizar de manera consciente los recursos brindados.
 - Brindar la información sobre los problemas en los equipos lo más rápido posible.

Nota. Elaboración propia.

Identificación y reparación de defectos

Se identifican los defectos o anomalías que se generen en la maquinaria en este caso nos enfocaremos en las dos máquinas que tuvieron el OEE más bajo como lo son la Prensa Horizontal y la Conformadora, normalmente estas tienen problemas con la sujeción de los tornillos de la máquina, eliminación de fugas de aire y el personal.

Prensa horizontal y conformadora

- Equipo y maquinaria con suciedad en la superficie, descuidados y deteriorados.
- Inestabilidad en los equipos y maquinaria por falta de arandelas, tornillos o tuercas.
- Filtros de aire obstruidos por pelusa que deben de limpiarse o cambiarse.
- Lubricante gastado o sucio que no tuvo el cambio a tiempo.
- Fugas de líquidos (lubricante, aceite o fluido hidráulico).
- Medidores que no se pueden visualizar debido a la falta de limpieza.
- Ruidos que indican fallas en las máquinas.
- Máquinas que no están estables, por consecuencia, generan ruidos innecesarios.

Así mismo, se establece un registro de mantenimiento autónomo mensual el cual deberá estar cerca de cada máquina de este modo los participantes del equipo de trabajo pueden observar y registrar las actividades correspondientes para que el supervisor o líder lleve un control y evaluación del cumplimiento de las actividades que se realicen en cada máquina.

Tarjetas TPM

Se propondrá una serie de cartillas de tres colores (rojo, azul y blanco), en la roja se describirá los datos correspondientes de la situación de la maquinaria y se colocará en el lugar donde se detectó la anomalía de tal manera que no afecte el trabajo de la estación. Las cartillas azules y blancas se utilizarán de distintos modos, para las primeras se entregarán al encargado de realizar la revisión y corrección de la anomalía mientras para las segundas se tomarán como referencia para el seguimiento de las acciones.

 <p>Tarjeta de anomalía</p> <p>TPM</p> <p>___ / ___ / ___</p>	Linea
	Estación
	Maquina
	Personal de detección
	Descripción de anomalía
Personal de revisión	

Figura 25. Propuesta de formato de cartilla de cartilla para el registro de anomalías, revisión y corrección.
Fuente: Elaboración propia

Auditoria TPM.

Durante la implementación de la herramienta TPM se debe de verificar después de cada proceso por medio de una auditoria que la ejecución del TPM conseguido está siendo optima (Rajadell, 2014). La fecha de las auditorias es controlada por los jefes y supervisores formando parte de los seguimientos semanales de mantenimiento. La ficha de auditoria se compone por una serie de preguntas que se deberán de responder solo con un “si” cuando la regulación se pasa sin ningún problema y solo se basta con un “no” para que la auditoria sea anulada y se tendrá que realizar las correcciones correspondientes. A continuación, se presentará las preguntas que se realizaran en la ficha.

- ¿Se ha realizado la limpieza?
- ¿El personal del área ha recibido capacitación en TPM?
- ¿El personal de área conoce los objetivos del TPM?
- ¿Los indicadores de OEE están actualizados?
- ¿Se ha identificado los focos de suciedad?
- ¿Se usan siempre las cartillas TPM?
- ¿el 75% de las cartillas TPM se ha resuelto?
- ¿El personal tiene alcance del material de limpieza?
- ¿El plan de acciones está actualizado?

Cada vez que se supera la auditoria se puede confirmar que la línea de procesos está lista para cumplir los requerimientos del TPM así seguir con la implementación. Como se aprecia a continuación, se adjuntará la ficha de auditoria que se utilizará en el caso. Se identificará la certificación del primer paso para la auditoria en TPM además del día en que inicio y el día en que se aprobó.

TPM AUDITORIA PASO 1			
Área:	Fecha:		
CONCEPTO	SI	NO	COMENTARIOS
¿Se ha realizado la limpieza?			
¿El personal del área ha recibido capacitación en TPM?			
¿El personal de área conoce los objetivos del TPM?			
¿Los indicadores de OEE están actualizados?			
¿Se ha identificado los focos de suciedad?			
¿Se usan siempre las cartillas TPM?			
¿el 75% de las cartillas TPM se ha resuelto?			
¿El personal tiene alcance del material de limpieza?			
¿El plan de acciones está actualizado?			
Responsable del área:			
Responsable de mantenimiento:			

Figura 26. Propuesta de formato para el registro de auditoria.
Fuente: Elaboración propia.

Luego, se establece un cronograma de mantenimiento preventivo, donde se aplicará inspecciones y evaluaciones en todas las máquinas para evitar el mantenimiento correctivo, ya que en la situación actual de la empresa genera pérdida de tiempo productivo en la línea de swellex. Sin embargo, se priorizará con mayores evaluaciones a las máquinas conformadora y prensa horizontal.

	<h2 style="margin: 0;">CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</h2>
---	--

N°	EQUIPO	MES	DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				Responsable	
		SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	CIZALLA MÚLTIPLE		■			■	■			■			■	■		■		■				■	■				■	Mec. Julio Silva
2	CONFORMADORA			■	■					■			■		■			■		■	■		■		■	■		Mec. Julio Silva
3	PRE REDUCCIÓN			■			■					■				■					■		■				■	Mec. Cristian Villanueva
4	REDUCTOR DE SOMBRERO			■				■					■			■				■			■				■	Mec. Julio Silva
5	REDUCTOR DE CASQUILLO							■				■			■						■		■		■			Mec. Cristian Villanueva
6	PRENSA HORIZONTAL		■	■						■			■					■		■	■		■		■	■		Mec. Julio Silva
7	SOLDADORA DE CASQUILLO			■				■				■				■					■		■				■	Mec. Julio Silva
8	SOLDADORA DE SOMBRERO				■			■					■			■				■			■				■	Mec. Cristian Villanueva
9	TALADRO		■				■						■					■			■		■				■	Mec. Julio Silva
10	BOMBA NEUMATICA									■			■		■						■		■		■			Mec. Cristian Villanueva

Figura 27. Cronograma de mantenimiento productivo.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados en el rendimiento alcanzado

El rendimiento alcanzado con la aplicación de las técnicas se puede apreciar en la siguiente table con referencia a los 26 días de requerimiento del cliente:

Tabla 21.

Resultados de rendimiento alcanzado.

	<i>Antes de manufactura esbelta</i>	<i>Después de manufactura esbelta</i>	<i>Rendimiento</i>
Producción (swellex)	5203.2	15000	34.6%

Nota. Elaboración propia.

Después de la aplicación de la metodología esbelta se podrá reducir las paradas de máquinas debido a la aplicación del mantenimiento preventivo con ello se logró alcanzar la meta de producción 15000 unidades mensuales y los tiempos estandarizados calculados anteriormente en el capítulo V.

Análisis de la relación entre las técnicas y el rendimiento

Como se puede apreciar en la tabla de rendimiento, la incorporación de las técnicas de manufactura esbelta ha logrado una mejoría en la productividad de la empresa. La producción se incrementó en un 34.6% para el cumplimiento del pedido del cliente de 15000 unidades de swellex además en comparación con la situación actual que la producción máxima alcanzaba las 5203.2 piezas.

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La manufactura esbelta (variable independiente) si puede mejorar la línea de producción de swellex (variable dependiente), debido a que el rendimiento de producción incrementa en 34% por lo que se alcanzaría la meta de producción.
- La herramienta de manufactura esbelta que mejor se adapta al problema identificado en la línea de producción de swellex es el Mantenimiento Total de la Producción.
- La principal causa que afecta la línea de producción de swellex es la ausencia del mantenimiento preventivo, caso que también se observó en los antecedentes revisados

Recomendaciones

- En base a los resultados encontrados se recomienda implementar la herramienta de la metodología propuesta para lograr cumplir con la meta de producción diaria y mensual.
- Así como la herramienta TPM ayudó a resolver el problema principal identificado, se utilice la herramienta KAIZEN para buscar oportunidades para la mejora continua de la línea de producción de swellex
- Utilizar más herramientas de la metodología aplicada (manufactura esbelta) para no solo resolver el problema principal determinado, sino aumentar el rendimiento de manera constante solucionando los demás problemas identificados.

Bibliografía

- Carrillo, M., Alvis, C., Mendoza, Y. y Cohen, H. (2019). Lean Manufacturing: 5s y TPM herramientas de mejora de la calidad. Caso empres metalmecánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS – investigación en sistemas de gestión*, 11(1), 71-86. doi: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexibles*. Barcelona, España: Besca Editorial.
- Industria de fortificación minera FORMIN S.A.C. (2019). *Manual de procedimiento de Airbolt*.
- Lonnie, W. (2010). *How to implement Lean Manufacturing*. New york, EE. UU.: McGraw-Hill companies Inc.
- Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Editorial Diaz de Santos.
- Rodríguez, I. (2016). *Implementación de las herramientas de manufactura esbelta para mejorar el proceso de fabricación de tanques para combustibles en la empresa FAMERySA S.C.R.L.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Silva, D. (2013). *Implementación de TPM (mantenimiento productivo total) para una planta industrial de telares* (tesis de pregrado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú.
- Sociedad Nacional de Industrias. (2018) *Reporte estadístico N°10 octubre 2018*. Recuperado de <https://www.sni.org.pe/>
- Soconini, L. (2014). *Lean Manufacturing paso a paso*. Barcelona, España: Editorial Marge Books.
- Tello, N. (2016) *Implementación del Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa Creaciones Rosales – Lima 2016*. (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Torres, R. (2014). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica*. (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Ujjwal, M., Adatiya P., Badhe P., Patsute A. y Brushnar A. (2018, 5 de junio). Total Productive Maintenance to impove Overall EQuipmente Effectiveness. *Global Journal*. Recuperado de <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1770>
- Ushiñahua, L. (2017). *Aplicación del TPM para mejorar la productividad en la línea de producción de Spools de la empresa FIMA S.A. en el año 2017*. (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Anexos

Anexo 1: Ficha de tarea de investigación

FICHA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD: Ingeniería Industrial y Mecánica

CARRERA: Ingeniería Industrial

1. Título del Trabajo de Investigación propuesto

“Relevamiento de procesos en la emisión de pólizas tipo trama de una empresa aseguradora”

2. Indica la o las competencias del modelo del egresado que serán desarrolladas fundamentalmente con este Trabajo de Investigación:

Diseño de Sistemas y Procesos.

Reconocer la importancia de adquirir conocimientos sobre el trabajo que se viene desarrollando o que se va a desarrollar e incrementar capacidades en investigación científica.

3. Número de alumnos a participar en este trabajo. (máximo 2) Número de alumnos: 1

4. Indica si el trabajo tiene perspectivas de continuidad, después de obtenerse el Grado Académico de Bachiller, para seguirlo desarrollando para la titulación por la modalidad de Tesis o no.

Sí

5. Enuncia 4 o 5 palabras claves que le permitan realizar la búsqueda de información para el Trabajo en Revistas Indizadas en WOS, SCOPUS, EBSCO, SciELO, etc., desde el comienzo del curso y obtener así información de otras fuentes especializadas.

Palabras Clave	REPOSITORIO 1	REPOSITORIO 2	REPOSITORIO 3
Pólizas	DIALNET	DOAJ	SciELO
Relevamiento de procesos	DIALNET	DOAJ	SciELO
Aseguradoras	DIALNET	DOAJ	SciELO
Proceso de emisión	DIALNET	DOAJ	SciELO

**6. Como futuro asesor de investigación para titulación colocar:
(Indique sus datos personales)**

a. **Nombre:** Manuel Barriga Salavarría

b. **Código docente:** C14003

c. **Correo institucional:** c14003@utp.edu.pe

d. **Teléfono:** 995923955

7. Especifica si el Trabajo de Investigación:

(Marca con un círculo la que corresponde, puede ser más de una)

- a. Contribuye a un trabajo de investigación de una Maestría o un doctorado de algún profesor de la UTP.
- b. Está dirigido a resolver algún problema o necesidad propia de la organización.
- c. Forma parte de un contrato de servicio a terceros.
- d. Corresponde a otro tipo de necesidad o causa (explicar el detalle):

8. Explica de forma clara y comprensible los objetivos o propósitos del trabajo de investigación

El alumno planteará una mejora en los procesos de emisión de pólizas tipo trama, para una empresa aseguradora; tanto para seguros de salud como para los seguros generales.

9. Brinde una primera estructuración de las acciones específicas que debe realizar el alumno para que le permita iniciar organizadamente su trabajo

- Plantear un problema que haya detectado y presentar alternativas de solución.
- Buscar en revistas especializadas propuestas respecto a los temas tratados.
- Buscar metodologías adecuadas que permitan facilitar el mejoramiento de los procesos

10. Incorpora todas las observaciones y recomendaciones que consideres de utilidad para el alumno y a los profesores del curso con el fin de que desarrollen con éxito todas las actividades

- Se requiere conocer de forma específica, el proceso de emisión de pólizas generales de tipo trama para de esa manera poder proponer y presentar una propuesta de mejora de procesos.
- Debe incorporarse una metodología adecuada de búsqueda de preferencia en instituciones con realidad similar a la nuestra y que estén en la zona.
- También debe usarse tecnologías de fácil acceso y relativamente económicas.
- La información teórica y metodológica debe ser obtenida de fuentes confiables.

11. Fecha y docente que propone la tarea de investigación

Fecha de elaboración de ficha (día/mes/año): 18/03/2019

Docente que propone la tarea de investigación: c09256 Cristóbal Núñez

12. Esta Ficha de Tarea de Investigación ha sido aprobada como Tarea de Investigación para el Grado de Bachiller en esta carrera por:

(Sólo para ser llenada por la Facultad)

Nombre: Jenny Jaico Carranza

Código: c14239

Cargo: Coordinadora académica

Fecha de aprobación de ficha (día/mes/año): 22/03/2019

Anexo 2: Registro de entrevista al supervisor

ENTREVISTA PARA EL SUPERVISOR DE LA LÍNEA DE SWELLEX

Nombre y apellido: GIOVANNI UCULMANA MARÍN

Cargo: Supervisor de la línea de swellex

Esta entrevista está dirigida al supervisor de la línea de producción de swellex.

- 1) ¿Cuáles son sus funciones como supervisor?
verificar cada proceso y que cada puesto de trabajo tenga la máquina operativa, reportar la producción del día y aumentar la productividad
 - a) ¿Cuántos operarios trabajan en la línea de swellex?
Deberían trabajar 15 operarios, pero solo contamos con 10 operarios
 - b) ¿Cuál es el horario de trabajo?
Es una jornada de 8 horas y 45 minutos, la entrada es a las 7am y la salida es a las 4pm, tienen 45 minutos para el almuerzo. Pero en algunos casos hacemos sobretiempos, pero por lo general es un máximo de dos horas.
 - c) ¿Considera que son suficiente trabajadores para desempeñar las actividades del área?
No, deberíamos tener más personal para que cada operario se mantenga en su puesto de trabajo sin que haciendo doble esfuerzo.
- 2) ¿Cuál es el proceso de producción de swellex?
Se explicará en planta.
- 3) ¿Conoce la existencia de un plan de trabajo para realizar el proceso?
No existe, es nueva la línea poco a poco se ha ido mejorando los procesos y nos hemos adecuado a las fallas que hemos tenido. Pero aún no hay un plan con el que nos guiemos.
- 4) ¿considera que existe alguna actividad innecesaria en el área?
El mantenimiento correctivo que se le hace a la máquina es muy innecesario, carecemos de que las maquinas estén operativas al 100% y eso influye en que el mantenimiento sea constante, tengamos paradas de producción y para la línea es muy perjudicial. El mantenimiento correctivo es muy dañino para la producción.
- 5) ¿Existe desperdicio en el proceso de la línea de swellex?
Las mermas, cuando hacemos el corte de tubo sobran un pequeño residuo o cuando el material sale fallado en la reducción de casquillo sombrero, por la limpieza inadecuada de oxido.

- a) ¿Con que frecuencia ocurre?
3 o 2 tubos diarios
- b) ¿Cuáles son las causas o motivos de las horas muertas en la línea desde su punto de vista?
Desde mi punto de vista es porque el personal se encuentra fatigado y sale de su área para descansar abandonando su puesto, esto se da también porque para ellos debe ser cansado estar haciendo lo mismo durante varias horas seguidas.
- c) ¿Cuáles son las causas o motivos de las paradas de máquina en la línea desde su punto de vista?
*Las Maquinas que tenemos son hechizas, fabricadas por la misma empresa, con frecuencia tenemos fallas mecánicas porque cuando uno fabrica algo nuevo siempre se encuentran errores que se van corrigiendo poco a poco. Por eso siempre tenemos fallas mecánicas.
Por ejemplo, ahora en la conformadora es una máquina que se ha fabricado aquí y siempre tenemos paradas porque puede estar trabajando 4 o 5 días en perfecto estado y llega un momento en que se planta la maquina y no se puede calibrar.*
- d) ¿Considera que existe recorridos innecesarios en el área?
Si, la línea de swellex es nueva, pero durante el proceso hemos mejorado, lo que nos falta mejorar es la prueba neumática porque no sigue la línea de producción, se aleja, varios metros de la línea de producción; también el embalado, pero eso es por falta de espacio.
- 6) ¿Cuál es la meta de producción diaria, semanal y mensual?
La meta según gerencia nos ha indicado que quieren que sea de 800 unidades diarias, pero es demasiada exigencia del personal dentro de las 8 horas. Para este mes nos han dado la meta de 15, 000 unidades mensuales, esto influye que sean alrededor de 650 diarios.
- a) ¿Se llega a la meta? ¿Por qué?
Al inicio de la línea hemos llegado a producir 500 unidades diarias y cuando hemos ido corrigiendo los errores hemos llegado a 520 o 550 unidades, ahora ultimo llegamos a 600 o 630 unidades dentro de las 8 horas sin sobretiempos. Pero este mes no se llegará a la meta porque la materia prima se ha agotado. Normalmente si se llega a la meta, pero utilizando horas extras y presionando más al personal para que corran en los últimos días del mes.
- 7) ¿Ha recibido capacitación para realizar sus funciones?
No, ninguna.
- a) ¿Los operarios de la línea de Swellex han recibido capacitación?
Tampoco, por mi parte les doy una pequeña charla técnica, les explico cómo funciona la máquina y es que no son difíciles las tareas que hacen. Sin embargo, si tenemos el problema en la máquina de soldar porque es un poco más compleja

porque es una máquina que tiene mucha tecnología y el operario que viene no ha visto este tipo de máquina, por ejemplo, ahora tengo un solo soldador para esa máquina estoy dependiente de ese operario porque es el único que sabe manejarlo.

8) ¿Cuáles son los objetivos del área?

Aumentar la productividad.

9) ¿Cómo se resuelve los problemas imprevistos que suceden durante el proceso?

Solicito apoyo del área de mantenimiento, coordino con ellos para hacer las correcciones del caso.

por ejemplo, la conformadora, cuando se descalibra la maquina el producto sale arqueado cuando debería se recto. También, las reducciones de casquillo y sombrero, sucede que a veces la matriz de reducción en algunos casos se vuelve áspero. Otro es la prensa horizontal, por el daño de los conos donde se aloja el sombrero y casquillo.

10) Mencione los problemas que se han presentado en la línea de producción de swellex durante los últimos cinco meses.

	PROBLEMAS DE LA LÍNEA DE SWELLEX
MAYO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parada de máquina conformadora ▪ Modificación en las matrices de reducción
JUNIO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parada de máquina ▪ Espacios vacíos en el área de producción ▪ Falta de capacidad de los operarios de producción
JULIO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de materia prima ▪ Parada de máquina ▪ Mantenimiento correctivo
AGOSTO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parada de máquina de soldar ▪ Reprocesos ▪ Falta de capacidad de los operarios de producción
SETIEMBRE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de desperdicios ▪ Falta de pre-reducción del material ▪ Parada de máquina

Anexo 3: Resultados del estudio de tiempo de cada proceso de la línea de producción de swellex

Estudio de tiempo del corte de TUBO LAC

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	1 de 11
Operación	Corte de Tubo	Operario	Gustavo y Barreto
Máquina	Cizalla Múltiple	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	LUNES - 15/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

9

DESCRIPCIÓN CORTE DE TUBO DE Ø 1 1/2" x 2.5 x 2070mm

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROM. TOTAL
	13.00	10.00	9.00	7.00	10.00	10.00	11.00	11.00	10.00	10.00	
TRASLADO A CIZALLA	13.00	10.00	9.00	7.00	10.00	10.00	11.00	11.00	10.00	10.00	10.10
CORTE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
PASADA	12.00	10.00	9.00	9.00	11.00	11.00	7.00	7.00	7.00	8.00	9.10
CORTE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
PASADA	8.00	7.00	9.00	9.00	8.00	8.00	6.00	7.00	6.00	7.00	7.50
CORTE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
TRASLADO A M.P.	3.00	4.00	4.00	5.00	4.00	6.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.50
TOTAL	51.00	46.00	46.00	45.00	48.00	50.00	44.00	45.00	43.00	44.00	46.20
	2601	2116	2116	2025	2304	2500	1936	2025	1849	1936	462.00
											21408

OBSERVACIÓN
Por cada corte salen 3 tubos
La operación lo realizan 2 operarios
El traslado que se realiza por cada 12 tubos a la zona de trabajo en promedio es: 1.08 min

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45% $n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$ $n = 4.77 \cong 5$ observaciones

Prueba de error = ±5%

$\sum X = 462$ $\sum x^2 = 21408$ $n = \left(\frac{40 \sqrt{10(21408) - (462)^2}}{(462)} \right)^2$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	C5	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplementario	Tiempo estándar
2	TRASLADO A CIZALLA	7.00	10.00	10.00	12.00	10.00	10.00	100	1	10	12%	11.20
2	CORTE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	100	1	5	0%	5.00
2	PASADA	10.00	9.00	9.00	10.00	8.00	9.13	100	1	9.13	12%	10.23
2	CORTE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	100	1	5	0%	5.00
2	PASADA	9.00	8.00	7.00	8.00	7.00	7.60	100	1	7.60	12%	8.51
2	CORTE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	100	1	5	0%	5.00
2	TRASLADO A M.P.	5.00	5.00	6.00	5.00	4.00	4.67	100	1	4.666667	12%	5.23
	TOTAL	46.00	47.00	47.00	50.00	44.00	46.40					50.17

POR HORA
215.3

Estudio de tiempo de conformado de TUBO LAC

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	2 de 11
Operación	Conformado	Operario	Gustavo
Máquina	Conformadora	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MIERCOLES - 10/07/2019/ VIERNES - 19/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

DESCRIPCIÓN	CONFORMADO DE TUBO SWELLEX Ø 28.5-29.5 x 2080 mm
-------------	--

ANÁLISIS PRELIMINAR

CONFORMADO	CICLOS (SEGUNDOS)										PROMEDIO TOTAL	OBSERVACIÓN	
	9.80	9.52	9.60	9.75	9.95	9.49	9.51	9.78	9.80	9.52			
TOTAL	9.80	9.52	9.60	9.75	9.95	9.49	9.51	9.78	9.80	9.52	9.67	96.72	Al inicio de la operación se demora en el traslado del tubo hacia la máquina es de 6 segundos
	96.04	90.6304	92.16	95.0625	99.0025	90.0601	90.4401	95.6484	96.04	90.6304		935.7144	

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$n = 0.40 \cong 1$ observación

$\sum x = 96.72$ $\sum x^2 = 935.71$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{10(935.71) - (96.72)^2}}{(96.72)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplement	Tiempo estándar
1	CONFORMADO	9.60	9.67	100	1	9.66545455	12%	10.82530909
	TOTAL	9.60	9.67					10.82530909

POR HORA	332.6
----------	-------

Estudio de tiempo de reducción de casquillo

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	4 de 11
Operación	Reducción de casquillo	Operario	Hermes
Máquina	Máquina de Reducción	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

DESCRIPCIÓN	REDUCCION DE CASQUILLO Ø 25.2 x 55 mm
-------------	---------------------------------------

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROMEDIO TOTAL	OBSERVACIÓN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
TRASLADO A MÁQUINA	7.00	6.00	6.00	6.00	7.00	5.00	6.00	7.00	5.00	6.00	6.10	Se debe estar agregando aceite constantemente a la máquina.
POSICIONAR EN MÁQUINA	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
OPERACIÓN	12.86	12.98	12.95	12.71	12.84	12.69	12.87	12.68	12.99	12.82	12.84	
TRASLADO A M.P.	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.40	
TOTAL	25.86	25.98	25.95	24.71	25.84	23.69	24.87	26.68	23.99	25.82	25.34	253.39
	668.7396	674.9604	673.4025	610.5841	667.7056	561.2161	618.5169	711.8224	575.5201	666.6724		6429.1401

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$\sum x = 260.39$$

$$\sum x^2 = 6791.02$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{10(6791.02) - ((260.39)^2)}}{(260.39)} \right)^2$$

$$n = 2.53 \cong 3 \text{ observaciones}$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplement	Tiempo estándar
1	TRASLADO A MÁQUINA	7.00	5.00	6.00	7.00	6.00	6.00	6.13	100	1	6.13	12%	6.86
1	POSICIONAR EN MÁQUINA	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.13	100	1	3.13	12%	3.50
1	OPERACIÓN	12.85	12.65	12.98	12.89	12.78	12.96	12.84	100	1	12.84	12%	14.39
1	TRASLADO A M.P.	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.38	100	1	3.38	12%	3.78
								25.47				28.53	

POR HORA	126.2
----------	-------

Estudio de tiempo de reducción de sombrero

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	3 de 11
Operación	Reducción Sombrero	Operario	Ángel
Máquina	Máquina de Reducción	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

DESCRIPCIÓN	REDUCCION DE SOMBRERO Ø 24.6 x 50 mm
-------------	--------------------------------------

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)											PROMEDIO TOTAL	OBSERVACIÓN
TRASLADO A MÁQUINA	7.00	6.00	5.00	7.00	6.00	7.00	6.00	5.00	7.00	7.00	7.00	6.30	Hay ocasiones en que la máquina se atasca y lo deben de golpear.
POSICIONAR EN MAQ.	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.40	
REDUCCIÓN	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	
TRASLADO DE M.P.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.90	
TOTAL	20.00	19.00	19.00	20.00	19.00	20.00	20.00	17.00	21.00	21.00	21.00	19.60	
	400	361	361	400	361	400	400	289	441	441	441		3854

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$\sum x^2 = 3854 \quad \sum x = 196$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = 5.16 \cong 6 \text{ observaciones}$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{10(3854) - (196)^2}}{(196)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplement	Tiempo estándar
1	TRASLADO A MÁQUINA	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	6.33	100	1	6.33	12%	7.09
1	POSICIONAR EN MAQ.	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.47	100	1	3.47	12%	3.88
1	REDUCCIÓN	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	100	1	7.00	12%	7.84
1	TRASLADO DE M.P.	2.00	2.00	4.00	2.00	3.00	2.00	2.73	100	1	2.73	12%	3.06
	TOTAL	18.00	20.00	22.00	19.00	19.00	20.00	19.53					21.88

POR HORA	164.6
----------	-------

Estudio de tiempo de colocación de sombrero

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	1 de 11
Operación	Colocar sombreros	Operario	Alexander
Máquina	-	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

	CICLOS (SEGUNDOS/ MINUTOS)										PROM. TOTAL
COLOCAR CASQUILLO	13.00	13.00	13.00	12.00	13.00	11.00	12.00	13.00	12.00	12.00	12.40
TOTAL	13.00	13.00	13.00	12.00	13.00	11.00	12.00	13.00	12.00	12.00	12.40
	169	169	169	144	169	121	144	169	144	144	124.00
											1542

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad n = 4.57 \cong 5 \text{ observaciones}$$

$$\sum x^2 = 1542$$

$$\sum x = 124$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{10(1542) - (124)^2}}{(124)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplement	Tiempo estándar
1	COLOCAR CASQUILLO	13.00	13.00	13.00	12.00	13.00	12.00	12.67	100	1	12.67	12%	14.19
								12.67					14.19

POR HORA
253.8

Estudio de tiempo de colocación de casquillo

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	1 de 11
Operación	Manual	Operario	Francisco
Máquina	-	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROMEDIO TOTAL
COLOCAR SOMBRERO	18.00	18.00	16.00	15.00	17.00	16.00	15.00	16.00	18.00	18.00	16.70
TOTAL	18.00	18.00	16.00	15.00	17.00	16.00	15.00	16.00	18.00	18.00	16.70
	324	324	256	225	289	256	225	256	324	324	167.00
											2803

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad n = 8.09 \cong 9 \text{ observaciones}$$

$$\sum x^2 = 2803 \quad \sum x = 167 \quad n = \left(\frac{40 \sqrt{10(2803) - (167)^2}}{(167)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplement	Tiempo estándar
1	COLOCAR SOMBRERO	17.00	18.00	16.00	16.00	16.00	17.00	17.00	18.00	17.00	16.79	100	1	16.79	12%	18.80
											16.79			18.80		

POR HORA
191.4

Estudio de tiempo del prensado horizontal

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	5 de 11
Operación	Prensado horizontal	Operario	Luis
Máquina	prensa horizontal	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MIERCOLES - 10/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROM. TOTAL	OBSERVACIONES
	1764	1369	1764	1369	1764	1936	1849	1681	1681	1600		
TRASLADO A MÁQUINA	16.00	12.00	15.00	11.00	15.00	16.00	15.00	14.00	13.00	11.00	13.80	Hay veces que se demora en elegir el tubo que va ser procesado.
POSICIONAR EN MÁQUINA	9.00	8.00	10.00	8.00	9.00	9.00	9.00	10.00	9.00	10.00	9.10	
OPERACIÓN	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	Algunas veces se debe golpear el tubo.
REVISIÓN	6.00	6.00	5.00	6.00	7.00	8.00	7.00	7.00	8.00	8.00	6.80	Hay ocasiones en que sí revisan el tubo, en otras no.
TRASLADO A MAT. EN PROC.	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	3.20	Se golpea una parte del ajuste de la máquina debido a que se trava y no se puede sacar el tubo.
TOTAL	42.00	37.00	42.00	37.00	42.00	44.00	43.00	41.00	41.00	40.00	40.90	409.00
	1764	1369	1764	1369	1764	1936	1849	1681	1681	1600		16777.00

Estudio de tiempo de soldeo casquillo

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	6 de 11
Operación	Soldeo Casquillo	Operario	Frank Barreto
Máquina	Máquina de soldar LINCOLN ELECTRIC	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MIERCOLES - 10/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROM. TOTAL	OBSERVACIONES
	5.00	7.00	6.00	5.00	8.00	7.00	6.00	7.00	7.00	6.00		
TRASLADO A MÁQUINA	5.00	7.00	6.00	5.00	8.00	7.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.40	
OPERACIÓN	12.15	12.10	12.37	12.30	12.00	12.30	12.21	12.31	12.35	12.41	12.25	Mientras la máquina está en operación el operario pulveriza el tubo.
REVISIÓN	5.00	6.00	4.00	5.00	4.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
TRASLADO A MAT. EN PROC.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.20	
TOTAL	24.15	27.10	24.37	24.30	26.00	28.30	25.21	26.31	26.35	26.41	25.85	258.50
	583.2225	734.41	593.8969	590.49	676	800.89	635.5441	692.2161	694.3225	697.4881		6698.48

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$\sum x^2 = 6698.48$$

$$\sum x = 258.50$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = 3.98 \cong 4 \text{ observaciones}$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{10(6698.48) - ((258.50)^2)}}{(258.50)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplement	Tiempo estándar
1	TRASLADO A MÁQUINA	5.00	6.00	7.00	6.00	6.00	100	1	6.00	12%	6.72
1	OPERACIÓN	12.15	12.35	12.23	12.41	12.29	100	1	12.29	12%	13.76
1	REVISIÓN	5.00	5.00	4.00	5.00	4.75	100	1	4.75	12%	5.32
1	TRASLADO A MAT. EN PROC.	2.00	2.00	2.00	3.00	2.25	100	1	2.25	12%	2.52
						25.29					28.32

POR HORA

127.1

Estudio de tiempo de soldeo sombrero

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	7 de 11
Operación	Soldeo Sombrero	Operario	Romaldo
Máquina	Máquina de soldar LINCOLN ELECTRIC	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MIÉRCOLES - 10/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROM. TOTAL	OBSERVACIONES
	4.00	5.00	4.00	4.00	5.00	4.00	5.00	4.00	5.00	5.00		
TRASLADO A MÁQUINA	4.00	5.00	4.00	4.00	5.00	4.00	5.00	4.00	5.00	5.00	4.50	
OPERACIÓN	10.36	10.45	10.68	10.98	10.25	10.86	10.89	10.86	10.75	10.89	10.70	El mismo operario realiza el Habilitado de la máquina para la soldadura.
REVISIÓN	6.00	5.00	5.00	3.00	4.00	5.00	4.00	6.00	6.00	6.00	5.00	El habilitado dura en promedio 1.30 (Pulverizado)
TRASLADO A MAT. EN PROC.	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.20	
TOTAL	22.36	22.45	21.68	20.98	21.25	22.86	21.89	22.86	23.75	23.89	22.40	223.97
	499.9696	504.0025	470.0224	440.1604	451.5625	522.5796	479.1721	522.5796	564.0625	570.7321		5024.84

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$\sum X = 223.97$$

$$\sum X^2 = 5024.84$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = 2.74 \cong 3 \text{ observaciones}$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{10(5024.84) - ((223.97)^2)}}{(223.97)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplementario	Tiempo estándar
1	TRASLADO A MÁQUINA	4.00	5.00	5.00	4.54	100	1	4.54	12%	5.08
1	OPERACIÓN	10.98	10.68	10.54	10.71	100	1	10.71	12%	11.99
1	REVISIÓN	5.00	5.00	4.00	4.92	100	1	4.92	12%	5.51
1	TRASLADO A MAT. EN PROC.	2.00	2.00	2.00	2.15	100	1	2.15	12%	2.41
					22.32					24.999262

POR HORA

144.0

Estudio de tiempo de perforación de sombrero

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	8 de 11
Operación	perforación de sombrero	Operario	Hermes
Máquina	Taladro	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

DESCRIPCIÓN	PERFORACION DE SOMBRERO Ø 4 mm
-------------	--------------------------------

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROMEDIO TOTAL
TRASLADO A MAQ.	6.00	4.00	6.00	7.00	7.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	5.60
PERFORADO	10.00	12.00	10.00	10.00	10.00	10.00	11.00	11.00	10.00	10.00	10.40
TRASLADO A MAT. EN PROCESO	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.00	3.80
TOTAL	19.00	19.00	20.00	20.00	21.00	20.00	21.00	21.00	19.00	18.00	19.80
	361	361	400	400	441	400	441	441	361	324	198.00
											3930

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45%

Prueba de error = ±5%

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$n = 3.91 \cong 4$ observaciones

$$\sum x^2 = 3930 \quad \sum x = 198 \quad n = \left(\frac{40 \sqrt{10(3930) - (198)^2}}{(198)} \right)^2$$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	tiempo suplementario	Tiempo estándar
2	TRASLADO A PRENSA	6.00	5.00	7.00	6.00	5.71	100	1	5.714285714	12%	6.4
2	CORTE	10.00	10.00	11.00	10.00	10.36	100	1	10.35714286	12%	11.6
2	TRASLADO A MAT. EN PROCESO	4.00	3.00	3.00	4.00	3.71	100	1	3.714285714	12%	4.16
	TOTAL	20.00	18.00	21.00	20.00	19.79					22.16

POR HORA
162.5

Estudio de tiempo de la prueba neumática

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	9 de 11
Operación	PRUEBA NEUMÁTICA	Operario	Retuerto
Máquina	Bomba Neumática	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

DESCRIPCIÓN PRUEBA NEUMATICA DE TUBO SWELLEX-28 BAR

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS)										PROM. TOTAL
TRASLADO	4.00	5.00	3.00	3.00	6.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.90
OPERACIÓN	10.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	9.00	10.00	9.00	9.00	9.40
TRASLADO A PT	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.60
TOTAL	20.00	19.00	18.00	17.00	22.00	19.00	18.00	20.00	18.00	18.00	18.90
	400	361	324	289	484	361	324	400	324	324	189.00
											3591

OBSERVACIÓN
Se pulveriza los tubos antes de pasar la prueba neumática
El pulverizado se realiza en un tiempo promedio de 1.15
El traslado del carrito de los tubos hacia la zona de prueba neumática se realiza en un tiempo promedio de 3 minutos.

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45% $n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$ $n = 8.46 \cong 9$ observaciones

Prueba de error = ±5%

$\sum X = 189$ $\sum X^2 = 3591$ $n = \left(\frac{40 \sqrt{10(3591) - ((189)^2)}}{(189)} \right)^2$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplementario	Tiempo estándar
2	TRASLADO A PRENSA	3.00	4.00	5.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.84	100	1	3.84210526	12%	4.30315789
2	CORTE	9.00	9.00	9.00	10.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	9.42	100	1	9.42105263	14%	10.74
2	PASADA	5.00	6.00	6.00	6.00	4.00	4.00	6.00	4.00	6.00	5.42	100	1	5.42105263	12%	6.07157895
	TOTAL	17.00	19.00	20.00	20.00	17.00	16.00	20.00	17.00	20.00	18.68					21.1147368

POR HORA
170.5

Estudio de tiempo del embalado

Departamento	Producción	Estudio	N° 001
Sección	Planta 2	Hoja	10 de 11
Operación	Embalado de producto terminado	Operario	Gustavo
Máquina	-	Observado por	Katherine Chavez y Jael Raymondi
Fecha	MARTES - 09/07/2019	Supervisor	Giovanni Uculmana

DESCRIPCIÓN	Paquetes con 5 unidades
-------------	-------------------------

ANÁLISIS PRELIMINAR

	CICLOS (SEGUNDOS/ MINUTOS)										PROMEDIO TOTAL
TRASLADO	26.00	25.00	24.00	25.00	25.00	30.00	26.00	27.00	25.00	25.00	25.80
EMBALADO	50.00	54.00	51.00	48.00	51.00	48.00	50.00	54.00	53.00	52.00	51.10
TRASLADO	11.00	14.00	17.00	14.00	12.00	14.00	14.00	11.00	14.00	14.00	13.50
TOTAL(segundos)	87.00	93.00	92.00	87.00	88.00	92.00	90.00	92.00	92.00	91.00	90.40
TOTAL(minutos)	1.45	1.55	1.53	1.45	1.47	1.53	1.50	1.53	1.53	1.52	1.51
	7569	8649	8464	7569	7744	8464	8100	8464	8464	8281	15.07
											81768

OBSERVACIÓN	La operación lo realizan 2 operarios
-------------	--------------------------------------

ESTUDIO DEFINITIVO

CÁLCULO DE MUESTRA:

nivel de confianza = 95.45% $n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$ $n = 0.91 \cong 1$ observación

Prueba de error = ±5%

$\sum x^2 = 81768$ $\sum x = 904$ $n = \left(\frac{40 \sqrt{10(81768) - (904)^2}}{(904)} \right)^2$

N° OPERARIOS	CICLOS (Segundos)	C1	Tiempo promedio	Ritmo de trabajo	Factor de valoración	Tiempo normal	Tiempo suplementario	Tiempo estándar
2	TRASLADO	25.00	25.73	100	1	25.7272727	12%	28.81454545
2	EMBALADO	51.00	51.09	100	1	51.0909091	12%	57.22181818
2	TRASLADO	14.00	13.55	100	1	13.5454545	12%	15.17090909
	TOTAL	90.00	90.36					101.21
	TOTAL	1.50	1.51					1.69

POR HORA	35.6
----------	------

Anexo N°4: Detalle de los problemas ocurridos con las máquinas durante el proceso de evaluación.

MÁQUINA	Cizalla Múltiple	
PROCESO	Corte	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	Se calibro el final de carrera para que se realicen los sombreros	20 minutos
	Se realizo el cambio del pedal eléctrico (permite la función de baja – subida del pistón hidráulico)	2 horas
JUNIO	Se realizo el cambio de aceite (el aceite con el que se encontraba trabajando, perdió su viscosidad)	2 horas
	La bomba de agua que ayuda a que el aceite no se sobrecaliente se encontró quemada.	2 días
JULIO	Se realizo desmontaje, debido a que la maquina se encontraba fugando aceite del pistón hidráulico.	4 horas
AGOSTO	Calibración de final de carrera (función de corte de swellex)	1 hora
SEPTIEMBRE	Los operarios informaron que una manguera hidráulica se había roto. Se realizó la extracción de manguera dañada.	5 horas 30 minutos
	Regulador de caudal de aceite dañado. Se tuvo que extraer el regulador para realizar limpieza.	2 horas
Duración total		2 días 16 horas 50 minutos

MÁQUINA	CONFORMADORA	
PROCESO	CONFORMADO	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
	20/05/19: Se realizo la instalación de sistema de lubricación.	4 días

MAYO	28/05/19: Se realizo la instalación eléctrica para el sistema de bombeo	1 día
JUNIO	04/06/19: Se realizo el cambio de aceite (el aceite con el que se encontraba trabajando, perdió su viscosidad)	2 horas
	12/06/19: La bomba de agua que ayuda a que el aceite no se sobrecaliente se encontró quemada.	2 días
JULIO	10/07/19: Lubricación de ejes de transmisión bocinas rodamientos.	5 horas
AGOSTO	20/08/19: Se retrocedió la máquina 6 metros, porque se iba a instalar una nueva máquina a la línea.	2 días
SEPTIEMBRE	22/09/19: Calibración de máquina conformadora para tubo 2.5 de espesor.	4 días
DURACIÓN TOTAL		13 días 7horas

MÁQUINA	PRE REDUCCIÓN	
PROCESO	PRE REDUCCIÓN	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	-	-
JUNIO	-	-
JULIO	25/07/19: Se implemento esta máquina con la finalidad de que ayude a la reducción de sombrero.	2 días
AGOSTO	20/08/19: Ruptura de pernos (estos sujetan al pistón hidráulico). se hizo el desmontaje total, se rompió el perno con una broca. Se paso macho para reconstruir la rosca.	1 día
SEPTIEMBRE	02/09/19: Cambio de aceite y limpieza del tanque. Cambio de válvula de accionamiento por palanca	6 horas
DURACIÓN TOTAL		3 días 6 horas

MÁQUINA	REDUCCIÓN SOMBRERO	
PROCESO	REDUCCIÓN SOMBRERO	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	20/05/19: Cambio de matriz. Se mecanizo un diseño nuevo.	1 hora
	28/05/19: Se realizo mantenimiento preventivo al tablero eléctrico.	1 hora 30 minutos
JUNIO	04/06/19: Se realizo cambio de aceite, limpieza de tanque y cambio de filtro.	4 horas
	11/06/19: Cambio de contactor eléctrico, del tablero de control	2 horas
JULIO	23/07/19: Se realizó el cambio de un sensor inductivo. El anterior los contactos se quedaron pegados.	1 día
AGOSTO	26/08/19: Se implemento una bomba centrifuga con un tanque, porque ayuda al momento que se realiza la reducción del material para que se enfríe lo más rápido posible. Por lo tanto, la maquina no tendría problemas.	5 horas
SEPTIEMBRE	-	-
DURACIÓN TOTAL		21 horas 30 minutos

MÁQUINA	REDUCCIÓN CASQUILLO	
PROCESO	REDUCCIÓN CASQUILLO	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	-	-
JUNIO	04/06/19: Se realizo cambio de aceite, limpieza de tanque y cambio de filtro.	4 horas
	11/06/19: Cambio de contactor eléctrico, del tablero de control	2 horas

JULIO	23/07/19: Se realizó el cambio de un sensor inductivo. El anterior los contactos se quedaron pegados.	1 día
AGOSTO	26/08/19: Se implemento una bomba centrifuga con un tanque, porque ayuda al momento que se realiza la reducción del material para que se enfríe lo más rápido posible. Por lo tanto, la maquina no tendría problemas.	5 horas
SEPTIEMBRE	-	-
DURACIÓN TOTAL		1 día 11 horas

MÁQUINA	PRENSA HORIZONTAL	
PROCESO	PRENSADO HORIZONTAL	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	16/05/19: El operario informo que estaba saliendo aceite por el pistón. Se hizo el desmontaje para cambiar el origen de la tapa.	3 días
JUNIO	04/06/19: Regulación de presión, porque el operario indico que no tenía fuerza el pistón.	6 horas
JULIO	29/07/19: Se realizo cambio de tanque, aceite y filtro (el tanque que se coloco está diseñado para que el aceite se mantenga a temperatura ambiente 25°C)	2 días 4 horas
AGOSTO	27/08/19: El operario nos informó que la máquina presentaba falla eléctrica, se procedió hacer el requerimiento para la compra de una nueva.	7 horas
SEPTIEMBRE	10/09/19: La máquina presento falla eléctrica, no encendía, no se activaba la electroválvula. Se volvió hacer un nuevo esquema eléctrico.	3 días
DURACIÓN TOTAL		8 días 17horas

MÁQUINA	SOLDADORA CASQUILLO	
PROCESO	SOLDEO CASQUILLO	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	-	-
JUNIO	-.	-
JULIO	-	-
AGOSTO	15/08/19: El operario informo que la maquina presentaba falla eléctrica. el reductor no giraba, por lo tanto, no mandaba señal para que empiece a soldar. se observó el tablero de control. Se realizó un seguimiento con el esquema eléctrico.	4 horas
SEPTIEMBRE	11/09/19: Mantenimiento máquina de soldar.	3 hora
DURACIÓN TOTAL		7 horas

MÁQUINA	SOLDADORA SOMBRERO	
PROCESO	SOLDEO SOMBRERO	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	-	-
JUNIO	-.	-
JULIO	-	-
AGOSTO	30/08/19: El operario informo que la maquina presentaba falla eléctrica. Mantenimiento a todos los equipos electrónicos de la kuka.	8 horas
SEPTIEMBRE	20/09/19: Se solicitó un programador para que restablezca las configuraciones de fábrica de la maquina kuka.	2 horas
DURACIÓN TOTAL		10

MÁQUINA	TALADRO	
PROCESO	PERFORADO	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	-	-
JUNIO	-.	-
JULIO	-	-
AGOSTO	-	-
SEPTIEMBRE	20/09/19: Mantenimiento, limpieza, lubricación, cambio de repuesto.	5 horas
DURACIÓN TOTAL		5 horas

MÁQUINA	BOMBA NEUMÁTICA	
PROCESO	PRUEBA NEUMÁTICA	
MES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
MAYO	-	-
JUNIO	-.	-
JULIO	-	-
AGOSTO	-	-
SEPTIEMBRE	20/09/19: Mantenimiento se dio mantenimiento al compresor.	6 hora
DURACIÓN TOTAL		6 horas

Anexo N° 5: Autorización de uso de nombre de la empresa



Lima, 02 de noviembre de 2019

Sr. Ingeniero

Emerson Paico

JEFE DE PLANTA, EMPRESA FORMIN S.A.C.

Presente. -

De nuestra consideración:

Nosotras, KATHERINE CHÁVEZ PINADO y JAEL RAYMONDI PALACIOS, identificadas con N° DNI 72776972 y 72548693, ante Ud. Respetuosamente nos presentamos y exponemos:

Que actualmente cursando el Bachiller de Ingeniería Industrial en la Universidad Tecnológica del Perú – LIMA, solicitamos a usted de la manera más comedida, se considere la petición de un proyecto de tesis que cuente con información suficiente y necesaria para desarrollarlo de acuerdo a la necesidad que requiera la empresa. Por ello, requerimos su autorización para para realizar el proyecto sobre la mejora de procesos en la línea de producción de Swellex.

Con saludos cordiales y a tiempo de agradecerle su atención a esta solicitud, aprovechamos la oportunidad para reiterarle nuestra más alta consideración y estima.

Atentamente,

Katherine Chávez/ Jael Raymondi

DNI: 72776972/72548693


Giovanni Oculmoro Manu
SUPERVISOR LÍNEA DE SWELLEX


FORMIN S.A.C. Jefe de Planta / Producción
JEFE DE PLANTA