

**DIGITALIZACIÓN Y APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN  
MANUFACTURING, INDUSTRIA 4.0 Y SIX SIGMA PARA OPTIMIZAR LOS  
PROCESOS PRODUCTIVOS AUTOMATIZADO Y SEMI-AUTOMATIZADO EN  
LA EMPRESA CILINDROS COMPANY S.A.S**

**CLAUDIA PATRICIA GONZALEZ MOTTA  
OMAR IGNACIO CASANOVA PUENTES  
YULI CATERINE BARRETO GOMEZ**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
NEIVA  
2019**

**DIGITALIZACIÓN Y APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN  
MANUFACTURING, INDUSTRIA 4.0 Y SIX SIGMA PARA OPTIMIZAR LOS  
PROCESOS PRODUCTIVOS AUTOMATIZADO Y SEMI-AUTOMATIZADO EN  
LA EMPRESA CILINDROS COMPANY S.A.S**



**CLAUDIA PATRICIA GONZALEZ MOTTA  
OMAR IGNACIO CASANOVA PUENTES  
YULI CATERINE BARRETO GOMEZ**

**Informe Final de práctica social, empresarial y solidaria presentado como  
requisito para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL**

**Asesor  
Ing. CARLOS WILMER OVIEDO CÓRDOBA**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
NEIVA  
2019**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Neiva, Noviembre de 2019

## **DEDICATORIA**

A nuestro papa Dios, su hijo Jesucristo y Espíritu Santo, que nos dio la sabiduría, el entendimiento y los recursos para cumplir con este logro tan importante en nuestro proceso formativo; a nuestros padres y a todas aquellas personas que sin su apoyo no sería posible culminar una meta más en nuestras vidas.

## CONTENIDO

|                                                             | Pág. |
|-------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN                                                | 11   |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                               | 14   |
| 2. JUSTIFICACIÓN                                            | 16   |
| 3. OBJETIVOS                                                | 17   |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL                                        | 17   |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                   | 17   |
| 4. MARCO TEÓRICO                                            | 18   |
| 4.1 MARCO CONCEPTUAL                                        | 18   |
| 4.2 MARCO REFERENCIAL                                       | 25   |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO                                      | 28   |
| 5.1 SEGÚN EL OBJETO DE ESTUDIO                              | 28   |
| 5.2 SEGÚN LA FUENTE DE INFORMACIÓN                          | 28   |
| 5.3 SEGÚN EL NIVEL DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN | 28   |
| 5.4 SEGÚN LA EXTENSIÓN DEL ESTUDIO                          | 28   |
| 6. RESULTADOS                                               | 29   |
| 6.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADO                      | 29   |
| 6.2 PROCESO DE PRODUCCION SEMI-AUTOMATIZADO                 | 38   |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 6.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN CICLO 1                       | 39 |
| 6.3.1 Simulación del Proceso de Producción Ciclo 1      | 41 |
| 6.3.2 Análisis de la Grafica Niveles de Estrés- Ciclo 1 | 43 |
| 6.4 PROCESO DE PRODUCCIÓN CICLO 2                       | 45 |
| 6.4.1 Simulación del Proceso de Producción Ciclo 2      | 46 |
| 6.4.2 Análisis de la Grafica Niveles de Estrés- Ciclo 2 | 48 |
| 6.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN CICLO 3                       | 51 |
| 6.5.1 Simulación del Proceso de Producción Ciclo 3      | 53 |
| 7. CONCLUSIONES                                         | 57 |
| WEBGRAFIA                                               | 58 |
| ANEXOS                                                  | 60 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1. Técnicas de Recolección de datos                      | 28          |
| Tabla 2. Subequipos                                            | 30          |
| Tabla 3. Actividades e intentos de programación y comunicación | 34          |
| Tabla 4. Datos del proceso automatizado-SIX SIGMA              | 36          |
| Tabla 5. Estadísticos descriptivos proceso automatizado        | 36          |
| Tabla 6. Formato de TPM 8D                                     | 37          |
| Tabla 7. Referencias de cilindros neumáticos                   | 38          |
| Tabla 8. Misión, visión y valores institucionales              | 39          |
| Tabla 9. Cargos ciclo 1- proceso semi-automatizado             | 39          |
| Tabla 10. Resultados del ciclo 1                               | 42          |
| Tabla 11. Niveles de estrés ciclo 1                            | 42          |
| Tabla 12. Six Sigma ciclo 1.                                   | 43          |
| Tabla 13. Estadísticos descriptivos proceso automatizado       | 43          |
| Tabla 14. 8. 5's                                               | 45          |
| Tabla 15. Cargos ciclo 2                                       | 45          |
| Tabla 16. Resultados del ciclo 2                               | 47          |
| Tabla 17. Niveles de estrés ciclo 2                            | 47          |
| Tabla 18. Six Sigma ciclo 2                                    | 48          |
| Tabla 19. Estadísticos descriptivos proceso semi-automatizado  | 49          |
| Tabla 20. Kanban                                               | 51          |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 21. Referencias y cantidades-kanban                             | 51 |
| Tabla 22. Eliminación de pasos-SMED                                   | 52 |
| Tabla 23. Cargos ciclo 3                                              | 52 |
| Tabla 24. Resultados del ciclo 3                                      | 54 |
| Tabla 25. Six Sigma ciclo 3                                           | 54 |
| Tabla 26. Estadísticos descriptivos proceso semi-automatizado ciclo 3 | 55 |



## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                  | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| Gráfico 1. Actividades e intentos de programación y comunicación | 34          |
| Gráfico 2. Six sigma-nivel Z proceso automatizado                | 37          |
| Gráfico 3. Niveles de estrés ciclo 1                             | 43          |
| Gráfico 4. Six sigma proceso automatizado                        | 44          |
| Gráfico 5. Niveles de estrés ciclo 2                             | 47          |
| Gráfico 6. Six sigma proceso semi-automatizado                   | 50          |
| Gráfico 7. Six sigma proceso semi-automatizado ciclo 3           | 56          |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                           | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ilustración 1. Sistema MPS 4 estaciones FESTO                             | 29          |
| Ilustración 2. Estación prensa con musculo neumático                      | 30          |
| Ilustración 3. Diagrama de GRAFCET                                        | 34          |
| Ilustración 4. La estación prensa con musculo neumático en forma digital. | 36          |
| Ilustración 5. Maquinas prensa troqueladora y testeo                      | 40          |
| Ilustración 6. Distribución en planta ciclo 1                             | 41          |
| Ilustración 7. Mapeo ciclo 1                                              | 44          |
| Ilustración 8. Distribución en planta ciclo 2                             | 46          |
| Ilustración 9. Mapeo ciclo 2                                              | 50          |
| Ilustración 10. Matriz PHVA                                               | 51          |
| Ilustración 11. Distribución en planta ciclo 3                            | 53          |

## INTRODUCCIÓN

En los momentos actuales, las empresas requieren tener mayor capacidad de producción, ser más competitivas y productivas, para lo cual se requiere de personal altamente calificado, sistemas de calidad normalizados y estandarizados, reducción en los tiempos de ejecución, reducción de los costos, optimización de los recursos, con lo que se logre mejorar la productividad y la competitividad.

Las organizaciones que tienen producciones manuales, semi-automatizadas o automatizadas, presentan desperdicios como: exceso de producción, transporte, inventario, tiempo de espera, reprocesos, defectos, movimientos y talento Humano no utilizado; en la mayoría de sus procesos, pueden implementar metodologías como lo son Lean manufacturing e industria 4.0, la cuales consisten en una serie de herramientas basadas en el Planear o definir los elementos necesarios para llevar a cabo sistemas efectivos reduciendo riesgos y aprovechando oportunidades, promoviendo la correcta utilización de los recursos, hacer o ejecutar tal plan buscando procesos óptimos, verificar el cumplimiento de las metas, que puede ser a través de indicadores de gestión, los cuales permiten evidenciar el grado de cumplimiento de estas, finalmente, Actuar donde se toma acciones correctivas eliminando deficiencias encontradas. Todo lo anterior permite adquirir un debido orden de los procesos.

Para lograr establecer la aplicación real de las herramientas Lean Manufacturing e industria 4.0, se creó una empresa denominada CILINDROS COMPANY S.A.S dedicada a la fabricación de cilindros neumáticos de 4 tipos de referencias que en su orden son: 21 rojo, 22 plateado, 23 negro y 24 negro, los cuales tenían medidas de 10 y 8mm e iban acompañados de empaque, embolo, resorte y tapas. La empresa contaba con planeación estratégica conformada por la misión, visión, valores y estaba constituida por un inversionista, un gerente, un jefe de producción, 7 operarios de producción, dos de estos encargados de la maquina prensa troqueladora y uno de la maquina testeo, un asesor comercial, un operario en el área de mantenimiento, dos almacenistas, un operario en finanzas, uno en reproceso, un cronometrista, otro trabajador en el área de calidad, dos en expedición y etiquetado y por ultimo un operario en talento humano, se contaba con dos proveedores y dos clientes.

La meta era cumplir con un pedido de 60 cilindros en 45 minutos a través de dos procesos productivos, automatizado y semi-automatizado.

Para el proceso automatizado, la producción se empleó por medio de una planta didáctica FESTO, conformada por: Estación distribuidora, ensambladora, prensa con musculo neumático y clasificadora. Al grupo que presenta este informe le fue asignada la estación prensa con musculo neumático desarrollada primero en un diagrama donde se describe las acciones y los procesos intermedios llamado

GRAFCET, y se hizo a través del software CoDeSys versión 3.5 SP10 Patch 1, teniendo en cuenta los sensores correspondientes, es decir, agarre, desplazamiento izquierdo, desplazamiento derecho y brazo centro.

El siguiente paso fue la aplicación de la metodología de industria 4.0 por medio de herramientas tales como: SCADA que se empleó para realizar la programación, permitiendo controlar y supervisar el proceso. Luego se utilizó Gemelo digital para recibir datos de los sensores transmitiéndolos sin problemas, lo que permitió que la entidad virtual existiera simultáneamente con la entidad física, posteriormente la información adquirida se subió a la Nube para ser guardada. Por otra parte, se llevó a cabo la proyección de la estación prensa con musculo neumático utilizando la herramienta Sombra digital. Finalmente, se operó la herramienta de integración vertical que fue relación entre el proceso con la planta didáctica.

Al tener todas las estaciones listas, el procedimiento a seguir fue sincronizarlas para que la producción lograra ponerse en funcionamiento. Después de terminado el proceso, se analizó el tiempo que tarda la fabricación de cada cilindro por medio de contadores incorporados en la programación, el cual fue de 34,25 segundos, lo que quiere decir que la producción de los 60 cilindros tardó 34,25 minutos, logrando un porcentaje de productividad superior al 31% con respecto a la requerida por la organización y a su vez, un nivel sigma de 5,01 el cual arrojó la gráfica realizada en el software MINITAB.

Cuando se realizó la comunicación de las estaciones y se cumplió con la meta de fabricación en el proceso automatizado, se procedió a realizar el proceso semi-automatizado, por medio de 3 ciclos. El primer ciclo de producción se dejó a criterio de los participantes la distribución de planta, en tal sentido se realizó una distribución de planta en "M" sin tener en cuenta las áreas que dependían entre sí, tampoco se aplicó ningún tipo de planeación en las actividades de acuerdo a las metas establecidas, el resultado final fue que solo se fabricaron 2 cilindros de los 60 solicitados, dando una eficiencia del 3,3% generando un nivel sigma de 0,05 y ganancias de \$-292.000.

En el segundo ciclo de producción, se aplicaron herramientas de Lean orientadas al análisis como lo son VSM para el mapeo de Flujo de Valor que se basa en ver y entender un proceso en profundidad e identificar sus desperdicios, 5`S para clasificar, organizar, limpiar, normalizar y tener disciplina en los puestos de trabajo, como también, takt time donde se calculó el tiempo medio entre el inicio de la fabricación de una unidad y el inicio de la siguiente, dando como resultado 45 segundos. La distribución de planta esta vez fue en "C" buscando facilitar un flujo más adecuado del proceso. Con dichas modificaciones se logró fabricar 59 cilindros de los 60 solicitados logrando una eficiencia del 98,3%. Cabe resaltar que ninguno de estos cilindros fue entregado en el tiempo correspondiente a los clientes. No obstante, el nivel sigma del ciclo fue de 1,76, las ganancias de \$714.000 y una liquidez de \$536.000

Debido a las eventualidades presentadas en los dos ciclos mencionados, se decidió realizar un tercer ciclo de producción, utilizando nuevamente la herramienta 5`s, takt time y VSM, pero esta vez incorporando otras metodologías Lean con el fin de alcanzar el 100% de eficiencia, las cuales son SMED donde se hizo cambios de formatos en la maquina prensa troqueladora al igual que se le implementó Kaizen con lo que se llegó a la causa-raíz y la solución de la falencia en el cambio de broca, por último, se aplicó KANBAN para dividir el tiempo y la cantidad de cilindros a fabricar. Se empleó una distribución de planta diferente, la cual fue en "L", y en esta ocasión solo se dejaron los cargos que involucraban directamente la fabricación, es decir, producción, ensamble 1, 2 y 3, operarios de las dos máquinas, expedición y etiquetado, calidad, gerencia y finanzas; es por tanto que el resultado fue de 60 cilindros en 30 minutos, generando un porcentaje de productividad superior al 50% con respecto a la requerida por la empresa. El nivel sigma fue de 4,41, las ganancias de \$843.000 y la liquidez de \$810.000.

Después de desarrolladas ambas producciones se comprobó que los procesos no están exentos de ser mejorados y que para optimizarlos se pueden implementar herramientas como lo son Lean manufacturing e industria 4.0.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el desarrollo de la práctica se presentaron eventualidades que generaron deficiencias en los dos procesos productivos, automatizado y semi-automatizado.

Durante la producción automatizada ocurrieron fallas en la programación de la estación prensa con musculo neumático tales como: desconocimiento en los movimientos que realizaba y en los sub-equipos que la conformaban, es decir, prensa, sensores, agarre, musculo y disco.

Por otro lado, se presentó una falla al momento de sincronizar las estaciones debido a que solo se habían enlazado la estación 1, 2 y 3 dejando a un lado la estación 4, lo que interrumpió la comunicación, junto con una deficiencia en el módulo pick&place del sistema ensamblador, donde no estaba en las mejores condiciones puesto que no succionaba la parte superior de las tapas negras para ser ensambladas con los cuerpos de cilindros, la causa fue por una falla interna del regulador de presión, es por tanto que el grupo encargado tuvo que realizar de manera manual ese procedimiento, pero cuando las colocaron, los sensores de la estación clasificadora no reconocieron las tapas, por lo que debieron ser cambiadas a tapas con higrómetro las cuales tenían una magnitud y tamaño adecuado.

Para la producción semi-automatizada en el ciclo 1 las fallas administrativas fueron, primero que los operarios no se apegaron a la planeación estratégica de la empresa, no tenían compromiso o una cultura organizacional; segundo, el gerente no generó estrategias de mejora, tampoco incorporó herramientas Lean que ayudara a optimizar el proceso, por lo que se presentó duplicidad de funciones por parte del jefe de producción y el operario de talento humano, debido a que ambos daban indicaciones diferentes a los trabajadores de expedición y etiquetado, los cuales se confundieron al momento de desarrollar las actividades.

Por otro lado, el proveedor no entregaba las piezas correctas a la empresa CILINDROS COMPANY S.A.S lo que provocó caos, desorden y ruido en las áreas de trabajo, específicamente en almacén donde hubo otra deficiencia, esta vez en los formatos que les habían asignado, por falta de conocimiento para diligenciarlos, deteniendo el flujo continuo del proceso.

En cambio, las fallas operativas no solo del ciclo 1 si no también en el ciclo 2, fueron por las maquinas empleadas en el proceso, dado que compartían presión a través de una manguera. Cuando se cerraba el regulador de presión para hacer cambios de formato en la maquina prensa troqueladora, la maquina testeó dejaba funcionar, a consecuencia de esto, el operario no podía verificar el sellado de los cilindros.

Ahora bien, en el área de producción, los trabajadores no realizaban bien el orificio que debía tener cada cuerpo de cilindro y no colocaban las piezas correctas según las especificaciones del pedido, tales como: émbolo, tapa, empaque y resorte, por lo que debía ser llevado a reproceso o ser devueltas a el área de almacén. Las tapas de los cilindros proporcionadas por los operarios de la maquina prensa troqueladora tardaban en llegar a ensamble 2 por del cambio de broca; lo que causó que no se entregaran cada pedido en el tiempo establecido de 45 segundos.

### **1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cómo se puede mejorar los procesos automatizado y semi-automatizado en la empresa CILINDROS COMPANY S.A.S para que se pueda cumplir con el tiempo y meta de fabricación?

## 2. JUSTIFICACIÓN

El talento humano es fundamental porque son los encargados de llevar a cabo las actividades o procedimientos de las empresas, por lo tanto, se debe generar una cultura organizacional que permita unificar los esfuerzos y las ideas de los trabajadores hacia las metas de producción.

Existe una técnica Lean denominada KATA, son una serie de movimientos en secuencias prefijadas que se utilizan para dar respuestas automáticas, permitiendo ejecutar estrategias bajo cualquier circunstancia, incluso en una situación de riesgo o peligro. El objetivo de la KATA es lograr alinear tales pensamientos, compromisos, valores, sensibilizando al personal y capacitándolo, buscando solucionar el 50% de las deficiencias en los procesos alcanzando un sistema efectivo y logrando que el personal acoja una cultura organizacional.

Cuando se haya aplicado lo anterior se procede a mejorar el otro 50% que son las producciones, empleando más herramientas lean las cuales tienen como fundamento la disciplina y el orden, eliminando mudas que significa: superfluo, residuos o despilfarro, los cuales están clasificados por: exceso de producción, transporte, inventario, tiempo de espera, reprocesos, defectos, movimientos y talento Humano no utilizado.

El aplicar estas herramientas hace que las producciones alcancen su mayor productividad para mejorar la relación con los clientes y alcanzar la calidad tanto en los productos como en el servicio, logrando así que la organización sea competitiva en el mercado de manera permanente.

Todo lo anterior fue aplicado a la empresa CILINDROS COMPANY S.A.S buscando un mayor compromiso por parte de los trabajadores hacia las metas de la organización y mejorar los procesos de producción. Siendo los beneficiados al igual que los lectores del trabajo aplicado. Evidenciando que la ejecución de estas herramientas Lean puede solucionar deficiencias de cualquier sistema productivo.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Aplicar los conceptos de Industria 4.0 en la producción automatizada y las herramientas Lean manufacturing en la producción semi-automatizada, para cumplir la meta de fabricación y así mejorar la productividad de los procesos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar la programación de la estación prensa con musculo neumático para de llevar a cabo el proceso automatizado, haciendo uso de las herramientas: SCADA, gemelo digital, la nube, Sombra digital, Integración vertical y Comunicación M2M.
- Emplear la herramienta TPM mantenimiento productivo total, mejorando la falla en el módulo pick&place de la estación ensambladora.
- Operar las herramientas VSM, 5`S, SMED, K`PIS, KANBAN, TAKT TIME y KAIZEN, en el proceso semi-automatizado para solucionar deficiencias presentadas.
- Calcular nivel Z en el que se encuentre el proceso productivo automatizado y semi-automatizado, desarrollado por medio de la metodología Six Sigma.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

**5´S:** Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

En Ingles se ha dado en llamar “housekeeping” que traducido es “ser amos de casa también en el trabajo”.

- Clasificación y Descarte
- Organización
- Limpieza
- Higiene y Visualización
- Disciplina y Compromiso<sup>1</sup>

**ANDON:** Herramienta de gestión visual que da a conocer el estado de las operaciones en un área y permite detectar si existe alguna anomalía. Esta palabra es un término japonés que significa “señal” o “linterna”, y es una alarma que indica, mediante una señal iluminada, un problema dentro de los flujos de calidad y control y el lugar de la producción y proceso donde se requiere la acción.

Este término se utiliza para aplicar, a su vez, el principio de Jidoka en el método Lean Manufacturing. El Andon se activa a través de un botón, el cual detiene la producción de manera automática para que el equipo tenga tiempo de recopilar información, aplicar PDCA y analizar las causas y el origen que ha causado el problema para, posteriormente, aplicar una rápida solución. Las señales luminosas son fácilmente visibles mediante un letrero, que también muestra el área de trabajo concreta donde ha surgido el problema.

El análisis del origen y frecuencia de los problemas forma parte del sistema de Toyota de mejora continua.<sup>2</sup>

**Casa Lean:** el concepto de una casa emula la construcción real de una casa, con cimientos y columnas fuertes, que al igual que una estructura real, si alguna de estas 2 partes se debilita, el resto de la estructura se debilita.

---

<sup>1</sup> [http://www.paritarios.cl/especial\\_las\\_5s.htm](http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm)

<sup>2</sup> <https://elmetodolean.com/que-es-andon-lean-manufacturing/>



**Causa-Raíz:** Es un método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de un problema o defecto a través de identificar sus causas.

Existen varias medidas efectivas (métodos) que abordan las causas raíz de un problema, Por lo tanto ACR es un proceso reiterativo y una herramienta para la mejora continua.<sup>4</sup>

**Cimientos:** Representa el cambio de cultura organizacional, una cultura esbelta. Todos los miembros de la organización deben estar informados y comprometidos con encontrar nuevas formas de trabajo y en trabajo por equipos multidisciplinarios y no solo por áreas. Al igual que una casa, es la parte más importante de la estructura, por lo que todos los recursos de la organización deben ser utilizados para difundir las nuevas formas de trabajo. El compromiso de la dirección y las gerencias de todas las áreas son críticos.

**Comunicación M2M:** Se refiere al intercambio de información o comunicación en forma de datos entre dos máquinas remotas. Todo entorno M2M debe contar con los siguientes elementos: las máquinas que se encargan de gestionar la información entre ellas; los dispositivos M2M que se conectan a una máquina remota y proveen de comunicación al servidor; el servidor que gestiona el envío y la recepción de la información, y la red de comunicación por cable o a través de redes inalámbricas.<sup>5</sup>

<sup>3</sup> <http://www.angelantonioromero.com/la-casa-del-tps-o-casa-lean/>

<sup>4</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_causa\\_ra%C3%ADz](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_causa_ra%C3%ADz)

<sup>5</sup> [https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M\\_a801.html](https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M_a801.html)

**Corazón:** Representa las personas que viven dentro de la casa, orientados a buscar constantemente la mejora, reduciendo los despilfarros y las deficiencias de la organización. Toda la estructura que los rodea, son áreas de soporte mientras que la gente que vive dentro de la casa es el área de producción.

**Flujo continuo, pieza a pieza:** Es una de las condiciones básicas. Es decir, el flujo pieza a pieza es donde la producción empieza y termina. En otras palabras, es cuando nuestra pieza de trabajo, fluye a lo largo de toda la cadena de valor de manera constante, sin detenerse, desde el principio hasta el final, manteniendo un constante aporte de operaciones con valor añadido.

Parece simple, pero en la práctica puede ser realmente difícil. La mejor manera de eliminar todo aquella pérdida o desperdicio que aparece en los procesos de producción es cambiar a la producción o flujo de una pieza. Significa, pensar en ideas y técnicas para la total desaparición de las pérdidas o procesos sin valor.<sup>6</sup>

**Gemelo digital:** Es un modelo virtual de un proceso, producto o servicio a través de la información obtenida de sensores o automatismos. Esta unión del mundo físico con el virtual permite el análisis inteligente de datos y la monitorización de sistemas para:

- Evitar problemas antes de que se produzcan
- Prevenir tiempos de inactividad
- Desarrollar nuevas oportunidades de negocio
- Planificar el futuro mediante simulaciones
- Personalizar la producción a los requerimientos del cliente<sup>7</sup>

**HEIJUNKA:** Es una de las técnicas más importantes en la implementación de Lean Manufacturing, dado que supone el máximo grado de compromiso con la filosofía JIT, ¿La razón? La búsqueda por nivelar el flujo del producto de acuerdo al comportamiento real de la demanda.<sup>8</sup>

**Industria 4.0:** Es la cuarta revolución industrial, consiste en la digitalización de los procesos productivos en las fábricas mediante sensores y sistemas de información para transformar los procesos productivos y hacerlos más eficientes.<sup>9</sup>

**Integración vertical:** La integración vertical ocurre cuando una misma empresa se hace cargo de actividades que tradicionalmente ha delegado a manos de terceros. Para ello, esta puede crear o adquirir otras empresas mediante las cuales pueda autoabastecerse en lo que se refiere al suministro de materiales e insumos, y/o

---

<sup>6</sup> <http://javiersole.com/?p=1842>

<sup>7</sup> <https://ciudadesdelfuturo.es/que-es-el-gemelo-digital.php>

<sup>8</sup> <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>

<sup>9</sup> <https://papelesdeinteligencia.com/que-es-industria-4-0/>

hacerse cargo de algunas o la totalidad de tareas relacionadas con la distribución de los bienes que produce (como lo puede ser tener sus propias bodegas o centros de distribución, realizar el transporte de las mercancías o la venta al consumidor final).<sup>10</sup>

**JIDOKA:** Jidoka resalta las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez. Esto conduce a mejoras en los procesos, generando calidad eliminando las causas raíz de los defectos. El concepto de Jidoka se originó en los principios de los años 1900. Cuando Sakichi Toyoda, fundador del grupo Toyota, inventó un telar textil que se detenía automáticamente cuando algún hilo se rompía.

### **PASOS DEL JIDOKA**

El principio de Jidoka puede desglosarse en unos sencillos pasos;

1. Detectar el problema
2. Parada
3. Corregir el problema inmediatamente
4. Investigar y corregir la causa raíz<sup>11</sup>

**Justo a tiempo:** Es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. También conocido como método Toyota, permite reducir costos, especialmente de inventario de materia prima, partes para el ensamblaje, y de los productos finales. La esencia de JIT es que los suministros llegan a la fábrica, o los productos al cliente, "justo a tiempo", eso siendo poco antes de que se usen y solo en las cantidades necesarias. Esto reduce o hasta elimina la necesidad de almacenar y trasladar la materia prima del almacén a la línea de producción (en el caso de una fábrica). El JIT puede ser tan preciso que las partes automotrices han llegado a la fábrica el mismo día que se instalan en los autos saliendo de la línea de producción.

Permite reducir el costo de la inversión en inventarios, y por pérdidas en almacenes debido a acciones innecesarias. Para los clientes del productor, no se produce bajo suposiciones, sino sobre pedidos reales. Una definición del objetivo del Justo a Tiempo sería: Tener a la mano los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan<sup>12</sup>.

**KAIZEN:** Se basa en eliminar los desperdicios (actividades innecesarias) y las operaciones que no le agregan valor al producto o a los procesos. Toyota define el desperdicio como: "cualquier otra cosa que no sea el mínimo de equipo, materiales, componentes y tiempo de trabajo absolutamente esencial para la producción". Para nosotros todas las operaciones que generan valor añadido son aquellas por las que

---

<sup>10</sup> <https://bienpensado.com/integracion-vertical-e-integracion-horizontal/>

<sup>11</sup> <https://leanmanufacturing10.com/jidoka>

<sup>12</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_justo\\_a\\_tiempo](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_justo_a_tiempo)

el cliente final está dispuesto a pagar. Por tanto, se busca potenciar las operaciones de valor añadido y reducir el desperdicio. A través de un sistema de Mejora Continua vamos a combatir dicho desperdicio, aplicando la metodología Kaizen.

En los procesos tradicionales se incrementa el valor añadido mediante inversiones en personal, equipos, tecnología, etc., lo que conlleva en muchas ocasiones que también se incrementen las actividades que no agregan valor. Con la Mejora Continua, se incrementa el valor añadido de tus operaciones eliminando desperdicios con los recursos existentes.<sup>13</sup>

**KANBAN:** Proveniente de Japón, Kanban es un símbolo visual que se utiliza para desencadenar una acción. A menudo se representa en un tablero Kanban para reflejar los procesos de su flujo de trabajo.

Kanban, representada por una tarjeta Kanban, se moverá a través de las diversas etapas de su trabajo hasta su finalización. A menudo se habla de él como un método de extracción, de forma que usted tira de sus tareas a través de su flujo de trabajo, ya que permite a los usuarios mover de sitio libremente las tareas en un entorno de trabajo basado en el equipo.<sup>14</sup>

**K'PIS:** Son métricas que nos ayudan a identificar el rendimiento de una determinada acción o estrategia. Estas unidades de medida nos indican nuestro nivel de desempeño en base a los objetivos que hemos fijado con anterioridad.

En un entorno tan cambiante como es el actual, es necesario comparar periódicamente los resultados que estamos obteniendo con los objetivos fijados. Esto nos permitirá averiguar si vamos por buen camino o si existen desviaciones negativas. Si no estamos obteniendo los resultados esperados, los KPIs nos permitirán darnos cuenta y poder reaccionar a tiempo.<sup>15</sup>

**La nube:** Permite almacenar y acceder a datos y programas a través de Internet en lugar del disco duro de su computadora. La nube es solo una metáfora de Internet. Se remonta a los días de los diagramas de flujo y a las presentaciones que representaban la gigantesca infraestructura de servidores de Internet como nada más que un cúmulo blanco e hinchado, que acepta conexiones y reparte información mientras flota.<sup>16</sup>

**Lean Manufacturing:** Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo. La principal filosofía en la que se sustenta el Lean Manufacturing

---

<sup>13</sup> <https://www.progressalean.com/kaizen-mejora-continua/>

<sup>14</sup> <https://kanbantool.com/es/metodologia-kanban>

<sup>15</sup> <https://robertoespinosa.es/2016/09/08/indicadores-de-gestion-que-es-kpi>

<sup>16</sup> <https://www.mydatascope.com/blog/es/2018/05/16/que-es-y-como-funciona-la-nube/>

radica en la premisa de que "todo puede hacerse mejor"; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora.<sup>17</sup>

**POKA-YOKE:** Poka-yoke es un término japonés que significa: Poka: "error no intencionado, equivocación..." y Yoke: "evitar", es decir, "evitar equivocaciones". Shingeo Shingo desencantado ante la imposibilidad de alcanzar "0" defectos al final del proceso, ideó este método basado en la realización de trabajos "a prueba de errores".

El fin del poka yoke es reducir o anular los defectos, por ello es importante comprender que:

- Los defectos son generados por errores.
- Las inspecciones destapan los defectos.
- No tiene sentido analizar el producto final cuando el defecto se produce en el trabajo.
- Es en el proceso donde hay que eliminar el error.
- Los errores subsanados no se han de volver a repetir.
- La clave es encontrar los errores antes de que estos se conviertan en defectos.
- La causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores y los defectos son el resultado de continuar con dichos errores.<sup>18</sup>

**SCADA:** es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.<sup>19</sup>

**Sistema Pull:** los tamaños de las órdenes de producción son pequeños, se generan bajos costes por inventarios, y un riesgo bajo por obsolescencia del producto.

Este enfoque es conveniente cuando se compite por innovación y flexibilidad, y su implantación requiere de información rápida desde los puntos de venta, así como de un sistema de producción rápido y flexible. Las desventajas de este enfoque son la necesidad de tener capacidad para los períodos de demanda pico, menores economías de escala y transporte.<sup>20</sup>

**Six Sigma:** es una metodología de mejora de procesos creada en Motorola por el ingeniero Bill Smith en la década de los 80, esta metodología está centrada en la

---

<sup>17</sup> <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>

<sup>18</sup> <http://www.globallean.net/lean-y-su-top-25-poka-yoke-sistemas-a-prueba-de-errores/>

<sup>19</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

<sup>20</sup> <https://blog.infaimon.com/sistema-pull-ventajas-desventajas/>

reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

Para entender qué es Six Sigma conviene primero entender que es variación y cómo se mide:

Sigma ( $\sigma$ ) es una letra del alfabeto griego, se usa generalmente para representar la desviación estándar (unidad estadística de medición), representa la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos.<sup>21</sup>

**SMED:** es un método de reducción de los desperdicios en un sistema productivo que se basa en asegurar un tiempo de cambio de herramienta de un solo dígito de minutos.

Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute. Se entiende por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.<sup>22</sup>

**Tejado:** representa el resultado, calidad, costos y todo aquello que mantiene operando la organización. Entre más eficiente sea la implementación de los nuevos modelos de operación, mejores serán los resultados y con ello los recursos obtenidos de los ahorros, son utilizados una y otra vez para reforzar los sistemas de la organización.<sup>23</sup>

**Takt Time:** corresponde al ritmo en el que las unidades deben ser producidas para cumplir con las exigencias de los consumidores. Este puede ser calculado en base al tiempo disponible y a las unidades demandadas.

---

<sup>21</sup> <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>

<sup>22</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Single-Minute\\_Exchange\\_of\\_Die](https://es.wikipedia.org/wiki/Single-Minute_Exchange_of_Die)

<sup>23</sup> <https://chanomc.wordpress.com/2017/06/16/conoces-la-casa-lean-o-de-la-calidad-del-toyota-production-system/>



Como se puede observar, el Takt Time no es definido por la empresa, sino por el cliente. En este sentido, debe diferenciarse del Cycle Time o 'tiempo de ciclo', el cual consiste en las unidades de tiempo requeridas para la fabricación de una pieza. Dicho tiempo es establecido en función de la naturaleza del producto y el rendimiento de la empresa. Para que una empresa pueda satisfacer a su demanda, requiere de un tiempo de ciclo menor al Takt Time, de modo que no tenga que recurrir al uso de horas o turnos extra para completar el trabajo. No obstante, si la diferencia es excesiva a favor del tiempo Takt, se pueden producir tiempos de espera perjudiciales para el rendimiento de los sistemas de producción.<sup>24</sup>

**TPM:** es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

- Cero averías
- Cero tiempos muertos
- Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos
- Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos a estos de los equipos

Se entiende entonces perfectamente el nombre: mantenimiento productivo total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total.<sup>25</sup>

**VSM:** el Mapa del flujo de valor es una herramienta utilizada en Lean Manufacturing y Management para analizar los flujos de materiales e información que se requieren para poner a disposición del cliente un producto o servicio. Esta herramienta se desarrolló en Toyota donde se conocía con el nombre de Mapa del flujo de materiales e información.<sup>26</sup>

## 4.2 MARCO REFERENCIAL

**Trabajo de grado:** definición de estrategias de adopción de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas en Bogotá, aplicable a pymes en Colombia.

**Autores:** Manuel Felipe González García

**Año:** 2018

---

<sup>24</sup> <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/08/takt-time-consiste-como-aplicarlo/>

<sup>25</sup> <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>

<sup>26</sup> <https://www.progressalean.com/vsm-value-stream-mapping/>

## RESUMEN

A través de la historia se han presentado cambios disruptivos, originados por las nuevas tecnologías y nuevas formas de percibir el mundo. Estos cambios, por ser radicales, son denominados revoluciones, han impactado los sistemas productivos, económicos, y sociales, originando retos y oportunidades para las organizaciones a nivel mundial. La primera revolución industrial se presentó entre los años 1760-1830, y representó el paso de la producción manual a la mecanizada. La segunda revolución industrial, se produce con el surgimiento de la electricidad, entre los años 1850-1940. La tercera revolución se da con la aparición del computador electrónico en 1943-2000.

De la cuarta revolución industrial se habló, por primera vez, en 2011, en la feria de Hanover; las características principales de este gran cambio, son: big data y análisis de datos, robots autónomos, internet de las cosas (IIOT), seguridad cibernética, cloud computing, impresión 3d, realidad aumentada e inteligencia artificial. Por desconocimiento, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) no hacen uso intensivo de las tecnologías para apalancar sus procesos. Las PYMES tienen problemas de productividad, capacidad exportadora, y servicio al cliente. Se convierte en un reto el aprovechamiento de las oportunidades del entorno para convertirlos en ventajas competitivas, y más aún, en herramientas para mantenerse de manera activa en el mercado. Dentro de la metodología, se utiliza investigación aplicada, descriptiva – explicativa, se consultan fuentes primarias y secundarias, que garanticen la veracidad y confiabilidad de la información. Por lo tanto, el objetivo es definir estrategias que permitan a las PYMES, prácticas adecuadas con las características tecnológicas e innovadoras de la cuarta revolución industrial y la adopción a las actividades de la cadena de valor. Los resultados obtenidos es principalmente el desconocimiento de las características de la denominada cuarta revolución industrial, aunque existen organizaciones que aplican herramientas principalmente en el marketing, ventas y servicio al cliente. Las herramientas más utilizadas por las PYMES son el cloud computing y la inteligencia artificial.

En conclusión, las PYMES aún no han aprovechado las herramientas aplicables en la cuarta revolución industrial, existen oportunidades para aprovechar e implementar gratuitamente a los procesos de las organizaciones, y así, reducir la brecha tecnológica, con el fin de aumentar la productividad.<sup>27</sup>

**Trabajo de grado:** Industria 4.0 y sus aplicaciones a la optimización de procesos y eficiencia energética

**Autores:** Rosa María Cabeza Gavira

**Año:** 2018

**RESUMEN**

---

<sup>27</sup><https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16120/1/PROYECTO%20GRADO%20MANUEL%20FELIPE%20GONZALEZ.pdf>

El presente trabajo de fin de grado trata sobre el estudio del nuevo escenario al que las Industrias se están enfrentando y se enfrentarán en los próximos años, la Industria 4.0, un nuevo modelo de negocio dónde encontramos una serie de herramientas que lo caracterizan. Desde Europa a los Estados Unidos pasando por Asia, existen distintos puntos de vista, pero todos tienen un mismo nexo en común; un nuevo modelo empresarial basado en la conectividad entre las máquinas y las personas mediante estas nuevas tecnologías, consiguiendo una conexión entre lo físico y lo virtual, para así obtener una mayor eficiencia y productividad de los procesos.

Existe un ecosistema alrededor de todo este movimiento, caracterizado por diferentes habilitadoras digitales, que son los responsables de todo este cambio. Se va a explicar cada una de las tecnologías, en qué se basan y dónde podemos encontrarlas dependiendo del sector industrial al que nos refiramos. Son tecnologías que aportan un gran valor a los procesos industriales y a la manera a la que se conoce la industria hasta el día de hoy.

Por otro lado, con lo que respecta al impacto medioambiental, conseguimos un menor número de emisiones y un menor consumo de los recursos disponibles, utilizando como base la Industria 4.0 y sus tecnologías características, ya que gracias a ellas podremos realizar un consumo más eficiente de nuestros recursos, presentando además modelos ya en uso de cada una de estas tecnologías.

Es por ello por lo que, uno de los puntos clave de la Industria 4.0 es la relación directa con la eficiencia energética, palanca para reducir los consumos energéticos y ayudar así, a solventar uno de los principales problemas que existen a nivel mundial.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/82651/TFG-1989-CABEZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 SEGÚN EL OBJETO DE ESTUDIO

Es una investigación aplicada a dos procesos productivos, automatizado y semi-automatizado.

### 5.2 SEGÚN LA FUENTE DE INFORMACIÓN

Las fuentes son experimentales tomadas por medio de la información y datos expuestos en los procesos de producción manejados para este trabajo aplicado.

### 5.3 SEGÚN EL NIVEL DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El nivel es del tipo cuantitativo donde los datos numéricos son tiempos del proceso automatizado y semi- automatizado, al igual que los niveles de estrés o la cantidad de veces que se programó o comunicó el sistema MPS, los cuales fueron analizados y graficados mediante el programa minitab o Excel.

### 5.4 SEGÚN LA EXTENSIÓN DEL ESTUDIO

Es un trabajo determinístico, porque este se planificó todo lo que se iba a desarrollar, por medio de un listado hecho a cargo del grupo presente, donde después lo modelaron y ejecutaron tratando de mejorar y evitar fallas no solo en la simulación de los procesos productivos sino también llevándolo a la realidad.

Tabla 1. Técnicas de Recolección de datos

| TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION    |                                    |                                            |
|-------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Observación de ambos procesos productivos | Personal o por medios electrónicos | Directa, registros sonoros y audiovisuales |

## 6. RESULTADOS

### 6.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADO

Para la realización de este primer proceso productivo, automatizado se utilizaron herramientas tales como:

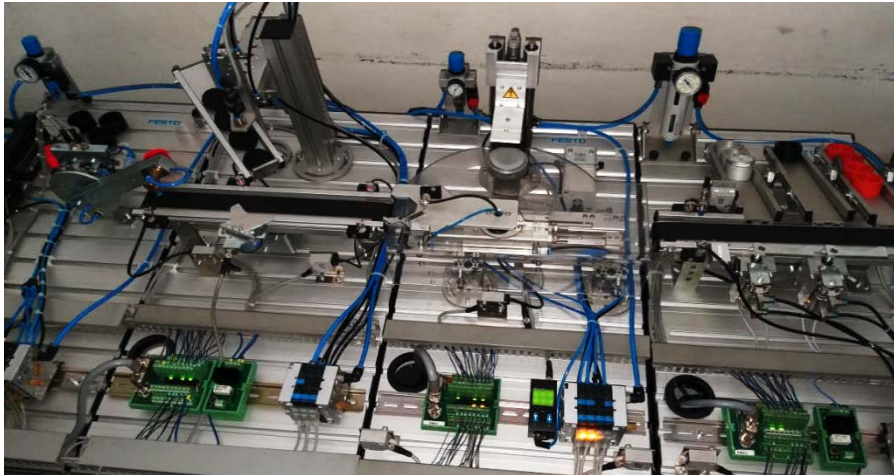
Figura 1. Herramientas proceso productivo



Fuente: Los autores

Estas herramientas fueron utilizadas en la programación del sistema modular específicamente de las 4 estaciones que la conforma.

Ilustración 1. Sistema MPS 4 estaciones FESTO

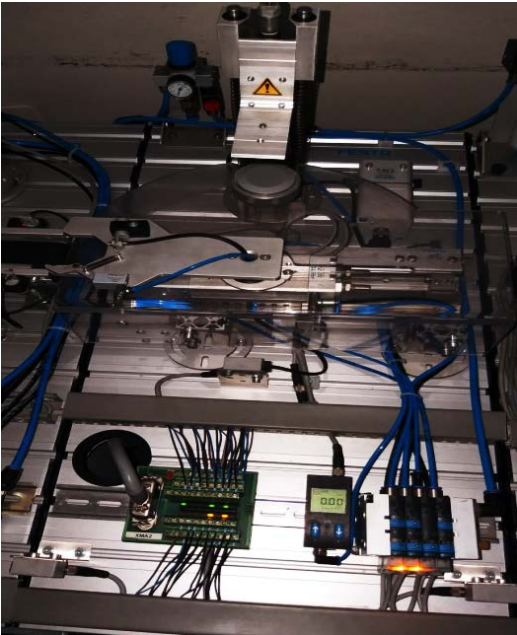


Fuente: Los autores

1. Distribuidora
2. Ensambladora
3. Prensa con musculo neumático
4. Clasificadora

Al grupo presente le correspondió la estación prensa con musculo neumático

Ilustración 2. Estación prensa con musculo neumático



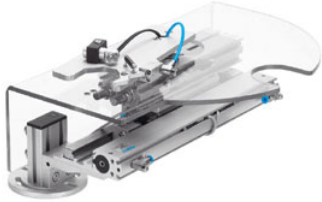
Fuente: Los autores

Los subequipos que la conforman son:

Tabla 2. Subequipos

| SUB-EQUIPOS MAQUINA DIDACTICA DE FESTO<br>ESTACION 3: PRENSA MUSCULO NEUOMÁTICO |                                                                                                                                                                                                  |        |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Nombre del sube quipo                                                           | Descripción                                                                                                                                                                                      | Imagen |
| Placa perfilada de aluminio                                                     | La placa perfilada en aluminio anodizado forma la base de todos los equipos de formación de Festo Didactic. Todos los componentes se fijan de forma segura en las ranuras de la placa perfilada. |        |
| Terminal analógico                                                              | Las señales analógicas se pasan a un terminal analógico especial con un zócalo Sub-D de 15 pines.                                                                                                |        |
| Válvula de interrupción con filtro y regulador                                  | Válvula de filtro regulador con manómetro y válvula de cierre montado en un alojamiento girable. La válvula de cierre da presión y desventa la zona de presión conectada.                        |        |

Continuación Tabla 1

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                       |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Módulo de transferencia giratorio-lineal | <p>El módulo contiene una unidad lineal de precisión SLG con topes finales ajustables. El movimiento giratorio se realiza utilizando un accionamiento semigiratorio DRQD. Esto permite un giro de 90° y 180°. Las posiciones finales se detectan por medio de sensores.</p> <p>Un sensor de reflexión directa detecta la pieza insertada. La pieza es sostenida por una pinza neumática.</p> |    |
| Sensor de reflexión directa              | <p>El sensor de reflexión directa consta de un sensor con cable y una escuadra de fijación para el conductor de fibra óptica y un perfil/panel de prácticas perfilado. En dos ejecuciones. El conductor de fibra óptica tiene un retenedor con elementos de fijación para un perfil de barrera de seguridad y se fija en taladros roscados M6 u orificios de paso.</p>                       |    |
| Pinza neumática de agarre                | <p>Dispositivo que tiene la capacidad de retener y liberar un objeto mediante unos "dedos" mientras se ejecuta una operación específica.</p>                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| Abrazaderas de cable                     | <p>Con tornillo fijación a la placa perfilada.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| Módulo de prensa con músculo neumático   | <p>Este módulo se usa para insertar piezas a prensa en el cuerpo. La prensa se acciona mediante un músculo neumático. El módulo contiene un regulador de presión ajustable manualmente, que puede utilizarse para ajustar la profundidad de prensado.</p>                                                                                                                                    |  |

Continuación Tabla 1

|                                                |                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uniones de placas perfiladas                   | Para unir dos placas perfiladas (por ejemplo, al combinar dos estaciones MPS® para formar un sistema). Método de montaje: Bulón con cabeza giratoria y tuerca M6 de cabeza de martillo. |  |
| Sistema de montaje para equipamiento eléctrico | 2 canaletas de cable de 340 mm y raíl DIN de 340mm, con accesorios de montaje para fijarlo a la placa perfilada.                                                                        |  |
| Unidad de control compacta Festo CECC CODESYS® | Es un entorno de desarrollo para controles lógicos programables (PLC) conforme al estándar CEI 61131-3 para el desarrollo de aplicaciones en la automatización de la industria.         |  |

29

Fuente: Autores

Sensores:

- Agarre<sup>1</sup>
- Desplazamiento izquierdo<sup>2</sup>
- Desplazamiento derecho<sup>3</sup>
- Brazo centro<sup>4</sup>
- Prensaabajo

Los movimientos de la estación musculo neumático son:

- El musculo neumático cuenta con un agarre, el cual por medio de un sensor toma el cilindro que viene de la estación ensamble.
- Después el musculo gira 90° y luego espera que la prensa presione la tapa con el cilindro, para asegurar el ensamble
- Cuando el subequipo prensa deja de presionar el cilindro, el músculo gira otros 90°.
- El paso siguiente es por parte del musculo neumático el cual se desplaza hacia adelante para poder soltar el cilindro y pasarlo a la siguiente estación denominada, clasificadora.
- Finalmente, el musculo se desplaza hacia atrás, luego gira los 180°, devolviéndose, hasta su posición inicial.

<sup>29</sup><https://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones/estacion-de-prensa-con-musculo-neumatico-gran-fuerza.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjYwNi40MzYy>





Los intentos de programación y comunicación fueron:

Tabla 3. Actividades e intentos de programación y comunicación

| Actividades                                                          | Intentos | Tiempo de programación |
|----------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|
| Diseñando la programación                                            | 43       | 7 horas (420 min)      |
| Implementando el maestro y el esclavo, y modificando la programación | 20       | 5 horas (300min)       |
| Comunicando las estaciones hasta que el sistema logró funcionar      | 3        | 20 minutos             |

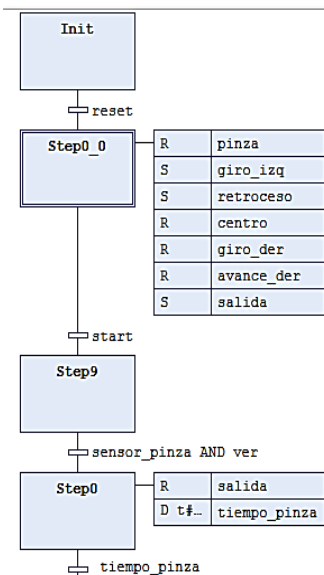
Fuente: Los autores

Gráfico 1. Actividades e intentos de programación y comunicación

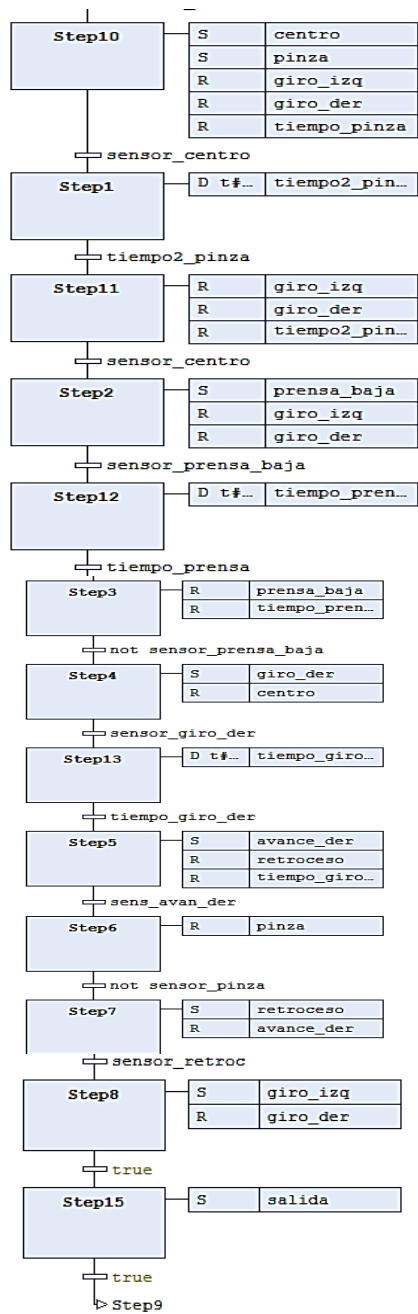


## SCADA

Ilustración 3. Diagrama de GRAFCET



### Continuación Ilustración 3

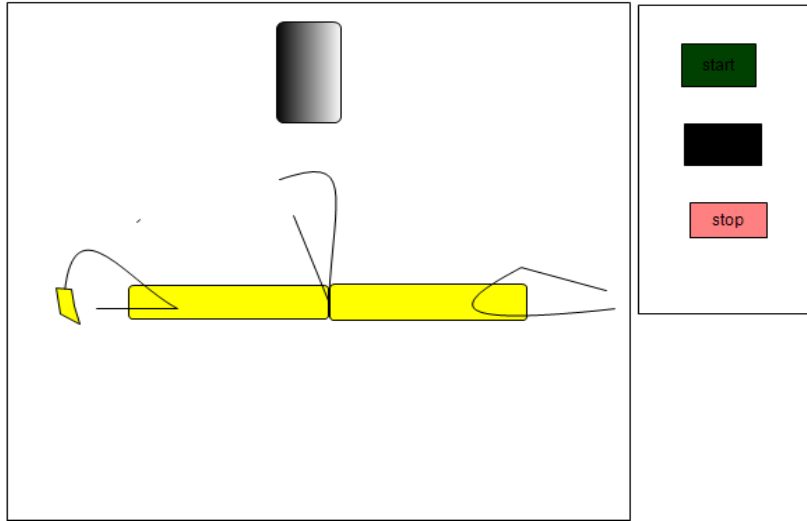


Fuente: Los autores

### SOMBRA DIGITAL

Proyección de algo físico en representación digital en este caso de la estación 3 prensa con musculo neumático en el programa.

Ilustración 4. La estación prensa con musculo neumático en forma digital.



Fuente: los autores

### GEMELO DIGITAL

Son los datos que le proporcionaron los sensores al programa realizado, tales datos fueron subidos a la nube. Estos eran considerados contadores

### La nube

Tabla 4. Datos del proceso automatizado-SIX SIGMA

| CANTIDAD DE CILINDROS | TIEMPO DE PRODUCCIÓN |
|-----------------------|----------------------|
| 60                    | 34,25min             |

Fuente: Los autores

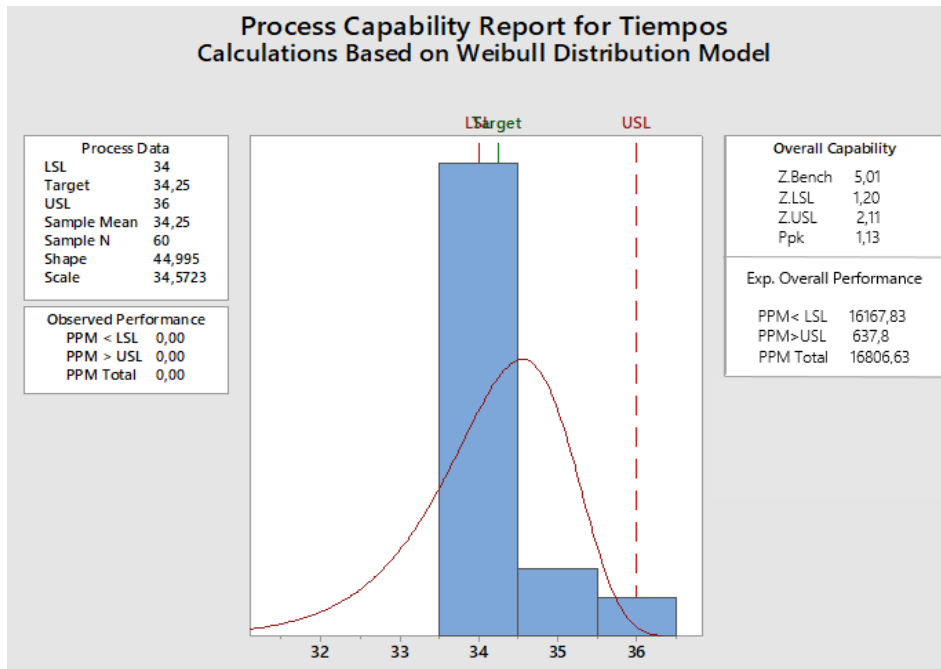
Tales datos se graficaron en MINITAB donde el programa arrojó los siguientes datos:

Tabla 5. Estadísticos descriptivos proceso automatizado

| Variable | N  | N* | Media | Error estándar de la media | Desv.Es t. | Mínimo | Q1 | Mediana | Q3 | Máximo |
|----------|----|----|-------|----------------------------|------------|--------|----|---------|----|--------|
| Tiempos  | 60 | 0  | 34,25 | 0,0737                     | 0,571      | 34     | 34 | 34      | 34 | 36     |

Fuente: Los autores

Gráfico 2. Six sigma-nivel Z proceso automatizado



Fuente: los autores

**ANALISIS DE LA GRAFICA SIX SIGMA-AUTOMATIZADO:** El nivel sigma del proceso automatizado fue de 5,01 y PPM 16806,63 estando en el rango productivo de muchas empresas

### TPM- Mantenimiento total productivo

Tabla 6. Formato de TPM 8D

| MATRIZ TPM - FALLA EN EL MODULO PICK&PLACE                                                                                                                                                                                           |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Fecha: 05/08/2019</b>                                                                                                                                                                                                             |  |
| <b>1. Equipo Responsable:</b><br>YULI CATERINE BARRETO GOMEZ<br>CLAUDIA PATRICIA GONZALEZ MOTTA<br>OMAR IGNACIO CASANOVA PUENTES                                                                                                     |  |
| <b>2. Descripción Del Problema: Que, Cuando, Donde, Como, Que Tan Frecuente, Quien, Porque (5W-2H).</b><br>El modulo pick&place no succionaba la parte superior de las tapas debido a una falencia interna del regulador de presión. |  |
| <b>Adjunte Si Es Posible Fotos O Evidencias.</b>                                                                                                                                                                                     |  |
| <b>3. Acción De Contención.</b><br>Desconectar la programación con la planta didáctica, cerrar el regulador y apagar la máquina.                                                                                                     |  |
| <b>4. Medición Y Análisis De La Causa Usando Herramientas Como Espina De Pescado, Árbol De Ideas, 5 Porque, Pareto, y 5 ¿por qué?</b><br>1. Porque todos estaban ensayando sus programaciones                                        |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| 2. porque la planta didáctica llevaba horas trabajando<br>3. porque la presión estaba alta<br>4. porque un sello se corrió<br>5. porque por donde entra la presión hay unos sellos, entonces al momento de graduarla alguno bloqueo el funcionamiento.                                           |              |              |
| <b>5. Establecer Causa Raíz, Usar Herramienta De Análisis Como Diagrama De Correlación, Priorización, Lluvia De Ideas, Etc.</b><br>1. por el bloqueo la consecuencia fue exceso de presión<br>2. al haber presión esta sube por la línea de entrada del regulador<br>3. al subir se descontroló  |              |              |
| <b>6. Tema De Acción Para Eliminar Causa Raíz.</b><br>Realizar un mantenimiento correctivo donde se pueda abrir la estación y retirar el sello que estaba bloqueando el sistema.                                                                                                                 |              |              |
| <b>7. Acciones Preventivas Para Eliminar Su Recurrencia. ¿Se Eliminó Totalmente El Problema?</b><br>1. realizar mantenimiento predictivo, seguimientos y control los cuales se deberán anexar generando un historial del sistema MPS.<br>2. generar mantenimiento autónomo por horas de trabajo. |              |              |
| <b>1. Conclusiones Y Reconocimiento Al Equipo.</b><br>Para el funcionamiento de la planta FESTO hay que tener en cuenta la cantidad de horas que esta haya trabajado, y seguir los pasos de mantenimiento seguro.                                                                                |              |              |
| <b>PROCESO DE APROBACIÓN 8D</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
| <b>NOMBRE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>CARGO</b> | <b>FECHA</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |              |

Fuente: tomado del módulo TPM.

## 6.2 PROCESO DE PRODUCCION SEMI-AUTOMATIZADO

Para llevar a cabo el proceso de producción semi-automatizado se realizó ejercicio de SYNDHRO GAME, una simulación del proceso productivo donde se creó una empresa llamada CILINDROS COMPANY S.A.S dedicada a la fabricación de cilindros neumáticos de 4 referencias:

Tabla 7. Referencias de cilindros neumáticos

| REFERENCIA | COLOR    | MEDIDA (mm) |
|------------|----------|-------------|
| 21         | Rojo     | 10          |
| 22         | Plateado | 10          |
| 23         | Negro    | 10          |
| 24         | Negro    | 8           |

Fuente: los autores

A tal empresa se le realizó una misión, visión y valores, con el fin de hacer más reales tales simulaciones.

Tabla 8. Misión, visión y valores institucionales

| CILINDROS COMPANY S.A.S                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MISIÓN                                                                                                                                                                                  | VISIÓN                                                                                                                                                                                                        | VALORES INSTITUCIONALES                                                                                                                                                                                                              |
| CILINDROS COMPANY S.A.S es una empresa huilense dedicada al diseño, fabricación y comercialización de cilindros neumáticos orientada a la innovación y mejora continua de sus procesos. | CILINDROS COMPANY S.A.S espera para el 2025 ser una empresa reconocida a nivel nacional por la calidad de sus productos y sus buenas prácticas de manufactura con enfoque en la filosofía Lean Manufacturing. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Respeto</li> <li>• Compromiso</li> <li>• Puntualidad</li> <li>• Disciplina</li> <li>• Honestidad</li> <li>• Sentido de pertenencia</li> <li>• Responsabilidad social y ambiental</li> </ul> |

Fuente: Los autores

También contiene piezas como embolo, empaque, resorte, tapa y camisa de cilindro.

Se estableció una meta de fabricación de 60 cilindros en 45 minutos donde se llevó a cabo por medio de tres ciclos.

Se realizaron los 3 ciclos de producción cada uno diferente al otro, implementando conocimientos aprendidos durante los módulos del seminario Lean Manufacturing

### 6.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN CICLO 1

Se establecieron cargos, específicamente 20, dos de estos externos.

Tabla 9. Cargos ciclo 1- proceso semi-automatizado

| CARGOS                                      | INTERNO | EXTERNO | CANTIDAD DE PERSONAS |
|---------------------------------------------|---------|---------|----------------------|
| Gerente                                     | X       |         | 1                    |
| Jefe de producción                          | X       |         | 1                    |
| Producción                                  | X       |         | 1                    |
| Ensamble 1                                  | X       |         | 1                    |
| Ensamble 2                                  | X       |         | 1                    |
| Ensamble 3                                  | X       |         | 1                    |
| Almacén                                     | X       |         | 2                    |
| Operarios de la maquina prensa troqueladora | X       |         | 2                    |
| Talento humano                              | X       |         | 1                    |
| Mantenimiento                               | X       |         | 1                    |

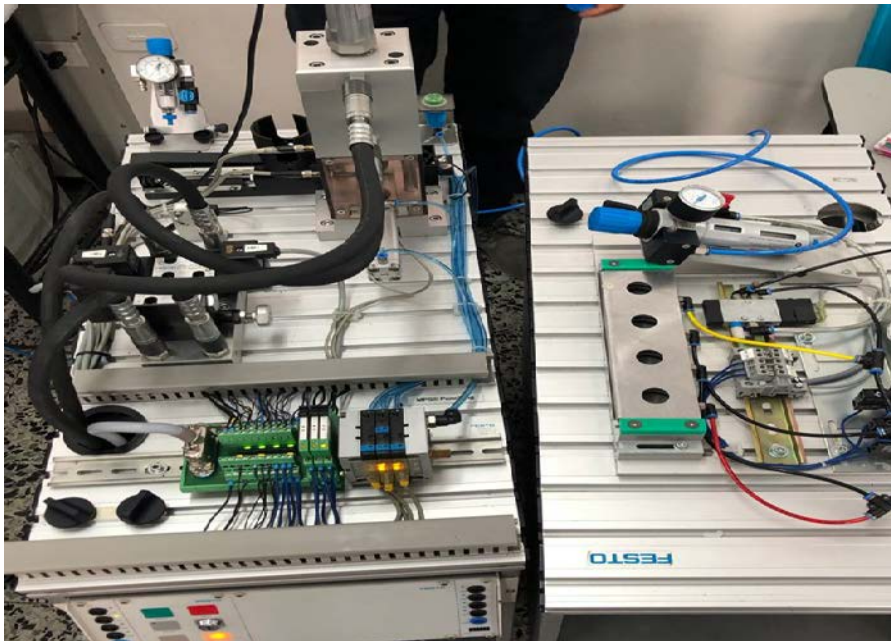
Continuación Tabla 7

|                               |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|---|
| Operario de la maquina Testeo | X |   | 1 |
| Calidad                       | X |   | 1 |
| Reproceso                     | X |   | 1 |
| Finanzas                      | X |   | 1 |
| Cronometristas                | X |   | 1 |
| Asesor comercial              | X |   | 1 |
| Inversionistas                | X |   | 1 |
| Proveedores                   |   | X | 2 |
| Clientes                      |   | X | 2 |
| Expedición y etiquetado       | X |   | 2 |

Fuente: Los autores

Y se contó con dos tipos de máquinas: una Prensa troqueladora y una de Testeo, los cuales son:

Ilustración 5. Maquinas prensa troqueladora y testeo

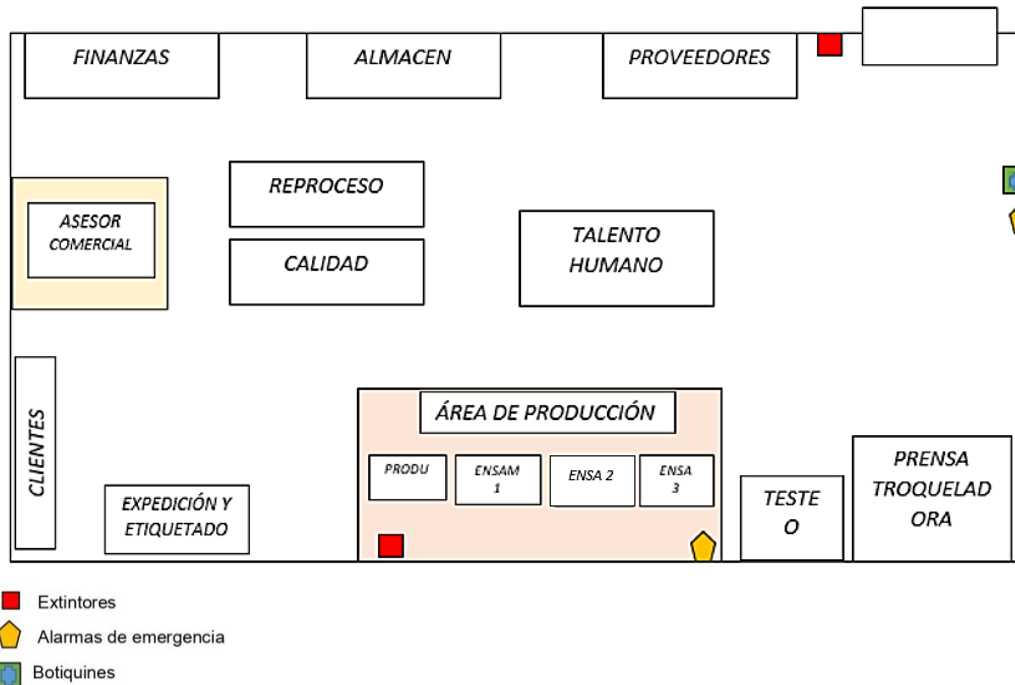


Fuente: los autores

Para comprender el proceso de producción semi-automatizado en este primer ciclo, se realizó un diagrama de flujo de proceso explicando las actividades que desarrollan cada operario. Posteriormente, se llevó a cabo una distribución de planta en “S”. En este caso los participantes o trabajadores fueron los encargados de realizarla, donde no tomaron en cuenta las áreas que dependían entre sí, tampoco se aplicaron herramientas Lean que ayudaran al proceso para que su flujo fuera continuo.



Ilustración 6. Distribución en planta ciclo 1



Fuente: Los autores

### 6.3.1 Simulación del Proceso de Producción Ciclo 1

Cuando ya se tenía definido los cargos, el flujo del proceso, la distribución, el paso a seguir fue dar inicio a la fabricación y el cumplimiento del pedido que los dos clientes habían hecho. Después de haber dado inicio, pasaron aproximadamente 30 minutos antes de comenzar a fabricar. Los operarios no tenían definido sus actividades, algunos realizaban tareas similares como en el en el caso del gerente y el jefe de producción daban órdenes similares las cuales confundían a los trabajadores. En el área de almacén y proveedores había inconsistencias por no conocer las referencias a fabricar, lo que sumaba falencias al proceso en este caso, para el ensamble de piezas.

Por todo lo que se presentó y el caos en la planta los resultados de este primero ciclo fueron: Evaluación de niveles de estrés de los operarios en el ciclo 1. Se realizó una medición cuantitativa para niveles de estrés con un rango de 1 a 10 siendo 1 el nivel mínimo y 10 máximo. Esto se realiza con el fin de que las responsabilidades sean balanceadas y no haya cargos con más actividades que otros.

Tabla 10. Resultados del ciclo 1

| Ciclo de Simulación | Cilindros Producidos<br>A                                                        | Cilindros Entregados al cliente<br>B       | Cilindros Entregados al Cliente a Tiempo<br>C | Confiabilidad En La Entrega<br>D | Tiempo Promedio De Entrega<br>E          | Partes Con Defectos<br>F   | Coefficiente De Retrabajo<br>G                           | Tiempo De Cambio Herramental<br>I | Ingresos<br>J                                                  | Gastos/Costo<br>K                            | Ganancias<br>L                | Liquidéz<br>M |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Fuente De Los Datos | Contar los que se han entregado más los que están completos listos para entregar | Contar Cilindros Entregados Por El Cliente | Plan De Ordenes Contado Por El Cliente        | Órdenes a Tiempo/Total Ordenes   | Tiempo Medido Por El Cliente (Por Orden) | Resumen Control De Calidad | Partes Con Defectos / Total De Cilindros Producidos 100% | Tiempo Medido Por El Equipo       | Cilindros Enviados Al Cliente x 16<br><del>Thook</del><br>0*16 | Partes Del Proveedor x 1<br><del>Thook</del> | Ingresos-Gastos/Costos<br>J-K | Contar        |
| Ciclo 1             | 2                                                                                | 2                                          | 0                                             | 0                                | 14'                                      | 1                          | 50%                                                      | 15min                             | 32.000                                                         | 324.000                                      | -292.000                      | 0             |

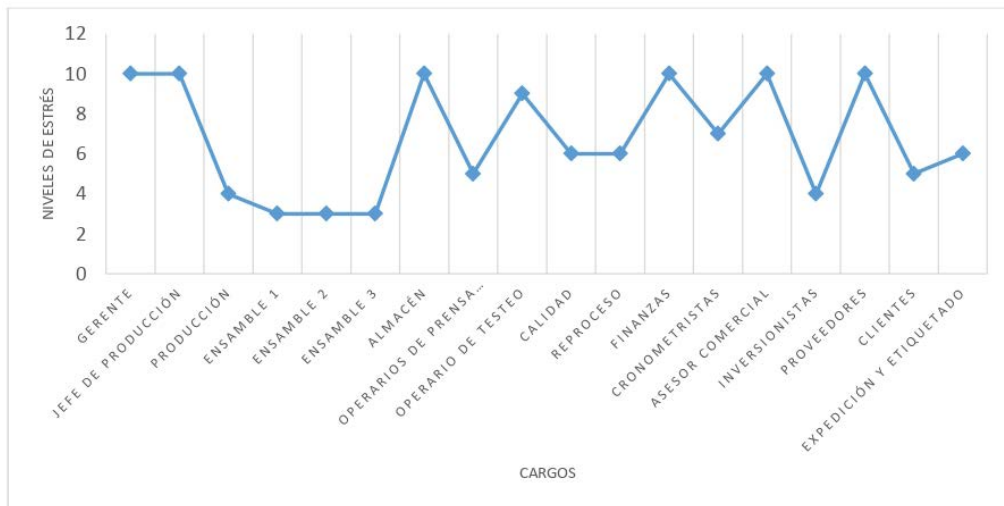
Fuente: Los autores

Tabla 11. Niveles de estrés ciclo 1

| INTERNO | EXTERNO | CARGOS                           | CANTIDAD DE PERSONAS | NIVELES DE ESTRES |
|---------|---------|----------------------------------|----------------------|-------------------|
| X       |         | Gerente                          | 1                    | 10                |
| X       |         | Jefe de producción               | 1                    | 10                |
| X       |         | Producción                       | 1                    | 4                 |
| X       |         | Ensamble 1                       | 1                    | 3                 |
| X       |         | Ensamble 2                       | 1                    | 3                 |
| x       |         | Ensamble 3                       | 1                    | 3                 |
| x       |         | Almacén                          | 3                    | 10                |
| X       |         | Operarios de Prensa troqueladora | 3                    | 5                 |
| X       |         | Operario de Testeo               | 1                    | 9                 |
| X       |         | Calidad                          | 1                    | 6                 |
| X       |         | Reproceso                        | 1                    | 6                 |
| X       |         | Finanzas                         | 1                    | 10                |
| X       |         | <del>Cronometristas</del>        | 1                    | 7                 |
| X       |         | Asesor comercial                 | 1                    | 10                |
| X       |         | Inversionistas                   | 1                    | 4                 |
|         | X       | Proveedores                      | 2                    | 10                |
|         | X       | Clientes                         | 2                    | 5                 |
| x       |         | Expedición y etiquetado          | 2                    | 6                 |

Fuente: Los autores

Gráfico 3. Niveles de estrés ciclo 1



Fuente: Los autores

### 6.3.2 Análisis de la Grafica Niveles de Estrés- Ciclo 1

Los cargos tenían diferencias altas de estrés lo que evidencia responsabilidades grandes y tareas no balanceadas. Lo que comprueba la falta del compromiso en algunos operarios y los cuellos de botella.

Tabla 12. Six Sigma ciclo 1.

| CILINDRO | FACTORES             |                           |         |         |         |         | Respuestas | Éxito          |
|----------|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|----------------|
|          | Referencia           | Color                     | Émbolo  | Empaque | Resorte | Tapa    | Tiempo     |                |
|          | 21<br>22<br>23<br>24 | Rojo<br>Plateado<br>Negro | 10<br>8 | 10<br>8 |         | 10<br>8 | min        | (v)<br>cumplió |
| 1        | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 13         | V              |
| 2        | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 17         | V              |

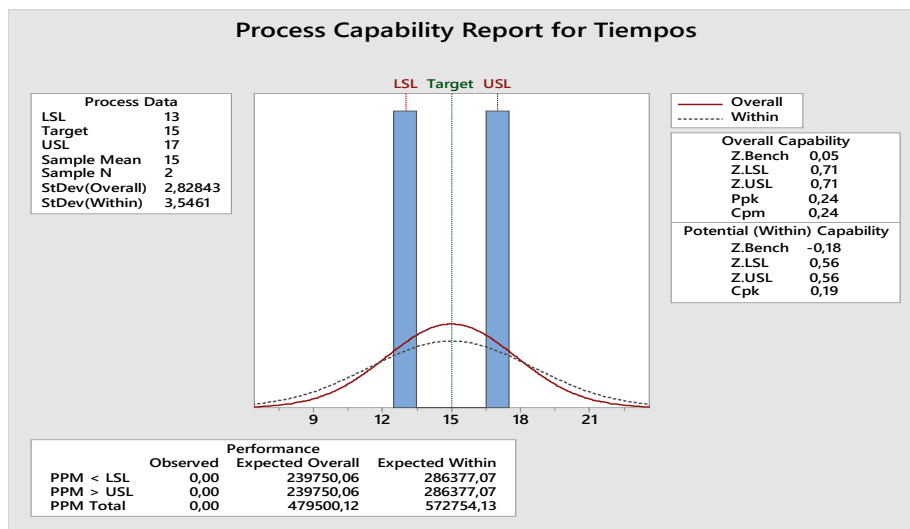
Fuente: Los autores

Tabla 13. Estadísticos descriptivos proceso automatizado

| Variable | N | N* | Media | Error estándar de la media | Desv.Est. | Mínimo | Q1 | Mediana | Q3 | Máximo |
|----------|---|----|-------|----------------------------|-----------|--------|----|---------|----|--------|
| Tiempos  | 2 | 0  | 15,00 | 2,00                       | 2,83      | 13,00  | *  | 15,00   | *  | 17,00  |

Fuente: Los autores

Gráfico 4. Six sigma proceso automatizado

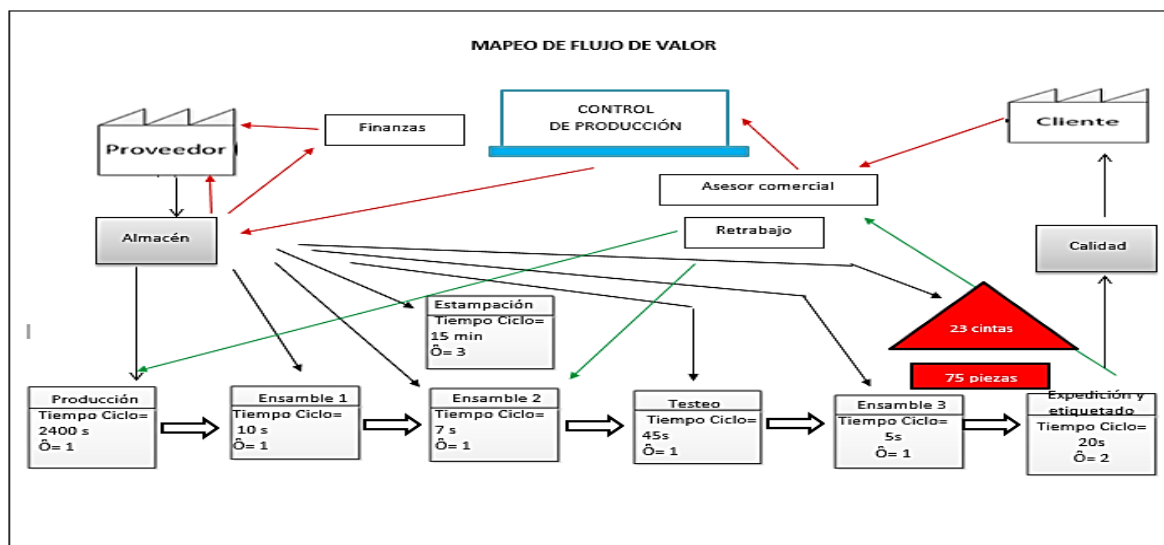


Fuente: Los autores

**ANALISIS DE LA GRAFICA SIX SIGMA-SEMI AUTOMATIZADO CICLO 1:** El nivel sigma del proceso semi-automatizado en el primer ciclo fue de 0,05 y PPM 479500,12 esto es debido a la poca producción de cilindros y a los tiempos elevados en la fabricación de cada uno.

**VSM:** Se aplicó con el fin de ver y entender un proceso en profundidad e identificar sus desperdicios y actividades que no que no agregan valor, tanto dentro de la organización como en la cadena de suministro.

Ilustración 7. Mapeo ciclo 1



Fuente: los autores

## 6.4 PROCESO DE PRODUCCIÓN CICLO 2

### 5's

Se aplicó para tener un orden en el proceso, ya sea en los cargos o en el tiempo de fabricación de cada cilindro.

Tabla 14. 8. 5's

| SEIRI                                                           | SEITON                                                                             | SEISO                                                                          | SEIKETSU                                                                              | SHITSUKE                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Clasificar                                                      | Ordenar                                                                            | Limpiar                                                                        | Estandarizar                                                                          | Disciplina                                                               |
| Los cargos requeridos por funciones y procedimientos            | La parte administrativa y operativa que conforman la empresa.                      | Las áreas de trabajo deben estar limpias durante sus procedimientos y después. | Establecer una tabla de cargos y funciones para que se cumpla con lo estipulado       | Seguimiento y control de las <u>areas</u> y sus operarios.               |
| Las referencias a producir como también el tiempo de producción | Ordenar las funciones según los tiempos en este caso de 45 segundos por cilindros. | Aplicar el mantenimiento autónomo en el área de producción                     | Seguir utilizando la formula <u>takt</u> time para conocer los tiempos de producción. | Seguimiento y control de la las herramientas lean <u>manufacturing</u> . |

Fuente: los autores

**TAKT TIME.** Se opera para conocer el tiempo de fabricación de cada cilindro

$$\text{TAKT TIME} = \frac{\text{tiempo de producción}}{\text{cantidad total requerida}}$$

$$\text{TAKT TIME} = \frac{(45 \text{ min} \times 60\text{s})}{60 \text{ cilindros}} = 45\text{s por pieza}$$

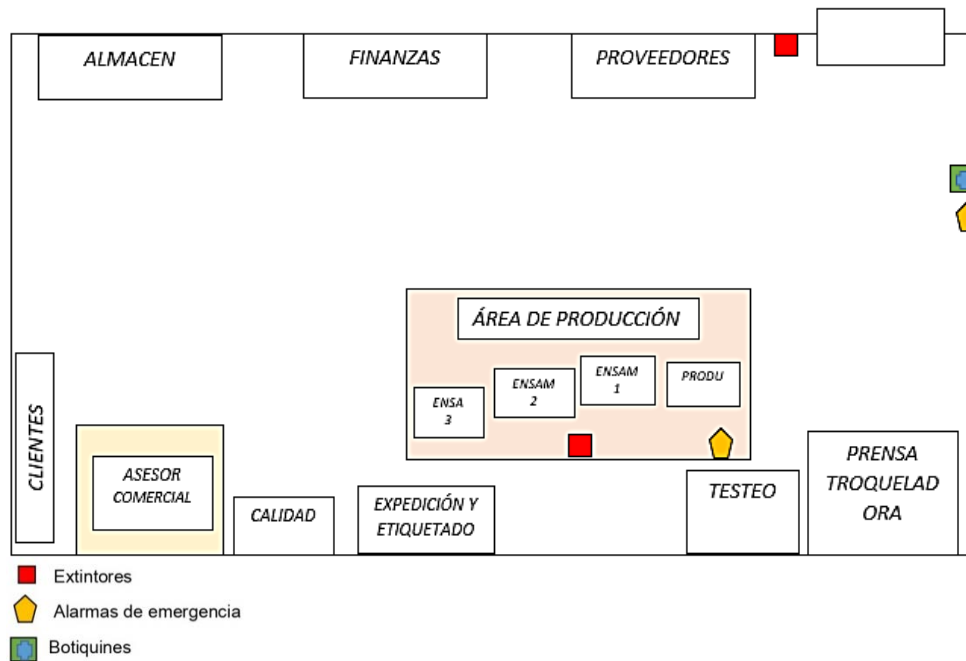
Tabla 15. Cargos ciclo 2

| INTERNO | EXTERNO | CARGOS                           | CANTIDAD DE PERSONAS |
|---------|---------|----------------------------------|----------------------|
| X       |         | Gerente                          | 1                    |
| X       |         | Jefe de producción               | 1                    |
| X       |         | Producción                       | 1                    |
| X       |         | Ensamble 1                       | 1                    |
| X       |         | Ensamble 2                       | 1                    |
| X       |         | Ensamble 3                       | 1                    |
| X       |         | Almacén                          | 2                    |
| X       |         | Operarios de Prensa troqueladora | 2                    |
| X       |         | Mantenimiento                    | 1                    |
| X       |         | Operario de Testeo               | 1                    |
| X       |         | Calidad                          | 1                    |
| X       |         | Finanzas                         | 2                    |
| X       |         | <u>Cronometristas</u>            | 1                    |
| X       |         | Asesor comercial                 | 1                    |
| X       |         | Inversionistas                   | 1                    |
|         | X       | Proveedores                      | 3                    |
|         | X       | Clientes                         | 2                    |
| X       |         | Expedición y etiquetado          | 2                    |

Fuente: Los autores

Se retiraron cargos como Talento humano y reproceso, los operarios que se encontraban en estas áreas pasaron a apoyar en los cargos de la prensa troqueladora y finanzas.

Ilustración 8. Distribución en planta ciclo 2



Fuente: Autores

Se empleó una distribución de planta en “C” buscando conectar las áreas que dependían entre sí.

#### 6.4.1 Simulación del Proceso de Producción Ciclo 2

Se llevó a cabo la producción de cilindros para el ciclo 2 donde se presentaron las siguientes deficiencias

Se fabricaron 59 cilindros en los 45 minutos establecidos, no obstante, ninguno llegó a tiempo donde los clientes, la fabricación de los cilindros calculada con la fórmula de takt time de 45s no se cumplió porque el orificio que debía tener los cuerpos de cilindros algunos estaban presentando defectos lo que interrumpió el flujo continuo del proceso, ya que producción debía trasladarse hasta almacén y almacén a proveedor para poder realizar cambio de piezas.

Es por tanto que los resultados completos en el segundo ciclo fueron:

Tabla 16. Resultados del ciclo 2

| Ciclo de Simulación | Cilindros Producidos<br>A                                                        | Cilindros Entregados al cliente<br>B       | Cilindros Entregados al Cliente a Tiempo<br>C | Confiableidad En La Entrega<br>D | Tiempo Promedio De Entrega<br>E          | Partes Con Defectos<br>F    | Coefficiente De Retrabajo<br>G                           | Tiempo De Cambio Herramental<br>I | Ingresos<br>J                            | Gastos/Costo<br>K              | Ganancias<br>L         | Liquidéz<br>M |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------|
| Fuente De Los Datos | Contar los que se han entregado más los que están completos listos para entregar | Contar Cilindros Entregados Por El Cliente | Plan De Ordenes Contado Por El Cliente        | Órdenes a Tiempo/ Total Ordenes  | Tiempo Medido Por El Cliente (Por Orden) | Resumen Cont rol De Calidad | Partes Con Defectos / Total De Cilindros Producidos 100% | Tiempo Medido Por El Equipo       | Cilindros Enviados Al Cliente x 16 Dólar | Partes Del Proveedor x 1 Dólar | Ingresos- Gastos/Costo | Contar        |
| Ciclo 2             | 59                                                                               | 52                                         | 0                                             | 0                                | 6'                                       | 0                           | 100%                                                     | 2.35 min                          | 832.000                                  | 118.000                        | 714.000                | 536.000       |

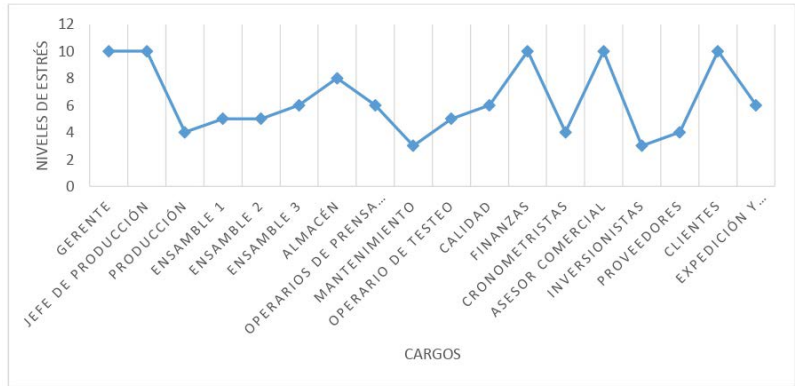
Fuente: Los autores

Tabla 17. Niveles de estrés ciclo 2

| INTERNO | EXTERNO | CARGOS                           | CANTIDAD DE PERSONAS | NIVELES DE ESTRÉS |
|---------|---------|----------------------------------|----------------------|-------------------|
| X       |         | Gerente                          | 1                    | 10                |
| X       |         | Jefe de producción               | 1                    | 10                |
| X       |         | Producción                       | 1                    | 4                 |
| X       |         | Ensamble 1                       | 1                    | 5                 |
| X       |         | Ensamble 2                       | 1                    | 5                 |
| X       |         | Ensamble 3                       | 1                    | 6                 |
| X       |         | Almacén                          | 2                    | 8                 |
| X       |         | Operarios de Prensa troqueladora | 2                    | 6                 |
| X       |         | Mantenimiento                    | 1                    | 3                 |
| X       |         | Operario de Testeo               | 1                    | 5                 |
| X       |         | Calidad                          | 1                    | 6                 |
| X       |         | Finanzas                         | 2                    | 10                |
| X       |         | Cronometristas                   | 1                    | 4                 |
| X       |         | Asesor comercial                 | 1                    | 10                |
| X       |         | Inversionistas                   | 1                    | 3                 |
|         | X       | Proveedores                      | 3                    | 4                 |
|         | X       | Clientes                         | 2                    | 10                |
| X       |         | Expedición y etiquetado          | 2                    | 6                 |

Fuente: Los autores

Gráfico 5. Niveles de estrés ciclo 2



Fuente: Los autores

#### 6.4.2 Análisis de la Grafica Niveles de Estrés- Ciclo 2

Los niveles en algunos disminuyeron, pero cargos como gerente, jefe de producción finanzas, asesor comercial y clientes los niveles se mantuvieron en 10.

Tabla 18. Six Sigma ciclo 2

Se tomaron los 59 tiempos para calcular el nivel Z en el que se encuentra el proceso productivo semi-automatizado en este segundo ciclo.

| CILINDRO | FACTORES             |                           |         |         |         |         | Respuestas |                |
|----------|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|----------------|
|          | Referencia           | Color                     | Émbolo  | Empaque | Resorte | Tapa    | Tiempo     | Éxito          |
|          | 21<br>22<br>23<br>24 | Rojo<br>Plateado<br>Negro | 10<br>8 | 10<br>8 |         | 10<br>8 | seg        | (v)<br>cumplió |
|          |                      |                           |         |         |         |         |            |                |
| 1        | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,76       | V              |
| 2        | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,88       | V              |
| 3        | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,95       | V              |
| 4        | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,67       | V              |
| 5        | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,74       | V              |
| 6        | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,98       | V              |
| 7        | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,69       | V              |
| 8        | 22                   | plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,65       | V              |
| 9        | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,68       | V              |
| 10       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,87       | V              |
| 11       | 22                   | plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,77       | V              |
| 12       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,84       | V              |
| 13       | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,85       | V              |
| 14       | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,76       | V              |
| 15       | 22                   | plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,87       | V              |
| 16       | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,67       | V              |
| 17       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,76       | V              |
| 18       | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,64       | V              |
| 19       | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,75       | V              |
| 20       | 22                   | plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,67       | V              |
| 21       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,65       | V              |
| 22       | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,90       | V              |
| 23       | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,79       | V              |
| 24       | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,68       | V              |
| 25       | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,77       | V              |
| 26       | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,92       | V              |
| 27       | 24                   | negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,68       | V              |
| 28       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,86       | V              |
| 29       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,65       | V              |
| 30       | 22                   | plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,66       | V              |
| 31       | 21                   | rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,87       | V              |
| 32       | 23                   | negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,73       | V              |
| 33       | 22                   | plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,66       | V              |



Continuación Tabla 16

|    |    |          |    |    |   |    |      |   |
|----|----|----------|----|----|---|----|------|---|
| 34 | 22 | plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,73 | V |
| 35 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,93 | V |
| 36 | 21 | rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,78 | V |
| 37 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,67 | V |
| 38 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,86 | V |
| 39 | 22 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,87 | V |
| 40 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,75 | V |
| 41 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,68 | V |
| 42 | 22 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,60 | V |
| 43 | 21 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,84 | V |
| 44 | 21 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,77 | V |
| 45 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,76 | V |
| 46 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,60 | V |
| 47 | 22 | plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,67 | V |
| 48 | 21 | rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,83 | V |
| 49 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,66 | V |
| 50 | 22 | plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,87 | V |
| 51 | 22 | plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,76 | V |
| 52 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,90 | V |
| 53 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,65 | V |
| 54 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,57 | V |
| 55 | 21 | rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,84 | V |
| 56 | 21 | rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,74 | V |
| 57 | 22 | plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,80 | V |
| 58 | 21 | rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,77 | V |
| 59 | 23 | negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,83 | V |

Fuente: los autores

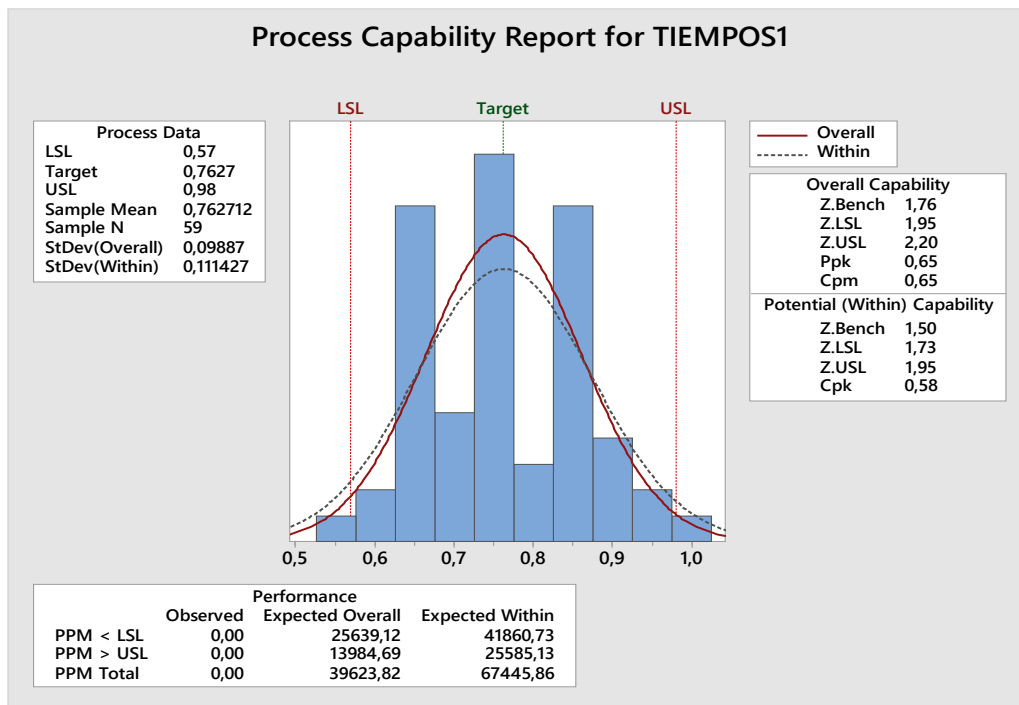
Tabla 19. Estadísticos descriptivos proceso semi-automatizado

| Variable | N  | N* | Media  | Error estándar de la media | Desv.Est. | Mínimo | Q1     | Mediana | Q3     | Máximo |
|----------|----|----|--------|----------------------------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Tiempos  | 59 | 0  | 0,7627 | 0,0129                     | 0,0989    | 0,5700 | 0,6700 | 0,7600  | 0,8500 | 0,9800 |

Fuente: Los autores

**ANALISIS DE LA GRAFICA SIX SIGMA-CICLO2:** Se tomaron 59 datos correspondientes al ciclo 2, los cuales presentaron falencias debido a que se pasaron del tiempo estimado para la fabricación de cada cilindro, el cual era de 45s, en la toma de datos se puede observar la variedad de tiempos que poseen un rango entre 0,57s siendo el dato mínimo y 0,98s siendo el tiempo máximo. El programa Minitab arrojó que el nivel sigma en el que el ciclo presente se encuentra es de **1,76** con PPM de 39623,82 lo que representa un bajo rendimiento del proceso semi-automatizado.

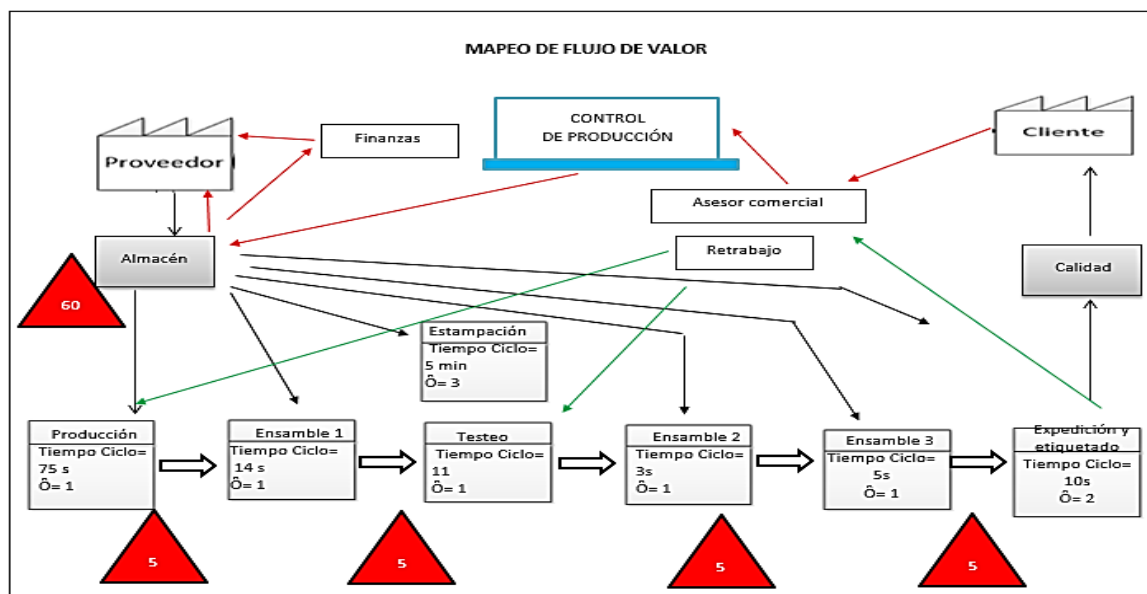
Gráfico 6. Six sigma proceso semi-automatizado



Fuente: Los autores

## VSM

Ilustración 9. Mapeo ciclo 2



Fuente: Los autores

## 6.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN CICLO 3

### KANBAN

Cada vez que se desocupe las 5 canastas, el proveedor deberá abastecer con tres piezas.

Tabla 20. Kanban

| NIVELAR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|---|---|
| 21      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 22      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 23      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 24      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Fuente: Los autores

Se dividió los 60 cilindros en las 4 referencias existentes

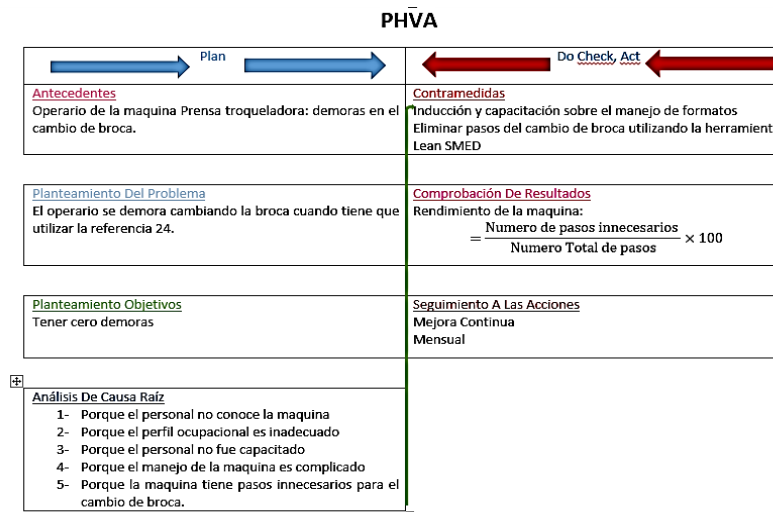
Tabla 21. Referencias y cantidades-kanban

| REFERENCIAS | CANTIDAD |
|-------------|----------|
| 21          | 15       |
| 22          | 15       |
| 23          | 15       |
| 24          | 15       |

Fuente: Los autores

**KAIZEN- MATRIZ PHVA.** Se aplicó la matriz para encontrar la causa raíz del problema presentado en la maquina prensa troqueladora debido a las demoras, es por tanto que el ciclo anterior se optó por no realizar tantas referencias 24, evitando tiempo muertos en el proceso semi-automatizado.

Ilustración 10. Matriz PHVA



Fuente: los autores

## SMED

Tabla 22. Eliminación de pasos-SMED

| Análisis de Actividades                                                                                        |                                         |                  |     |                              |               |             |                   |                |         |         |                            |    |          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|-----|------------------------------|---------------|-------------|-------------------|----------------|---------|---------|----------------------------|----|----------|-----|
| Lugar y Fecha: 05/08/2019                                                                                      |                                         |                  |     | Área de producción           |               |             |                   |                |         |         |                            |    |          |     |
| Elaborado Por: YULI CATERINE BARRETO GOMEZ<br>CLAUDIA PATRICIA GONZALEZ MOTTA<br>OMAR IGNACIO CASANOVA PUENTES |                                         |                  |     | Maquina: Prensa troqueladora |               | Hoja No     |                   | 1              |         |         |                            |    |          |     |
| No                                                                                                             | Pasos del Proceso                       | Duración Actual  |     |                              | Análisis ECCS |             |                   |                | I/E     |         | Se recomienda un asistente |    | Duración |     |
|                                                                                                                |                                         | Unidad de Tiempo |     |                              | Eliminación   | combinación | Cambio de Ajustes | simplificación | Externa | Interna | SI                         | NO |          |     |
|                                                                                                                |                                         |                  |     |                              |               |             |                   |                |         |         |                            |    |          |     |
|                                                                                                                |                                         | Min              | Seg | Duración                     |               |             |                   |                |         |         |                            |    | min      | seg |
| 1                                                                                                              | Retirar el vastago                      |                  | 30  |                              |               |             |                   |                |         |         |                            | x  |          | 17  |
| 2                                                                                                              | Quitar tornillo de la baje troqueladora | 1                | 20  | 1,20s                        | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 3                                                                                                              | Desconectar cables del sensor           |                  | 20  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 4                                                                                                              | Desconectar el cilindro del troquel     |                  | 50  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 5                                                                                                              | Retirar tornillo de la tapa frontal 4   | 1                | 5   | 1,05s                        | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 6                                                                                                              | Retirar tornillo de la tapa del troquel |                  | 40  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 7                                                                                                              | Quitar el segue                         |                  | 9   |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 8                                                                                                              | Colocar matriz                          |                  | 50  |                              |               |             |                   |                |         |         |                            | x  |          | 23  |
| 9                                                                                                              | Colocar matriz 2                        |                  | 42  |                              |               |             |                   |                |         |         |                            | x  |          | 5   |
| 10                                                                                                             | Colocar el segue 2                      |                  | 11  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 11                                                                                                             | Colocar punzon                          |                  | 14  |                              |               |             |                   |                |         |         |                            | x  |          | 6   |
| 12                                                                                                             | apretar punzon                          |                  | 11  |                              |               |             |                   |                |         |         |                            | x  |          | 5   |
| 13                                                                                                             | Enroscar tornillos de la base           | 1                | 42  | 1,42s                        | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 14                                                                                                             | Colocar la guarda                       |                  | 15  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 15                                                                                                             | Enroscar los 4 tornillos de la guarda   | 1                | 12  | 1,12s                        | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 16                                                                                                             | Alineación de la torreta                |                  | 15  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 17                                                                                                             | Apretar sensor                          |                  | 5   |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 18                                                                                                             | Conectar sensor de presión              |                  | 14  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 19                                                                                                             | Conectar sensor laterales               |                  | 54  |                              | x             |             |                   |                |         |         |                            | x  |          |     |
| 20                                                                                                             | Colocar bastago en posicion inicial     |                  | 3   |                              |               |             |                   |                |         |         |                            | x  |          | 3   |

Fuente: los autores

Se eliminaron 14 de 20 pasos donde antes se tenía un tiempo de 6,46 min en el cambio de broca para el ciclo 2, ahora en el ciclo 3 el tiempo es de 59 segundo.

Tabla 23. Cargos ciclo 3

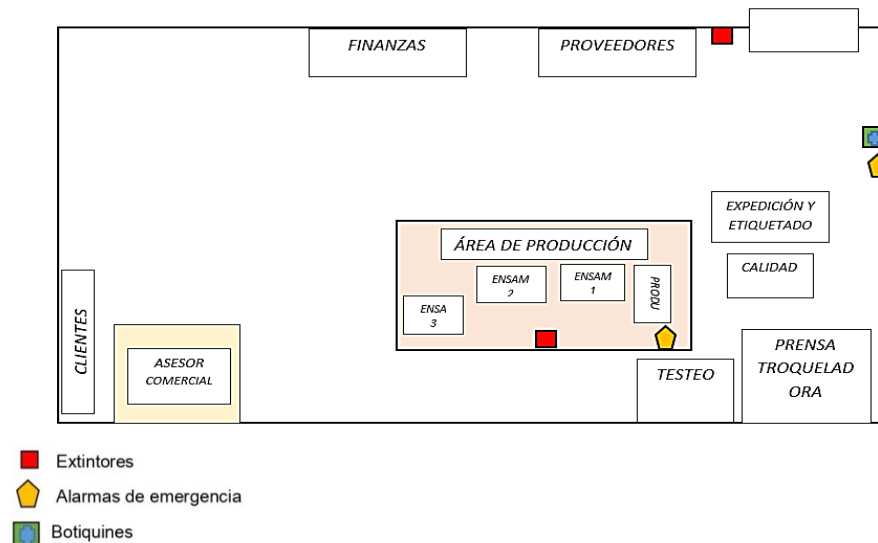
| INTERNO | EXTERNO | CARGOS                                      | CANTIDAD DE PERSONAS |
|---------|---------|---------------------------------------------|----------------------|
| X       |         | Gerente                                     | 1                    |
| X       |         | Jefe de producción                          | 1                    |
| X       |         | Producción                                  | 1                    |
| X       |         | Ensamble 1                                  | 1                    |
| X       |         | Ensamble 2                                  | 1                    |
| X       |         | Ensamble 3                                  | 1                    |
| X       |         | Operarios de la maquina prensa troqueladora | 3                    |
| X       |         | Mantenimiento                               | 1                    |
| X       |         | Operario de la maquina Testeo               | 1                    |
| X       |         | Calidad                                     | 1                    |
| X       |         | Finanzas                                    | 2                    |
| X       |         | Cronometristas                              | 2                    |
| X       |         | Asesor comercial                            | 1                    |
| X       |         | Inversionistas                              | 1                    |
|         | X       | Proveedores                                 | 3                    |
|         | X       | Clientes                                    | 2                    |
| X       |         | Expedición y etiquetado                     | 2                    |

Fuente: Los autores

Los proveedores y almacén se volvieron uno solo, por otro lado, aumentó el número de cronometristas.

Se realizó una distribución de planta en “L” dejando solo las áreas que involucraban la producción por lo que los demás cargos fueron retirados, cabe resaltar que las personas no fueron despedidas si no que les fueron asignados otros cargos.

Ilustración 11. Distribución en planta ciclo 3



Fuente: los autores

### 6.5.1 Simulación del Proceso de Producción Ciclo 3

Se llevó a cabo el tercer ciclo el cual al implementar el resto de herramientas Lean, se logró cumplir con el pedido de 60 cilindros en 30 minutos, logrando un proceso óptimo.

En este último ciclo no se presentaron ninguna falla, esta vez se tuvo en cuenta las 5's aplicadas desde el ciclo 2, por lo cual hubo orden en la fabricación de los cilindros.

Por otro lado, al finalizar el ciclo no se tomaron los datos de niveles de estrés ni VSM porque el proceso había sido productivo y durante la producción no se presentaron ruidos y se analizaron cada tarea, lo que hizo que los operarios logaran concentrarse en sus labores y no las olvidaran.

Es por tanto que los resultados fueron:

Tabla 24. Resultados del ciclo 3

| Ciclo de Simulación | Cilindros Producidos                                                             | Cilindros Entregados al cliente            | Cilindros Entregados al Cliente a Tiempo | Confiablez En La Entrega       | Tiempo Promedio De Entrega               | Partes Con Defectos        | Coefficiente De Retrabaja                                | Tiempo De Cambio Herramental | Ingresos                                 | Gastos/Costo                   | Ganancias              | Liquidez |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------|
| A                   | B                                                                                | C                                          | D                                        | E                              | F                                        | G                          | H                                                        | I                            | J                                        | K                              | L                      | M        |
| Fuente De Los Datos | Contar los que se han entregado más los que están completos listos para entregar | Contar Cilindros Entregados Por El Cliente | Plan De Ordenes Contado Por El Cliente   | Órdenes a Tiempo/Total Ordenes | Tiempo Medido Por El Cliente (Por Orden) | Resumen Control De Calidad | Partes Con Defectos / Total De Cilindros Producidos 100% | Tiempo Medido Por El Equipo  | Cilindros Enviados Al Cliente x 16 Thank | Partes Del Proveedor x 1 Thank | Ingresos-Gastos/Costos | Contar   |
| Ciclo 3             | 70                                                                               | 68                                         | 59                                       | 100%                           | 0                                        | 0                          | 100%                                                     | 25 seg                       | 1.120.000                                | 51.000                         | 893.000                | 810.000  |

Fuente: Los autores

Tabla 25. Six Sigma ciclo 3

Se tomaron los 60 tiempos para calcular el nivel Z en el que se encuentra el proceso productivo semi-automatizado en este tercer ciclo.

| CILINDRO | FACTORES             |                           |         |         |         |         | Respuestas | Éxito |
|----------|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|-------|
|          | Referencia           | Color                     | Émbolo  | Empaque | Resorte | Tapa    | Tiempo     |       |
|          | 21<br>22<br>23<br>24 | Rojo<br>Plateado<br>Negro | 10<br>8 | 10<br>8 |         | 10<br>8 | seg        |       |
| 1        | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,31       | V     |
| 2        | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,29       | V     |
| 3        | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,32       | V     |
| 4        | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,32       | V     |
| 5        | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,31       | V     |
| 6        | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,32       | V     |
| 7        | 23                   | Negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,30       | V     |
| 8        | 23                   | Negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,31       | V     |
| 9        | 23                   | Negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,29       | V     |
| 10       | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,29       | V     |
| 11       | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,32       | V     |
| 12       | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,32       | V     |
| 13       | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,29       | V     |
| 14       | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,31       | V     |
| 15       | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,31       | V     |
| 16       | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,29       | V     |
| 17       | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,29       | V     |
| 18       | 22                   | Plateado                  | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,32       | V     |
| 19       | 23                   | Negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,32       | V     |
| 20       | 23                   | Negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,29       | V     |
| 21       | 23                   | Negro                     | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,32       | V     |
| 22       | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,32       | V     |
| 23       | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,30       | V     |
| 24       | 24                   | Negro                     | 8       | 8       | 1       | 8       | 0,31       | V     |
| 25       | 21                   | Rojo                      | 10      | 10      | 1       | 10      | 0,31       | V     |

Continuación Tabla

|    |    |          |    |    |   |    |      |   |
|----|----|----------|----|----|---|----|------|---|
| 26 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 27 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 28 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 29 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 30 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 31 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 32 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,31 | V |
| 33 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 34 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,31 | V |
| 35 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,31 | V |
| 36 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,29 | V |
| 37 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 38 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 39 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,32 | V |
| 40 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,32 | V |
| 41 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 42 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,32 | V |
| 43 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 44 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,32 | V |
| 45 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 46 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,29 | V |
| 47 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,30 | V |
| 48 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,31 | V |
| 49 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 50 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,32 | V |
| 51 | 21 | Rojo     | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 52 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,31 | V |
| 53 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 54 | 22 | Plateado | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 55 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,29 | V |
| 56 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,31 | V |
| 57 | 23 | Negro    | 10 | 10 | 1 | 10 | 0,30 | V |
| 58 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,32 | V |
| 59 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,29 | V |
| 60 | 24 | Negro    | 8  | 8  | 1 | 8  | 0,29 | V |

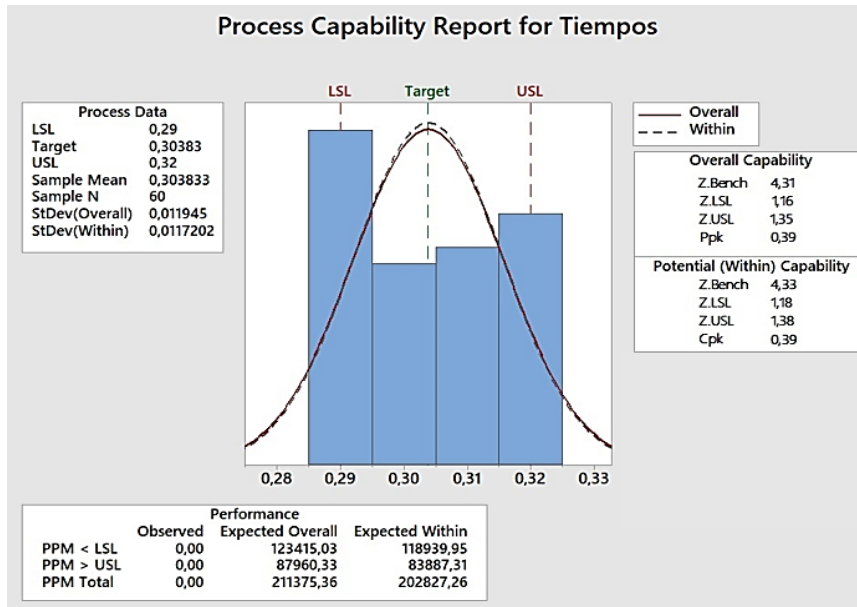
Fuente: los autores

Tabla 26. Estadísticos descriptivos proceso semi-automatizado ciclo 3

| Variable | N  | N * | Media   | Error estándar de la media | Desv.Est. | Mínimo | Q1   | Mediana | Q3     | Máximo |
|----------|----|-----|---------|----------------------------|-----------|--------|------|---------|--------|--------|
| Tiempos  | 60 | 0   | 0,30383 | 0,00154                    | 0,01195   | 0,29   | 0,30 | 0,7600  | 0,3175 | 0,32   |

Fuente: Los autores

Gráfico 7. Six sigma proceso semi-automatizado ciclo 3



Fuente: Los autores

**ANALISIS DE LA GRAFICA SIX SIGMA-CICLO 3:** El nivel sigma del proceso semi-automatizado en el tercer ciclo fue de 4,31 y PPM 211375,36 se encuentra en un rango aceptable y manejado por muchas empresas.



## 7. CONCLUSIONES

- Se realizó la programación de la estación prensa con musculo neumático, haciendo uso de las herramientas de industria 4.0 tales como: **SCADA** para la realización de la programación en el programa CoDeSys, **gemelo digital** fue uno de los más importantes porque recibía la información que los sensores le proporcionaban, estos datos eran los de las corridas los cuales se subían a **la nube**. **Sombra digital** donde se hizo la ilustración digital de la estación 3. Integración vertical fue la relación entre el proceso y la planta didáctica FESTO y, por último, la comunicación M2M, logró la sincronización entre las 4 estaciones que conforman el sistema MPS.
- Se empleó la herramienta TPM para la falla en el módulo pick&place por el bloqueo de presión debido a un sello interno del sistema, donde se sugirió realizar mantenimiento correctivo para solucionarlo, a su vez realizar mantenimiento autónomo por horas de trabajo.
- Se operaron las herramientas Lean tales como **VSM** en los ciclos 1 y 2 para mapear todo el proceso, visualizando el flujo tanto de información como de piezas a ensamblar. **5`s** desde el ciclo 1 en el cual se realizó una tabla para clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y tomar disciplina en todas las áreas de trabajo, como en el tiempo de fabricación de los cilindros, el cual se calculó por medio de **TAKT TIME** arrojando un tiempo de 45 segundos por cada cilindro. **KANBAN** para clasificar o dividir el tiempo y la cantidad de referencias a fabricar, formado por medio de un tablero. **KAIZEN** se utilizó para llegar a la causa-raíz de la falencia en la maquina prensa troqueladora al igual que se le implementó **SMED** donde se eliminaron pasos innecesarios en el cambio de broca dejando solo 6 pasos de 20.
- Se calcularon los niveles Z utilizando la metodología **Six sigma** para el proceso automatizado donde dio como resultado **5,01**. Por otro lado, en el proceso semi-automatizado para el ciclo 1 el nivel sigma fue de **0,05**. En el ciclo 2 el resultado fue de **1,76** con lo que representó un bajo rendimiento del proceso. Finalmente, el nivel sigma en el ciclo 3 fue de **4,31**.

## WEBGRAFIA

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>

<http://www.angelantonioromero.com/la-casa-del-tps-o-casa-lean/>

<https://chanomc.wordpress.com/2017/06/16/conoces-la-casa-lean-o-de-la-calidad-del-toyota-production-system/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_justo\\_a\\_tiempo](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_justo_a_tiempo)

<https://blog.infaimon.com/sistema-pull-ventajas-desventajas/>

<https://kanbantool.com/es/metodologia-kanban>

<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/08/takt-time-consiste-como-aplicarlo/>

<http://javiorsole.com/?p=1842>

<https://leanmanufacturing10.com/jidoka>

<http://www.globallean.net/lean-y-su-top-25-poka-yoke-sistemas-a-prueba-de-errores/>

<https://elmetodolean.com/que-es-andon-lean-manufacturing/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_causa\\_ra%C3%ADz](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_causa_ra%C3%ADz)

<https://www.progressalean.com/kaizen-mejora-continua/>

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>

<https://www.progressalean.com/vsm-value-stream-mapping/>

[http://www.paritarios.cl/especial\\_las\\_5s.htm](http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Single-Minute\\_Exchange\\_of\\_Die](https://es.wikipedia.org/wiki/Single-Minute_Exchange_of_Die)

<http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>

<https://robertoespinosa.es/2016/09/08/indicadores-de-gestion-que-es-kpi>

<https://papelesdeinteligencia.com/que-es-industria-4-0/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

<https://ciudadesdelfuturo.es/que-es-el-gemelo-digital.php>

<https://www.mydatascope.com/blog/es/2018/05/16/que-es-y-como-funciona-la-nube/>

<https://bienpensado.com/integracion-vertical-e-integracion-horizontal/>

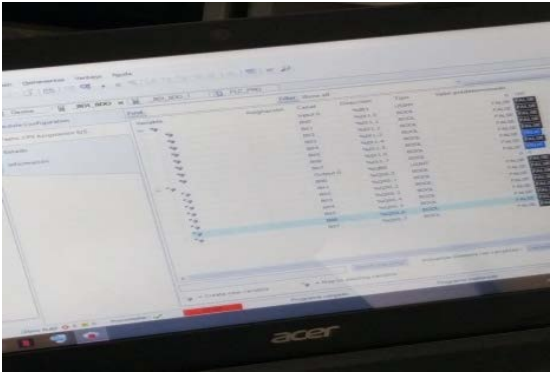
[https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M\\_a801.html](https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M_a801.html)

<http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16120/1/PROYECTO%20GRADO%20MANUEL%20FELIPE%20GONZALEZ.pdf>

<https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/82651/TFG-1989-CABEZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

| TITULO                                                                              | FOTO                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Proceso: Automatizado<br/>Programación estación 3-prensa con musculo neumático.</p>                           |
|                                                                                     | <p>Proceso: Automatizado<br/>Realización del diagrama de GRAFCET</p>                                             |
|  | <p>Proceso: Automatizado<br/>Probando la programación hecha en el software CoDeSys versión 3.5 SP10 Patch 1.</p> |
|  | <p>Producción semi-automatizada<br/>Distribución de planta ciclo 1.</p>                                          |