ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS HOSPITALARIOS DEL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LEAN PRODUCTION

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

DIEGO ARTURO ORTIZ ZAPATA

dieart-ortiz@hotmail.com

DIRECTOR: ING. PEDRO ENRIQUE BUITRÓN FLORES, MSc.

Pedro.buitron@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2020

© Escuela Politécnica Nacional (2019)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Diego Arturo Ortiz Zapata, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

Diego Arturo Ortiz Zapata

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Arturo Ortiz Zapata, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Pedro Buitrón Flores, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi papá Arturo y mi abuelito, que con sus bendiciones han permitido que el esfuerzo realizado, durante este nuevo reto de mi vida, esté llena de regocijos y me han dado la oportunidad de disfrutarlo con todas las personas que quiero.

A mi mami Lilia, mi hermana Sonia y a Gaby, por todo el apoyo brindado para cumplir con este gran sueño, por ser ese soporte incondicional para llegar a esta meta planteada.

DIEGO ORTIZ Z.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN **xi**

INTRODUCCIÓN **xii**

1. REVISIÓN BIBILIOGRÁFICA **1**

1.1. Sistema de Producción Esbelta (Lean Production) 1

1.1.1. El proceso del pensamiento lean 2

1.1.2. Los principios de lean production 5

1.1.3. El desperdicio muda, mura y muri 7

1.1.4. La perfección de la producción 9

1.1.5. Herramientas lean 12

1.2. Planificación y Control de la Productividad 31

1.2.1. Productividad 31

1.2.2. Implementación de los Sistemas de Planificación y Control de la producción 32

1.2.3. Inventario 34

1.2.4. Funciones del inventario 34

1.2.5. Tipos de inventarios 35

1.2.6. Control y ejecución de la producción 36

1.2.7. Herramientas de control de calidad 38

2. METODOLOGÍA **42**

2.1. Levantamiento de información de la planta de tratamiento de desechos hospitalarios 42

2.1.1. Vsm actual 45

2.1.2. Vsm proyectado 48

2.2. Procesamiento de los datos recopilados mediante la aplicación de STATGRAPHICS 50

2.3. Aplicación de la metodología Lean Production 51

2.3.1. Fase de estudio 52

2.3.2. Estabilización de mejoras 52

2.3.3. Estandarización del proceso 53

2.3.4. Producción en flujo continuo 54

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 56

3.1. Levantamiento de información de la Planta de Tratamiento de Desechos Hospitalarios 56

3.1.1. Vsm actual 64

3.1.2. Vsm proyectado 72

3.2. Procesamiento de datos recopilados mediante la aplicación de statgraphics 85

3.3. Aplicación de la metodología lean 88

3.3.1. Fase de estudio y diseño 89

3.3.2. Estabilización de mejoras 94

3.3.3. Estandarización del proceso 96

3.3.4. Producción en flujo continuo 97

3.4. Evaluación de la productividad de la Planta de Tratamiento de Desechos Hospitalarios 107

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 109

4.1. Conclusiones 109

4.2. Recomendaciones 111

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112

6. ANEXOS 115

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1.1. Comparación entre Producción Tradicional y Lean Production 6

Tabla 1.2. Los 7 Desperdicios que fueron identificados por "Shigeo Shingo" como parte del Sistema de Producción Toyota 8

Tabla 1.3. Lista de técnicas aplicables en un sistema lean 10

Tabla 1.4. Niveles de Valoración para 5S 16

Tabla 3.1. Datos obtenidos de báscula 57

Tabla 3.2. Parámetros del proceso de tratamiento en la autoclave 58

Tabla 3.3. Registro de tiempos obtenidos en el proceso de tratamiento 60

Tabla 3.4. Cursograma analítico del proceso de tratamiento 62

Tabla 3.5. Diagrama hombre – máquina del proceso 63

Tabla 3.6. Descripción del Personal 74

Tabla 3.7. Evaluación por medio de las 5S 89

Tabla 3.8. Evaluación obtenida 91

Tabla 3.9. Tarjeta roja colocada sobre el objeto 92

Tabla 3.10. Datos para obtención del OEE 95

Tabla 3.11. Estandarización de la producción 97

Tabla 3.12. Modelo de tarjeta Kanban de Producción 99

Tabla 3.13. Modelo de tarjeta Kanban de Transporte 100

Tabla 3.14. Defectos detectados en la operación 103

Tabla 3.15. Plan de acción para el problema detectado 106

Tabla 3.16. Datos para la obtención de la productividad 107

Tabla 3.17. Datos de la productividad actual 108

Tabla 3.18. Datos de la productividad propuesta 108

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.1. Principios básicos del Pensamiento Lean 3

Figura 1.2. Adaptación de la Casa de Calidad Toyota 11

Figura 1.3. Iconos para realizar Mapa de flujo de valor 14

Figura 1.4. Diagrama de Poka Yoke 22

Figura 1.5. Ejemplo de una Seňal Andon 23

Figura 1.6. Proceso y Control de la Producción 33

Figura 1.7. Un punto fuera de los límites de control 40

Figura 1.8. Dos o tres puntos sucesivos están fuera de la línea central 40

Figura 1.9. Cuatro o cinco valores sucesivos caen en el mismo lado de la línea 41

Figura 1.10. Ocho puntos sucesivos están en el mismo lado 41

Figura 3.1. Flujo de Valor Actual del Proceso 59

Figura 3.2. Diagrama de Operación de las Actividades del Proceso 61

Figura 3.3. VSM Actual Paso 1 65

Figura 3.4. VSM Actual Paso 2 66

Figura 3.5. VSM Actual Paso 3 67

Figura 3.6. VSM Actual Paso 4 68

Figura 3.7. VSM Actual Paso 5 69

Figura 3.8. VSM Actual Paso 6 71

Figura 3.9. Flujo de Valor Proyectado 72

Figura 3.10. Layout de la Planta de Tratamiento 73

Figura 3.11. Diferenciación de los desechos hospitalarios 75

Figura 3.12. Descarga y clasificación del desecho 76

Figura 3.13. Llenado de bandejas con desecho 76

Figura 3.14. Llenado de autoclaves 77

Figura 3.15. Cargado de desecho tratado 77

Figura 3.16. Disposición final del desecho tratado 78

Figura 3.17. VSM Proyectado Paso1 79

Figura 3.18. VSM Proyectado Paso 2 79

Figura 3.19. VSM Proyectado paso 3 80

Figura 3.20. VSM Proyectado Final 82

Figura 3.21. Determinación de parámetros para gráfico de control 86

Figura 3.22. Reporte de Subgrupos de STARGRAPHICS 87

Figura 3.23. Gráfico de Control por medio de STARGRAPHICS 88

Figura 3.24. Gráfico de control de Subgrupos por medio de STARGRAPHICS 88

Figura 3.25. Colocación de Tarjeta Roja 92

Figura 3.26. Celda de producción en forma de U 98

Figura 3.27. Cronograma para la implementación de las herramientas Lean 102

Figura 3.28. Determinación de las causas por medio de Pareto 104

Figura 3.29. Diagrama de Ishikawa 105

ÍNDICE DE ANEXOS

PÁGINA

ANEXO I

Desechos hospitalarios Tipo I 116

ANEXO II

Datos obtenidos de báscula desde Septiembre 2017 hasta Enero 2018 118

ANEXO III

Hoja de registro de tiempos 123

ANEXO IV

Cursograma analítico para un proceso 124

ANEXO V

Formato para revisión de 5S 125

ANEXO VI

Tabla de efectividad de la maquinaria 127

RESUMEN

El presente proyecto, hace un preámbulo del origen y aplicación de los sistemas de producción esbelta (Lean Production), así como de los principales métodos para realizar el proceso de mejora de un proceso, se identifica los términos que hacen referencia a la perfección de la producción y de las herramientas que ayudan a eliminar todos los pasos innecesarios que no le dan valor al proceso.

Tiene como objetivo implementar un plan de mejora continua, que permita a la empresa excluir los desperdicios de todas las áreas, tanto operativas como administrativas, reducir los costos operativos, mejorar los métodos y aumentar la satisfacción y bienestar de los clientes, con una utilidad sostenible.

Se analizó cada una de las actividades del proceso de tratamiento de la planta, desde el ingreso de los furgones a las instalaciones, hasta la disposición final del producto tratado, para identificar los distintos tipos de desperdicio ya sea: Muda, Muri o Mura, se determinó las actividades que más requieren recursos sin dar valor al proceso, como es el tiempo de espera o tiempos muertos y el sobreprocesamiento, es decir, hacer más de lo que requiere el proceso de tratamiento.

Mediante un Mapa de Cadena de Valor (VSM), se determinó el flujo de material e información del proceso actualmente, se identifica las actividades que no aportan valor, las pérdidas y cuellos de botella de los recursos que se requieren para la operación, de igual manera se planteó un nuevo VSM sin las actividades que generan desperdicio al proceso, donde se obtuvo un lead time de 12 h, con lo que el tiempo de operación actual se redujo en un 43%, con la implementación de las técnicas Lean.

Para la reducción de los desperdicios o eliminación de las actividades que no generan valor al proceso, se empleó herramientas como las 5'S, con el fin de tener una operación más eficiente y sistematizada donde los operadores tengan mejores hábitos de seguridad e higiene en las áreas de trabajo.

Se planteó la utilización de tarjetas Kanban de producción y de transporte, para organizar el proceso de tratamiento y desarrollar un sistema JIT, con la ayuda de la tecnología Poka Yoke y una buena planificación de los mantenimientos TPM.

INTRODUCCIÓN

La Producción Esbelta nació en Japón y fue ideada por: Edward Deming, Eijy Toyoda, Shigeo Shingo, Taiichi Ohno y otros fueron los pioneros en fortalecer el pensamiento lean, donde innovaron varias herramientas, que ayudan a una empresa para analizar las actividades que no aportan valor a los procesos, con una mejora a cada movimiento realizado y eliminar lo que no es utilizado, basándose siempre en el bienestar de los trabajadores.

El Distrito Metropolitano de Quito, asumió la operación de la Gestión Integral de Desechos Hospitalarios desde agosto 2012, el cual comprende desde la captación, traslado, tratamiento y la disposición final de los remanentes que se generan en los dispensarios médicos.

Los centros de salud de Quito generan aproximadamente 305 000 kg mensuales de desechos hospitalarios tipo I, son desechos que son clasificados como residuos peligrosos y pueden ser inorgánicos u orgánicos.

Actualmente tienen un universo aproximado de 2 520 usuarios que demandan de este servicio de gestión integral, donde su generación varía desde 1 kg en pequeños centros de salud hasta 20 000 kg mensualmente, tanto los usuarios de carácter público, así como también del privado.

La planta de tratamiento de desechos hospitalarios, situado en el Relleno Sanitario de Quito el Inga, posee la funcionalidad y el personal idóneo para realizar el tratamiento de 1 000 kg/h.

Mediante una ejecución de un sistema de Lean Production, se estima aumentar la capacidad de tratamiento de desechos, disminuir tiempos de producción, además disminuir el costo operativo por kilogramo de desechos.

Mediante las herramientas de producción esbelta, se puede aumentar la cantidad de producción de tratamiento y así tener una mayor rentabilidad, con costos más bajos, tiempos de entrega cortos, una alta confiabilidad y eficiencia del sistema, y la calidad en el proceso para un buen servicio al cliente.

1. REVISIÓN BIBILIOGRÁFICA

1.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA (LEAN PRODUCTION)

Lean Production se suele traducir por “producción ajustada”, pero el adjetivo ajustada ofrece más esa connotación del inglés original de sistema productivo esbelto; la producción ajustada o esbelta, puede considerarse como el resultado final de una función de dirección de operaciones bien realizadas (Heizer y Render, 2008, p. 268).

El término lean ha sido definido por Shah y Ward como Lean Production que se define como "el sistema socio técnico integrado, cuyo principal objetivo es la eliminación del desperdicio mediante la reducción o minimización de las variabilidades internas de proveedores y de clientes" (Shah y Ward, 2007, p. 788).

Cuando en una estructuración se ha conseguido poder eliminar todos los desperdicios, se lo puede considerar como una organización Lean, ya que crean un peso muerto para la organización al dejar de consumir recursos, sin añadir valor por lo que incrementan los costos, plazos, disminuyen la calidad, etc. Por lo tanto, para que la empresa sobreviva, tiene que adaptarse al mercado para obtener una alta calidad de servicio, bajo costo, tiempos de entrega cortos y flexibles (Tornos, Sergio, y Magarolas, Giral, 2012, p. 5).

Otra razón por la cual Lean enfatiza el valor para el cliente, es por el esfuerzo por reducir el costo de una de las etapas de fabricación, puede aumentarla en otra. El proceso de diseño es el paso más costoso de fabricación, y un ingeniero puede decidir reducir significativamente el tiempo de diseño especificando más materiales caros simplemente porque él o ella están más familiarizados con ellos. Las interpretaciones de la filosofía Lean sí existen donde la principal preocupación es maximizar el beneficio corporativo mediante la reducción del costo de fabricación. Incluso en estas interpretaciones, se

supone que la mejor manera de maximizar los beneficios corporativos en el largo plazo es maximizar el valor para el cliente (Glovia, 2013, p. 3).

La producción esbelta se inicia externamente con un enfoque hacia el cliente, entender lo que quiere el cliente y asegurar el input del cliente, su realimentación constituye los puntos de partida de la producción esbelta, es por eso que lean significa identificar lo que tiene valor para el consumidor y analizar las actividades necesarias para producir y optimizar todo el proceso desde la perspectiva del consumidor (Heizer y Render, 2008, p. 270).

1.1.1. EL PROCESO DEL PENSAMIENTO LEAN

Es importante contar con el compromiso de los mandos superiores para tomar las iniciativas de pensamiento lean ya que, si tal compromiso no existe, sería muy complicado poder implementar un sistema lean en la organización, por lo que es mejor continuar con una orientación de producción habitual e introducir nuevas técnicas de mejora. Cuando las organizaciones tienen el compromiso de sus dirigentes, es fácil expresar, convenir y elaborar la implementación de los elementos estratégicos de una institución; como es la visión, misión, objetivos específicos y plan de acción.

Con dichas estrategias implementadas en bien de la empresa, se puede valorar si las ideologías del pensamiento lean es la apropiada para el proceso de mejora continua y así determinar si esta metodología es la correcta (Quesada, Buehlmann, y Arias, 2012, p. 2).

En la figura 1.1 se menciona los cinco conceptos básicos que debe adoptar una institución, desde el punto de vista del proceso en donde se debe considerar: el valor, flujo de valor, las acciones, el pull (jalar) y por último la mejora continua.

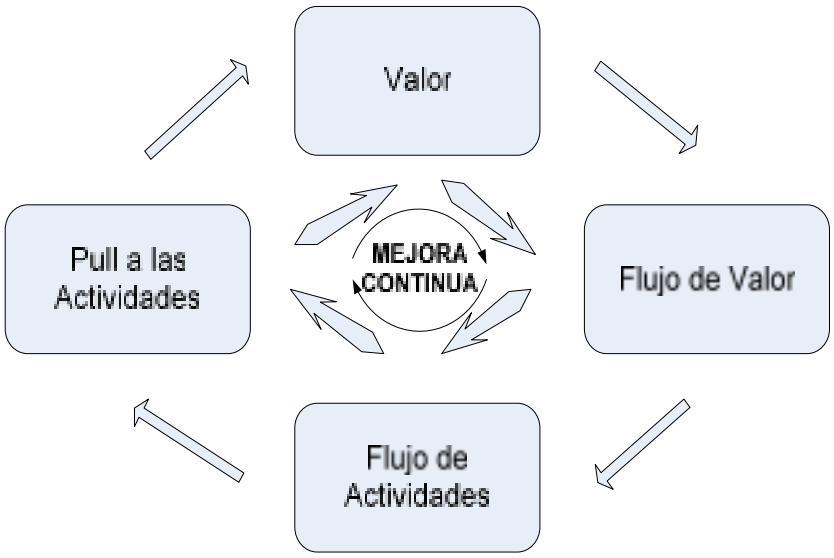


Figura 1.1. Principios básicos del Pensamiento Lean

(Sánchez, Blanco, y Pérez, 2012, p. 15)

Valor

En el pensamiento lean el valor es un concepto fundamental, ya que viene descrito por el cliente externo, así como también por el interno y se entiende que algo tiene valor, cuando cumple con todas las necesidades del cliente, es decir el cliente se siente contento con lo que adquirió y en la cantidad que lo solicita (Awaritoma, 2010, p. 27).

El valor no permanece estático al contrario se desarrolla con el tiempo, es por eso que una empresa está en la necesidad de reconocer consecutivamente las necesidades y los requerimientos de sus clientes (Womack y Jones, 2003, p. 8).

Flujo de valor

Lo importante de crear un flujo, es la implementación de un mapa de cadena de valor (VSM), donde se menciona el sentido de todas las actividades del proceso, en donde las que no se miden no se las puede gestionar; el mapa de valor está conformado por todas las acciones que integran el proceso de producción o de un servicio, se debe además incluir en el mapa el sentido de la información y de materiales (Womack y Jones, 2003, p. 8).

De esta manera la unidad de producción puede identificar procesos que agregan valor, eliminar aquellos que no agregan valor y por último aquellos que no pueden agregar valor y no pueden evitarse (Womack y Jones, 2003, p. 11).

Flujo de actividades

Payseo define al flujo de valor como lo que se debe realizar en métodos de producción, de forma que puedan llevarse a cabo, hasta donde sea posible las actividades que no generan valor o son considerados desperdicios, esto implica no mencionarlo en el flujo, esas actividades pueden ser: desplazamientos innecesarios, stock de materiales o materia prima y pausas de toda índole (Payseo, 2010, p. 41).

Esto conlleva a una ejecución física del proceso, al disponer en el flujo todas las actividades de manera secuencial una tras otra, de forma regular y constante moviéndolo en cantidades muy pequeñas, de ser posible una sola.

Dentro de un flujo regular es importante que todas las actividades deben abarcar en el proceso de un producto o servicio y además de los distribuidores y clientes (Payseo, 2010, p. 41).

Pull (Atracción)

Si ya quedó establecido qué produce valor y cómo determinarlo mediante los procesos las actividades, el siguiente paso es emplear el método pull, que se centraliza en determinar lo que el cliente requiere en el instante y en la cantidad establecida

Por medio de la demanda se establece lo que se debe producir, es decir cada subproceso realiza únicamente lo que el subproceso siguiente ya sea interno o externo le solicita, es lo que usualmente se define como pull, "tirar o atraer", en los procesos habituales en cambio, cada proceso realiza la cantidad máxima de su capacidad es decir push "empuja" al siguiente proceso, independiente de que éste lo solicite (Womack y Jones, 2003, p. 30).

Mejora Continua (Perfección)

El pensamiento lean apoya la mejora continua una vez implementado los primeros principios, por lo que su principal meta es la perfección, aunque obviamente, conseguirla no es posible, puesto que para los elementos anteriormente mencionados el valor, el flujo y pull no puede ser alcanzado en su perfecto estado, la mejora continua se lo emplea para perfeccionar las técnicas sistemáticamente, a fin de dar mayor valor a los clientes y lograr un mejor desempeño de la empresa, es por eso que un proceso para llegar a ser perfecto, debe ser (Quesada, Buehlmann y Arias, 2012, p. 4):

- **Capaz:** presenta una variabilidad mínima en el proceso y es consistente en sus resultados.
- **Adecuado:** posee la capacidad adecuada.
- **Disponible:** debe estar disponible para realizar su función cuando se lo amerite.

1.1.2. LOS PRINCIPIOS DE LEAN PRODUCTION

La implementación de los principios lean viene relacionada con las nociones de excelencia en la producción, donde el conocimiento de estos conceptos es muy importante a la hora de empezar con el estudio de las nuevas técnicas, es por esa razón que las instituciones compiten con éxito en las actividades comerciales, donde se debe manejar los siguientes principios (Hernández y Vizán, 2013, p.15):

- Planificar para procesar.
- Disminuir los tiempos preparativos de cada máquina, para aumentar la eficacia y bajar tiempos de ejecución.
- Contar con una distribución de la planta que ayude a bajar el inventario, reducir los recorridos y facilitar la inspección visual.
- Reducir la movilidad del proceso con nueva tecnología.
- Fácil de procesar sin cometer errores.
- Eliminar desperdicios al tener el lugar de trabajo organizado.
- Capacitar a los empleados para aumentar la motivación.

- El personal de producción tenga la capacidad de solucionar los problemas.
- Dar mantenimiento al equipo existente, antes que renovarlos.
- Implementar el mantenimiento predictivo y preventivo.
- La detección de fallas debe realizarse en la fuente con dispositivos sencillos que resuelvan en sitio los problemas.
- Todo el personal debe estar continuamente informados sobre los requerimientos de los clientes (Hernández y Vizán, 2013, p. 16).

La maximización de la cadena de valor tiene como propósito mejorar los procesos y reducir los desperdicios. En la tabla 1.1 se puede observar una comparación entre los sistemas de producción tradicional y lean production (Quesada, Buehlmann y Arias, 2012, p. 2)

Tabla 1.1. Comparación entre Producción Tradicional y Lean Production

Producción Tradicional	Lean Production
Productos estandarizados	Productos personalizados
Enfoque a la utilización	Enfoque al valor agregado
Administrar la información	Control estadístico de cada línea
Automatizar	Eliminar actividades que no dan valor
Medir todo lo que se pueda	Medir sólo lo necesario
Primero el precio	Primero es la calidad
Inspección de alta calidad	Calidad en la fuente
Calidad costosa	La calidad es gratis
Comprar nuevos equipos	Mantener primero los equipos actuales
Incrementar uso de tecnología para aumentar la producción	Mejorar los procesos para aumentar la productividad
Inflexible	Flexible
Sistemas “Push”	Sistemas “Pull”
Tiempos de ciclo estándar	Se reduce el tiempo de ciclo

(Quesada, Buehlmann y Arias, 2012, p. 2)

1.1.3. EL DESPERDICIO MUDA, MURA Y MURI

Son tres los conceptos claves de la mejora continua, que lean production incorpora para incrementar la eficiencia, es por eso que se debe eliminar el desperdicio que es la resistencia de la corriente al flujo de valor, el desperdicio en lean es descrito por las tres M; muda (desperdicio), mura (desigualdad) y muri (sobrecarga). Muda se divide en siete formas de desechos, que se detalla en la Tabla 1.2, estas son: transporte, espera, sobreproducción, defectos, inventario, movimiento y exceso de procesamiento (Vilana, 2011, p. 8).

El desperdicio en espera ocurre cuando un trabajador tiene que esperar a que se entregue el material o que una máquina procese una parte, también ocurre cuando hay un trabajo excesivo en proceso (WIP), debido a la gran producción de lotes, los problemas de los equipos y maquinaria o los defectos que requieren un nuevo trabajo.

Las demoras aumentan el tiempo de entrega, es decir el tiempo en que el cliente coloca y recibe su pedido, es un tiempo crítico en el sistema lean. El tiempo de entrega se define de acuerdo a la Ecuación 1.1 (Pascal, 2005, p. 22):

$$Te = Tp + Tr \qquad [1.1]$$

Dónde:

Te: Tiempo de entrega

Tp: Tiempo de Procesamiento

Tr: Tiempo de Retención

En el sistema de manufactura de Toyota, se identificó siete tipos de desperdicios que se mencionan en la Tabla 1.2, estas formas de desperdicios se han hecho notorias en las organizaciones y contemplan varias de las formas en que las organizaciones malgastan el dinero, si el área de producción realiza una actividad que no añade valor al proceso, desde el punto de vista para el cliente, dicha actividad es desperdicio.

Tabla 1.2. Los 7 Desperdicios que fueron identificados por "Shigeo Shingo" como parte del Sistema de Producción Toyota

FORMA DE DESPERDICIO	TAMBIÉN CONOCIDO	EXPLICACIÓN
Transporte	Desplazamientos	Movimiento excesivo de personas, información o bienes lo que resulta en tiempo perdido, esfuerzo y costo.
Espera	Esperar, Demorado	Esperar largos períodos de inactividad para las personas, información o bienes, lo que resulta en un flujo pobre y tiempos de entrega largos.
Sobreproducción	Sobre producción	Producir más de lo que el cliente requiere es desperdicio, de igual forma hacer demasiado o muy pronto, lo que resulta en un flujo deficiente de información o bienes y exceso de inventario.
Defecto	Corregir, reparar	Cualquier proceso, producto o servicio que falle rechaza cumplir con las especificaciones es desperdicio. Errores frecuentes en el papeleo, calidad del producto problemas o rendimiento pobre de entrega.
Inventario	Inventario	Almacenamiento excesivo y retraso de la información o productos, lo que resulta en un costo excesivo y pobre servicio al cliente.
Movimiento	Movimientos innecesarios	Mala organización del lugar de trabajo, lo que resulta una mala ergonomía, p. ej. Flexión o estiramiento excesivo y frecuentemente artículos perdidos. Esto incluye caminar, doblar, levantar, girar y alcanzar.
Procesamiento Extra	Sobreprocesamiento	Cualquier procesamiento que no agregue valor a los productos o sea el resultado de una inadecuada tecnología, materiales sensibles o la duda de la calidad es un desperdicio. Pasar por procesos de trabajo usando el conjunto incorrecto de herramientas, procedimientos o sistemas, a menudo cuando es más simple puede ser más efectivo.

(Hines y Taylor, 2000, p. 9)

Además de las siete formas de desperdicio, muda se divide en dos clasificaciones:

- Tipo-1 Muda incluye acciones que no son de valor agregado, pero que por alguna otra razón se consideran necesarias para la empresa. Por lo general, estas formas de desecho no pueden eliminarse inmediatamente.
- Tipo-2 Muda son aquellas actividades que no son de valor agregado y tampoco son necesarias para la empresa. Estos son los primeros objetivos para eliminar

Más allá de las formas generales de muda hay otros dos primos de la familia de los desechos: Mura y Muri, donde igual que Muda el objetivo es eliminar este tipo de desperdicios.

Mura (Desvinculación)

Mura es una variación en una operación, cuando las actividades no van de manera uniforme o constante, es un desperdicio causado por la variación en calidad, costo o entrega, Mura hace referencia a todos los recursos que se desperdician para poder predecir la calidad; este es el costo que realiza en las pruebas, inspecciones, reelaboración, reclamos de garantías, horas extras y viajes no programados al cliente (González, 2007, p. 87).

Muri (exagerar)

Muri es la sobrecarga innecesaria o irracional de personas, equipos o sistemas por demandas que exceden la capacidad, muri es una palabra japonesa que se la relaciona con irrazonable, imposible o exagerado, desde la perspectiva lean, muri se aplica para el análisis del diseño del proceso y las operaciones (González, 2007, p. 87).

1.1.4. LA PERFECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Los pensamientos lean es considerado como un viaje sin fin, ya que se descubre las fallas que no se sabía que existían, las ideas de Toyota empezaron desde que se inició la automatización y la técnica Jidoka, el cual

consiste en proveer al operador la habilidad de detectar cualquier desperfecto de la maquinaria y cuando una condición anormal sucede, inmediatamente parar la operación.

Para poder determinar la eficiencia de un ciclo de proceso se puede aplicar la Ecuación 1.2:

$$ECP = \frac{Tva}{Tdc} \qquad [1.2]$$

Dónde:

ECP: Eficiencia del ciclo del proceso

Tva: Tiempo de valor añadido

Tdc: Tiempo total del ciclo

En la Tabla 1.3 se presenta un listado con las principales técnicas, herramientas, principios y métodos para identificar si una herramienta es o no lean, se menciona algunas de las técnicas aplicables a la mejora de sistemas productivos (Hernández y Vizán, 2013, p. 16).

Tabla 1.3. Lista de técnicas aplicables en un sistema lean

TÉCNICAS APLICABLES	
• Control de la Calidad • SMED • TPM • Kanban • Nivelación y equilibrio • JIT • Jidoka • Poka Yoke • Disciplinas en el lugar de trabajo • Actividades grupales • Mejoramiento de la Producción • Gestión de Calidad • 5S • Lista de Sugerencias	• Benchmarking • Teoría de restricciones • Costo basado en actividades • 6 Sigma • Mejoramiento de la calidad • Orientación al cliente • Ciclo Deming • Taguchi • Análisis e ingeniería de valor • Presupuesto desde cero • Aprendizaje rápido • Desarrollo función de Calidad • AMFE • Control Estadístico de Procesos

(Hernández y Vizán, 2013, p. 17)

De todas las técnicas mencionadas en la tabla adyacente, se seleccionan las más relevantes para que formen parte de la representación de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”; para lo cual se utiliza una casa que constituye un sistema estructural donde los cimientos y las columnas deben ser las más resistentes; ya que si una parte de ella se encuentra en mal estado sería la parte más sensible de todo el sistema.

La Figura 1.2, se representa la “Casa de la Calidad”, donde el techo es la representación de un sistema de mejora en base a los pilares que vienen hacer las técnicas empleadas que fortalecen de manera estructural.

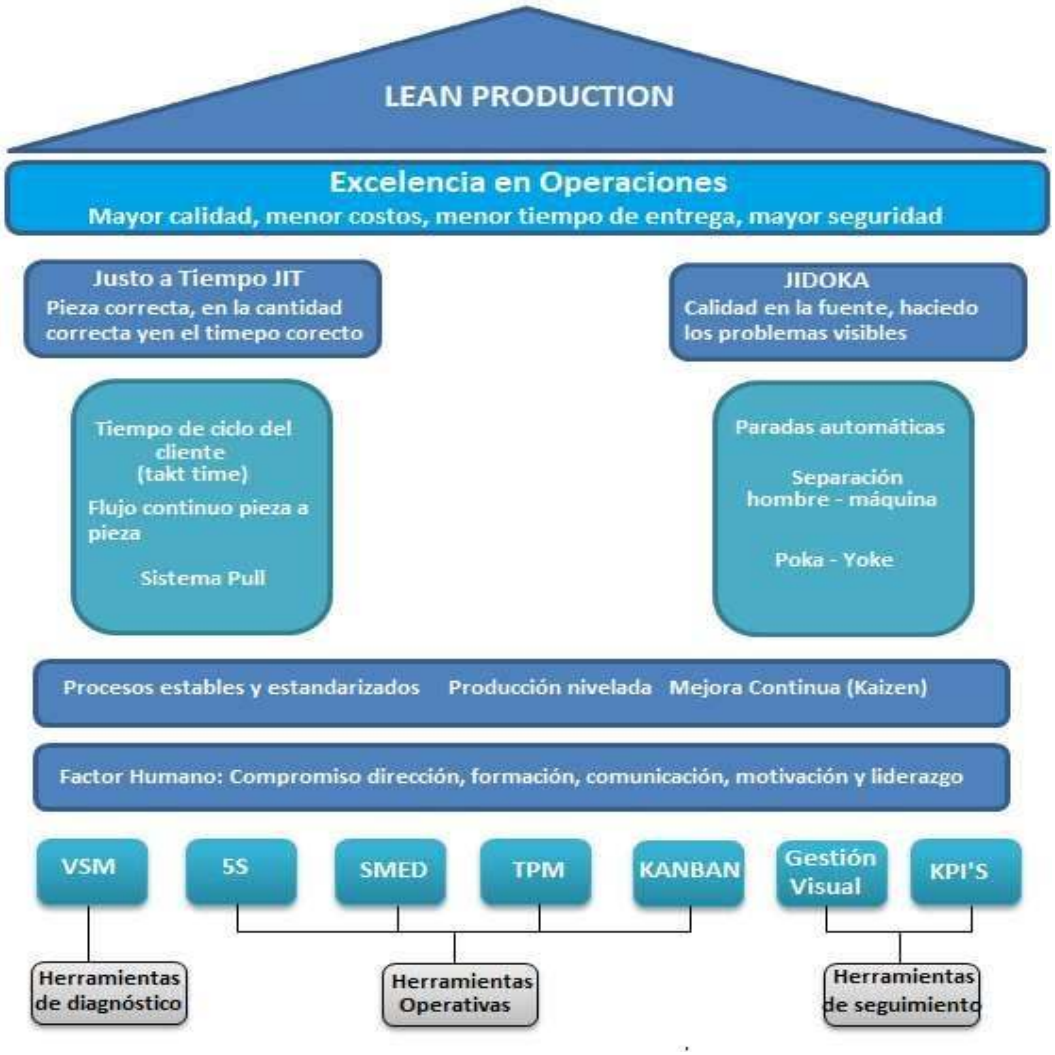


Figura 1.2. Adaptación de la Casa de Calidad Toyota

(Hernández y Vizán, 2013, p. 18)

La estructura está planteada por las metas a conseguir, en el techo se evidencia el avance a la calidad, es decir realizar el proceso con costos bajos y en el menor tiempo de entrega (Lead time), sosteniendo este techo se encuentra las dos columnas que soportan el sistema, Just In Time (Justo a Tiempo) y Jidoka, dónde JIT, se lo considera como una herramienta de las más importantes del sistema Toyota, significa producir en el momento requerido y en la cantidad exacta (Hernández y Vizán, 2013, p. 18).

Con Jidoka se puede determinar las causas de los defectos y tomar las decisiones para cortarlos de raíz, de esta manera se detiene para que no afecten a las otras actividades, donde los operadores tengan la capacidad de reconocer la maquinaria y tener la habilidad para comprobar cuándo se origina una situación anormal y detener el proceso.

En los cimientos se representa el factor humano como base de las implantaciones del sistema, el mismo que se manifiesta en múltiples etapas como la "formación de equipos dirigidos por un líder con el compromiso de la dirección, la formación, capacitación del personal y motivación" (Hernández y Vizán, 2013, p. 19).

1.1.5. HERRAMIENTAS LEAN

Las herramientas o técnicas más importantes son agrupadas en tres grupos:

El primero tiene una perspectiva práctica y por lo general son de sentido común, las técnicas de este grupo se describen a continuación (Hernández y Vizán, 2013, p. 35):

- VSM. Se lo representa como una gráfica de los elementos de producción e información.
- Las 5S. Se utilizada para mejorar las condiciones del área trabajo de la planta, mediante una excelente orden, limpieza y organización.
- SMED. Son sistemas empleados para reducir los tiempos de preparación.

- Estandarización. Esta técnica se utiliza para elaborar instrucciones ya sea escritas o gráficas que indica el mejor procedimiento hacer realizado.
- TPM. “Conjunto de acciones de mantenimiento total productivo que tiene como función eliminar las pérdidas de tiempos de parada de las máquinas”.
- Control visual. Son técnicas de comunicación que ayudan a controlar y facilitan a los operadores reconocer el estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.

Técnica VSM

El Mapa de Flujo de Valor o Value Stream Mapping (VSM), se emplea para describir las actividades y definir cómo se relacionan en el proceso, es una técnica empleada para controlar el proceso y así poder detectar en donde se originan las fallas o desperdicios, donde por medio de esta herramienta se puede especificar (Wilson, 2010, p. 125):

- Los medios para que los equipos examinen los procesos más determinantes
- El flujo sobre los vínculos y las relaciones entre las áreas de trabajo
- Una perspectiva de todos los pasos y actividades del proceso

VSM se usa para encontrar desechos en el flujo de valor de un proceso, una vez identificado se realiza un análisis para excluirlo, ya que el propósito de un VSM es mejorar los procesos en el sistema. Sin embargo, además de la información que normalmente se encuentra en un diagrama de flujo de proceso, además muestran la información necesaria para planificar y satisfacer las demandas del cliente; ya que podemos determinar tiempos de ciclo, inventarios retenidos, tiempos de cambio, personal y modos de transporte (Wilson, 2010, p. 129).

En la figura 1.3 se identifican los íconos empleados para elaborar un diagrama de flujo de valor.

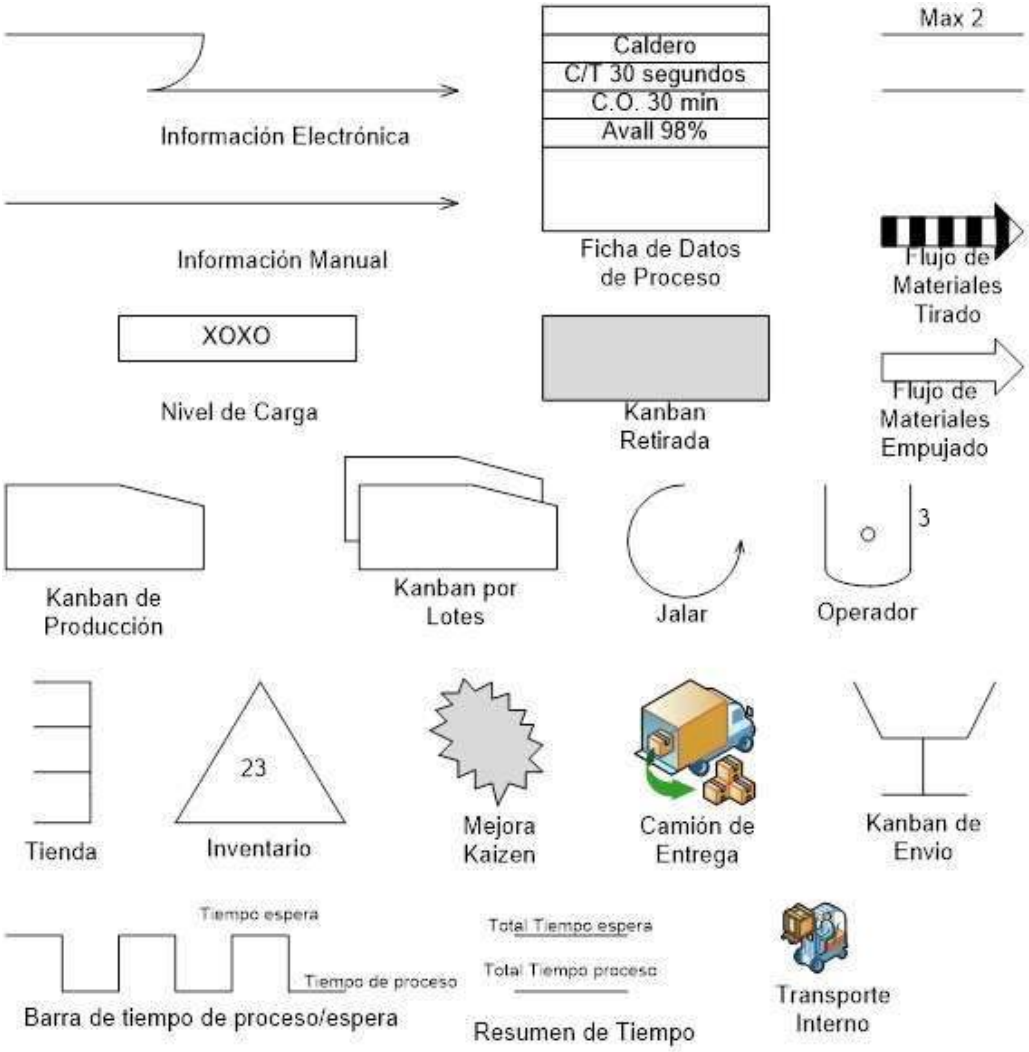


Figura 1.3. Iconos para realizar Mapa de flujo de valor
(Wilson, 2010, p. 128)

En un VSM se puede identificar en el área de producción tres niveles: el cliente, del proceso y el nivel de operadores, en donde a nivel del cliente los operadores necesitan identificar la demanda del cliente y asignar el trabajo correspondiente, para esto se utiliza herramientas que pueden ayudar a definir lo requerido por los clientes, como takt time y pitch. En el nivel de proceso, los fabricantes necesitan crear un flujo continuo que pueda asegurar tanto a los clientes internos como externos donde reciban las unidades de trabajo correctas en el momento adecuado, las herramientas que se puede aplicar para crear un flujo continuo: supermercados en proceso, sistema kanban,

primero en entrar, primero en salir (FIFO), línea de equilibrio, trabajo estandarizado y diseño del área de trabajo. A nivel de las personas, los operadores deben realizar un proceso de nivelación, distribuir de manera uniforme y efectiva las cargas de trabajo sobre el tiempo disponible, donde se utiliza ficha de datos y nivel de carga (Wang, 2011, p. 14).

Técnica de las 5´S

Desde los primeros días del siglo XX los directivos se centraron en "la organización de la casa", y en todo lo que supone tener un lugar de trabajo ordenado, limpio y eficiente. En los últimos años los directores de operaciones han adornado la "organización de la casa" incluyendo una lista de comprobación (checklist) que se les conoce como las 5 S, que fue implementado por los japoneses.

"Las 5S no sólo son una buena lista de comprobación para las operaciones enjutas, sino que también proporcionan un sencillo medio con el que ayudan en el cambio cultural que es necesario a menudo para lograr unas operaciones ajustadas" (González, 2007, p. 95).

A continuación, se detalla la técnica 5S que proviene de los vocablos japoneses "*seiri"* (clasificar o vaciar), "*seiton"* (ordenar o configurar), "*seiso"* (lavar o limpiar), "*seiketsu"* (limpieza estandarizada) y "*shitsuke"* (mantener autodisciplina) (González, 2007, p. 95):

- **Clasificar/vaciar:** *Seiri,* consiste en identificar todo lo que no tiene valor y conservar lo que sea útil, además se debe apartar todo lo demás del área de trabajo; ante la duda se almacena con esto se gana espacio y normalmente mejora el flujo de trabajo.
- **Simplificar/ordenar:** *Seiton,* la organización de los equipos o herramientas necesarias para la producción deben tener fácil acceso, cada uno etiquetados, para que puedan retirar y devolver a su posición con facilidad, ordenar y utilizar herramientas de análisis de métodos para mejorar el flujo de trabajo y reducir los movimientos improductivos.

- **Limpiar/barrer:** *Seiso*, desempolvar todo elemento o documentación, suprimir todo tipo de suciedad, contaminación y desorden en la zona de trabajo diariamente.
- **Estandarizar:** *Seiketsu,* los equipos y las herramientas se puede normalizar de manera que el tiempo y el costo de producción se reduzcan; los buenos estándares hacen que lo anormal se haga evidente, formalizar y formar el equipo de trabajo que estén en la capacidad de constatar rápidamente por todos cualquier falla que exista.
- **Mantener/autodisciplina**: *Shitsuke,* utilizar elementos visuales o plantillas de cumplimiento y control ayuda a comunicar y mantener los procesos y revisar periódicamente para reconocer los defectos, esto ayuda a motivar de forma permanente a mantener los procedimientos.

En algunas empresas estadounidenses suelen añadir dos S más, que contribuyen a establecer y mantener un lugar de trabajo más esbelto estas son:

- **Seguridad:** Desarrollar buenas prácticas de seguridad y medio ambiente, en las cinco actividades anteriores.
- **Soporte / mantenimiento:** Reducir la variabilidad, el tiempo inactivo no planificado y los costos, integrar las actividades diarias de limpieza con el mantenimiento predictivo y preventivo.

La Tabla 1.4 representa un rango de puntajes para la evaluación de la técnica de las 5 S, con lo que se puede evaluar el estado actual de una empresa y aplicar las mejorías que sean necesarias.

Tabla 1.4. Niveles de Valoración para 5S

Rangos de Ponderación de la evaluación 5S	Valoración
0 - 25	Baja, no conoce, no aplica 5S
26 – 50	Regular, conoce, pero no aplica 5S
51 – 75	Buena, conoce las 5S, aplica y está en mejora
76 – 100	Muy Buena, conoce las 5S, aplica y está en la cultura de la empresa
Puntaje base ≥ 85	

(Arrieta, 2011, p. 64)

Técnica SMED

SMED Single Minute Exchange of Die es una técnica de cambio rápido de referencia un equipo, cuando más pronto se realiza el cambio de referencia, más lotes se puede realizar en menos tiempo o bien reducir stocks porque se ajusta los pedidos al cliente (Badurdeen, 2005, p. 44).

Cualquier actividad de cambio en una máquina, puede ser clasificada en dos tipos de actividades (Quesada, Buehlmann y Arias, 2012, p. 7):

- Actividades Internas: Cuando el cambio puede realizarse solamente cuando el equipo o la máquina se encuentra completamente parada, es decir no es posible continuar con el proceso.
- Actividades externas: Hace referencia a los ajustes que pueden ser efectuados cuando la maquinaria se encuentra en uso y es posible procesar el producto.

SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolver problemas es donde se emplea el análisis de Pareto, donde las seis preguntas clásicas son: ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué?; con esto se lleva a cabo una acción SMED, las empresas deben realizar estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación y ejecución del proceso (Hernández y Vizán, 2013, p. 44).

Posibles causas que originan los cambios:

- El procedimiento de preparación no está estandarizado.
- No se utiliza equipos adecuados y realizados mantenimiento.
- En la preparación es incierta la culminación.
- No se dispone con materiales, técnicas o plantillas.
- Las actividades de preparación y puesta en punto tardan demasiado.
- Gran número de actividades de reparación.
- Tiempos disparejos en la preparación de las máquinas.

Técnica TPM

TPM de las siglas (Total Productive Maintenance), esta metodología es aplicada para precautelar la maquinaria y accesorios de tal manera poder contar con su operatividad todo el tiempo que sea necesario.

La idea del TPM es la de que el operador se encargue de los mantenimientos básicos, con esto se libera las actividades más sencillas al personal de mantenimiento los mismos que podrán focalizarse en tareas más de predicción y prevención, con esto los operadores se convierten en apoyo técnico al responsabilizarse de la máquina y del proceso, con esto se enfoca en aumentar la eficiencia de la máquina, se incrementa la habilidad de los técnicos y se reducen los costos de producción, manteniendo un control continuo de las máquinas que tienen a su cargo (Vilana, 2011, p. 11).

Esta técnica ayuda a eliminar los tiempos muertos de las máquinas mediante siete pasos:

1. Establecer principios para una limpieza fácil y periódica básica de la maquinaria o equipos.
2. Prevenir que se contamine, eliminar las partes que contaminan y generan suciedad.
3. Crear y aplicar estándares que prevengan la mala funcionalidad y evitar reparación de los equipos.
4. Capacitar a los operadores, para que el operador sea el responsable de realizar el mantenimiento independientemente.
5. Todo lo que se realiza debe estar documentado, asegurándose de mantener siempre los mejores estándares para asegurar los procesos.
6. Hacer que el operador tome la responsabilidad del mantenimiento, ósea un mantenimiento autónomo (González, 2007, p. 101).

Para Hernández el TPM, cuenta con un indicador que se le denomina, Índice de Eficiencia Global del Equipo, conocido como OEE (Overall Equipment Efficiency), es un indicador que se lo emplea para un equipo o grupos de máquinas que indica la comparación entre el número de piezas que se pudo

haber producido y las unidades sin defectos que realmente se han producido, se lo representa mediante la Ecuación [1.3] (Hernández y Vizán, 2013, p. 52):

$$OEE = D*E*C \qquad [1.3]$$

Dónde:

OEE: Eficiencia Global de Equipos

D: coeficiente de disponibilidad, es la división del tiempo que el equipo está operando (*B / A)*.

E: coeficiente de eficiencia, determina el funcionamiento del equipo al fraccionar las pérdidas por tiempos muertos y paradas menores (*D / C)*.

C: coeficiente de calidad, mide el nivel de la producción obtenida con estándares de calidad" (*F / E)*.

Al reemplazar los coeficientes en la Ecuación [1.3], se obtiene la Ecuación [1.4].

$$OEE = \frac{B}{A} * \frac{D}{C} * \frac{F}{E} \qquad [1.4]$$

Dónde:

A: Tiempo disponible

B: Tiempo operativo

C: Producción prevista

D: Producción real

E: Producción real

F: Producción buena

Técnica Control Visual

La técnica de control visual es un conjunto de rutinas organizacionales de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema productivo puede ser por medio de tableros de control y emisión de resultados con especial importancia en las anomalías y desperdicios (Hernández y Vizán, 2013, p. 53).

Está determinado para informar cómo se debe hacer el trabajo, viene a constituir el medio de comunicación en el ambiente de trabajo, con la finalidad de mostrar si hay un desvío en relación al proceso normal, para conseguir un buen control visual es recomendable implementar lo siguiente (Hernández y Vizán, 2013, p. 53):

- Sombra en una herramienta de trabajo, que ayuda a marcar su posición mediante su sombra e identificarlo con su nombre.
- Rotulación principalmente en contenedores, armarios, estantes, zonas de peligro.
- Codificación de colores en especial a tuberías, pisos, áreas de trabajo, etc.
- Carteleras con programación del trabajo, prioridades, indicaciones generales.
- Señalética de los avisos principales y normas de seguridad.
- Indicadores de calidad, en especial interés los gráficos de resultados semanales de producción.
- Patrones de trabajo.

El siguiente grupo de técnicas son aplicables en situaciones donde se requiere mayor dedicación tanto de los directivos, mandos intermedios y operarios, tiene un cambio cultural en las personas, estas son (Hernández y Vizán, 2013, p. 36):

- Jidoka: Es una técnica física basada en la incorporación de mecanismos y dispositivos que otorgan a las máquinas, la capacidad de detectar que se fallas en la producción.

- Técnicas de calidad. Son técnicas proporcionadas por los sistemas de control de calidad para disminuir y eliminar defectos se puede implementar Poka Yoke y Andons.
- Sistemas de Participación del Personal (SPP). Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal que canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema Lean.

Técnica Jidoka

La técnica Jidoka consiste en la utilización de mecanismos automáticos de retroalimentación, equipos productivos que detectan los defectos y se detienen, lo que permite determinar el origen del error y así impedir que se continúe con la producción de productos defectuosos, donde se sigue el siguiente proceso (Vilana, 2011, p. 9):

1) Detectar el error.
2) Parar la producción o maquinaria.
3) Corregir una situación anormal.
4) Determinar la causa principal que originó.
5) Identificar mejoras para evitar errores.

Cuando una máquina deja de operar, se detiene toda la línea de producción y se hace visible en toda la planta a través de una señal, donde se detiene la producción hasta que se resuelva, puede ser complicado es por eso que producir partes rechazadas no es beneficioso para la producción, razón por la cual Jidoka, cuenta con herramientas de control para determinar los errores con mayor rapidez a continuación, se enuncia algunas de ellas, (Vilana, 2011, p. 9):

- **Poka Yoke**

Es una herramienta de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shingeo Shingo en los años 60, que significa a prueba de errores, donde la idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean cada vez indescriptibles, la principal función es frenar el proceso de producción cuando

ocurre algún defecto, definir la causa y prevenir que el problema vuelva a ocurrir, la clave es detectar los errores antes de que se conviertan en defectos (Arrieta, 2011, p. 123).

Poka Yoke posee dos funciones en el sistema:

- Inspeccionar el 100% de la producción.
- Retroalimentar y dar una acción correctiva.

Los tipos de medidores utilizados en sistemas Poka Yoke, pueden dividirse en tres grupos (López y Sánchez, 2010, p. 5):

- Medidor de contacto: por ejemplo, interruptores, timbres y pulsadores.
- Medidor sin contacto: como son sensores de desplazamiento o de movimiento
- Medidor digital o análogo de temperatura, presión, vibración, energía, contador de ciclos y transmisión de datos.

En la Figura 1.3 se indica un ejemplo de tipo de mecanismo tan simple que se incorpora en las actividades del proceso para conseguir cero defectos.

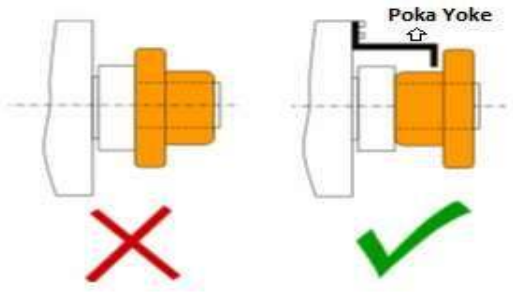


Figura 1.4. Ejemplo de mecanismo Poka Yoke
(Vilana, 2011, p. 9)

- **Andons**

Vilana describe un poka yoke como una señal o alarma que todo el personal operativo y supervisores debe conocer y lo utiliza ante una situación anormal en la línea de fabricación o montaje, por lo general se emplea luces para

determinar el estado de la línea de producción, como se puede observar en la Figura 1.5 algunos modelos de señalización y se lo utiliza poder detener la producción cuando se encuentran defectos (Vilana, 2011, p. 9).

Figura 1.5. Ejemplo de una Señal Andon

Los colores habituales para este sistema son:

- Sin luz: sistema opera normalmente.
- Rojo: máquina parada.
- Amarillo: en espera para cambio de proceso.
- Verde: falta de material.
- Azul: operación defectuosa.
- Blanco: fin de lote de producción.

Técnica del Sistema de Participación del Personal (SPP)

Es el conjunto de actividades estructuradas de forma sistemática que permiten analizar eficientemente todas las decisiones que puedan incrementar la competitividad de las empresas, estos sistemas ayudan a obtener la mejora continua (Hernández y Vizán, 2013, p. 67).

Con la identificación de los problemas y de las oportunidades de mejora, el sistema lean establece prioridades de las mismas en función de su transcendencia (Hernández y Vizán, 2013, p. 67):

- Seguridad en el Trabajo. La principal responsabilidad de un empleador, es garantizar la seguridad laboral de todos los empleados.
- Ambiente Laboral. Un buen clima laboral comienza por establecer condiciones de trabajo placenteras.
- Capacitación. La formación profesional al personal motiva e involucra al personal a sentirse partícipe y cumplir con los objetivos de la empresa con mayor compromiso.
- Involucración en la mejora. Cada empleado es uno de los principales valores de la empresa, se debe estimular ideas de mejora al personal de todas las áreas.
- Compromiso. La implicación de todo el personal, desde los directivos hasta los operarios, crea el vínculo para la sostenibilidad del sistema.
- Comunicación Interpersonal. Una comunicación frecuente, clara y directa de los trabajadores con los mandos altos, elimina dudas y conflictos que ayudan al avance de la mejora continua.

Se tiene un grupo de técnicas más específicas que cambian la forma de controlar, planificar y programar los medios de producción y la cadena de suministros que se lo emplea para determinar la calidad del proceso (Hernández y Vizán, 2013, p. 37):

- Heijunka: Es una técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de los clientes, durante un periodo de tiempo y que permiten al proceso hacerle en flujo constante.
- Kanban: Es un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.

JIT (Justo a Tiempo)

Justo a tiempo significa producir lo indicado en el tiempo exacto y en la cantidad indicada, ya que todo lo demás se lo considera como desperdicio (muda), JIT fue implementado por Toyota para enfrentar problemas como, fragmentación de mercados, competencia agresiva, cambios imparables de tecnología, costo de capital elevado, precios de mercado fijos, etc. (Villaseñor y Galindo, 2007, p. 73).

Las técnicas de fabricación JIT, a parte de ser una ayuda para eliminar acividades que no agregan valor y son consideradas como desperdicio, es de mucha importancia para aumentar el porcentaje de los pasos fabriles que si agregan valor de igual manera enfatiza en asegurar que se dedique la mayor parte del tiempo de operación a las actividades que dan más valor a la producción (Hay, 1990, p. 24).

La producción JIT sigue algunas reglas simples:

1. No producir algo a menos que el cliente lo haya ordenado, así se reduce la cantidad de materiales en stock.
2. Nivelar la demanda para que el trabajo pueda avanzar paulatinamente por toda la planta.
3. Vincular las actividades del proceso a la demanda del cliente a través de herramientas visuales simples, para que el manejo de materiales sea mínimo.
4. Maximizar la flexibilidad de las personas y de la maquinaria, en especial las distancias de los recorridos que realiza un operador en el proceso donde se desenvuelve (Pascal, 2005, p. 69).

Un modelo de trabajo JIT, propone un enfoque directo en sus técnicas Heijunka y Kanban, las cuales controlan el ritmo de producción.

Técnica Heijunka

Esta técnica enfatiza el MURI y el MURA, como herramientas propuestas para "nivelar la carga de trabajo a través de planes que utilizan inventarios y perspectivas de demanda razonable, el concepto de flujo ideal propone un cierto desacoplamiento PULL del cliente, esto junto con lotes de producción pequeños, permite mantener una flexibilidad alta respecto a los requerimientos del cliente de forma estable en el tiempo" (Toledano, Mañes, y García, 2009, p. 118).

Heijunka está relacionada con una serie de técnicas integradas en conjunto para obtener un sistema de producción con flujo esbelto, ritmo determinado y

trabajo estandarizado, lo que permite optimizar la mano de obra, minimizar inventarios y aumentar tiempos de respuesta al cliente (Hernández y Vizán, 2013, p. 70).

Las herramientas de complemento para la técnica Heijunka son:

- **Células de Trabajo**

La producción a través de células de trabajo, es cuando la distribución de la planta (layout) es mejorada de forma secuencial, al reducir principalmente el lead time, se aprovecha al máximo las habilidades del personal, y su polifuncionalidad, al dar las condiciones para que un operador pueda desenvolverse en diversos puestos con el mínimo número de desplazamientos.

El diseño que mejor cumple los requerimientos primordiales de la técnica JIT, adopta la forma de U o C, ya que el flujo continuo transforma varios procesos que trabajan de forma independiente en una celda de trabajo vinculada y flexible, así todos los procesos van ligados uno después del otro (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 87).

- **Flujo continuo pieza a pieza**

La producción de pieza a pieza mediante flujo continuo, permite ajustarse a la demanda con un mínimo de recursos y materia prima, ya sea materiales, personal, maquinaria, es por eso que para llevar a cabo un sistema de producción de este tipo se debe tener en cuenta tres aspectos:

- Flujo continuo de una sola pieza.
- Producción en flujo.
- Estaciones en cada línea de montaje.

Con el flujo continuo se puede configurar el proceso, para que no se interrumpa frecuentemente, de este modo se puede trabajar a un ritmo constante y tener un mejor proceso, para lo cual es necesario:

- Reducir el movimiento innecesario de materia prima.
- Mayor eficiencia en resolver problemas.
- Mejorar el control del tiempo de fabricación.
- Facilitar el control de inventario.
- Ayudar a centrar la atención al producto.
- Obtener el trabajo estandarizado.
- Hacer visible los problemas.

- **Takt time (tiempo de ritmo)**

El tiempo de ritmo depende de la información que se tenga de la demanda o del ritmo de producción que mantiene el cliente, TAKT es un vocablo alemán que significa ritmo, es por esa razón que se lo conoce como tiempo de ritmo; producir con takt time significa que los ritmos de producción y de ventas tienen que estar sincronizados, que se lo aplica por medio de lean production.

El takt time se obtiene al dividir el tiempo de producción disponible, para la cantidad total requerida, como se indica en la Ecuación 1.5, la unidad de tiempo que se emplea son los segundos (Villaseñor y Galindo, 2007, p. 36):

$$TT = \frac{Tp}{Ct} \qquad [1.5]$$

Dónde:

TT: Takt Time (Tiempo de ritmo).

Tp: Tiempo de trabajo por turno.

Ct: Cantidad o Demanda requerida por el cliente.

- **Pitch (lote controlado)**

Un Pitch es el lote de piezas por unidad de tiempo, que tiene relación directa con el takt time requerido, para que la operación pueda realizar unidades que formen paquetes con cantidades determinadas, por lo que un pitch es el takt time del producto y de la cantidad de unidades, siempre y cuando vaya acorde

a la producción se debe tomar en cuenta los volúmenes y la clase de producto (Villaseñor, y Galindo, 2007, p. 37).

Para determinar un pitch se calcula mediante la Ecuación [1.6]:

$$P = TT * n \qquad [1.6]$$

Dónde:

P: Pitch.

TT: Takt time.

n: cantidad de unidades.

- **Nivelar el volumen de producción**

La nivelación de la demanda de producción, es una herramienta que se lo relaciona con la técnica Heijunka, que consiste en equilibrar los procesos productivos, por medio de tres factores:

1. Nivelación de la demanda.
2. Nivelación de las cargas de materiales.
3. Nivelación de las líneas de producción.

Nivelar consiste en amortiguar las variaciones de la demanda comercial producida por pequeños lotes, en lugar de programar lotes grandes de un modelo y después de otro, se produce lotes pequeños en periodos cortos de tiempo y varios modelos diferentes en la misma línea; las tareas se direccionan de mejor manera y normalizándolas, así se consigue utilizar mejor el tiempo de trabajo disponible, para esto se requiere tiempos de cambio más rápidos y con mayor frecuencia (Hernández y Vizán, 2013, p. 76).

Técnica Kanban

Esta técnica recibe el nombre de Kanban por su creador Toyota, ya que su significado es Tarjeta de Instrucción, es una forma de automatizar la

información, acerca de que se va a producir, en que cantidad, con qué medios y como transportarlo, ya que es una herramienta de manejo de flujo de materiales en una línea de producción (Villaseñor y Galindo, 2005, p. 75).

Estas tarjetas se desplazan dentro de una misma estación, como órdenes de pedido o de trasporte y la información que debe contener es:

- Descripción del producto.
- Cantidad de piezas.
- Lugar de almacenamiento.
- Identificación y lugar de recogida.

De acuerdo al modelo Kanban empleado por Toyota, existen básicamente dos tipos de tarjetas:

- **Kanban de Transporte**

El kanban de transporte o retiro, especifica la referencia y la cantidad de producto que una actividad debe retirar del proceso anterior de materiales, componentes o materia prima.

- **Kanban de Producción**

La tarjeta de producción especifica la referencia y la cantidad de producto que un proceso debe producir, ya sea de un área específica o proveedor externo (Hernández y Vizán, 2013, p. 37).

Otros tipos de Kanban:

- **Kanban de orden de trabajo**. Se aplica para una línea específica.
- **Kanban urgente**. Se lo utiliza en caso de que falte una pieza o material.
- **Kanban de emergencia**. Se emplea de modo temporal un Kanban de emergencia es cuando se requiere materiales o elementos para hacer cambios a unidades defectuosas.

Implementar KANBAN en los procesos con más problemas y calcular la cantidad de piezas por tamaño de lote, mantener una revisión constante del

sistema KANBAN, con todos los puntos de verificación WIP, calcular el número de contenedores por referencia y la secuencia pitch (Tornos, Sergio, Magarolas, y Giral, 2012, p. 82).

El método usado por Toyota para el cálculo básico de número kanban para las existencias de ciclo se lo representa con la Ecuación [1.7] (Wilson, 2010, p. 56):

$$nK = \frac{(D*L)(1+\propto)}{C} \qquad [1.7]$$

Dónde:

nK: Número de kanban.

D: Demanda por unidad de tiempo, tasa de producción.

C: Tamaño del contenedor, (no debe pasar el 10% de la demanda diaria).

α: Coeficiente de seguridad (no mayor al 10%).

L: Tiempo de reabastecimiento, se lo calcula mediante la Ecuación [1.8], tiempo de entrega promedio para el kanban.

$$L = t_p + t_w \qquad [1.8]$$

Dónde

t_p: Tiempo de procesamiento promedio por contenedor.

t_w: Tiempo de espera promedio durante el proceso de producción, en fracciones decimales de día.

Técnica Kaizen

Kaizen significa mejorar algo todos los días de una manera más sencilla, es a la vez una filosofía y una metodología, donde las mejoras de Kaizen generalmente no tienen la intención de ser radicales en el cambio, más bien son mejoras progresivas, que elimina el desperdicio en todas las partes del proceso paulatinamente.

Cuando la mejora se produce sustancialmente, toma el nombre de Kaikaku, es por eso que cuando se piensa en Kaikaku, se piensa en descartar todas las reglas, puede venir en forma de eventos Kaizen múltiples y simultáneos, el término Kaikaku puede implicar un cambio completo en la tecnología o metodología del proceso, ya sea a través de Kaizen o Kaikaku, el objetivo es el mismo, esforzarse por la perfección a través de la mejora (Sayer y Williams, 2003, p. 82).

Castillo menciona que kaizen tiene relación directa con la gestión de la calidad, esto implica tanto el despliegue de políticas como la construcción de sistemas de aseguramiento de calidad, estandarización, capacitación, administración de costos y diagramas de calidad, la seguridad, eficiencia, cumplir con los programas de entrega, por esta razón kaizen se refiere al mejoramiento en todas las áreas (Castillo, 2009, p.24).

En organizaciones donde no se realiza manufactura de productos, la función de producción se dice que está oculta, y a este tipo de empresas se les conoce como de servicios, en donde vienen a constituirse en una estructura simple con las relaciones entre los distintos departamentos técnicos y de planificación, con el fin de lograr una mayor eficiencia al ejecutar el servicio.

1.2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD

1.2.1. PRODUCTIVIDAD

La reducción del tiempo, los cotos de preparación, la inversión en inventario y poder eliminar los desperdicios para usar de forma racional y óptima los recursos humanos, naturales, financieros, científicos y tecnológicos es sinónimo de productividad, definida también como la generación de la producción para proporcionar los bienes y servicios que satisfagan las necesidades de los componentes, que son parte del proceso. (Shah y Ward, 2007, p 11).

Para poder determinar la productividad, se lo realiza mediante la Ecuación [1.9] para determinar en qué medida se aprovechan los recursos con los que cuenta una empresa:

$$P = \frac{n}{m} \qquad [1.9]$$

Dónde:

P: Productividad.

n: Unidades producidas.

m: Medios utilizados.

Por lo tanto, cuando existe una reducción de los insumos o ingresos y las salidas permanecen constantes, las empresas identifican las opciones disponibles para maximizar las oportunidades y minimizar las amenazas (Shah y Ward, 2007, p. 12).

1.2.2. IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Para implementar un sistema de planificación y control de la producción, dentro de una institución es necesario que se cuente con el apoyo continúo del alto mando de la empresa, donde "los sistemas clásicos de planificación y control de la producción pueden ser empleados tanto en un proceso de producción enfocado al producto, así como también al proceso, para ello se necesita información acerca de los clientes, proveedores y procesos de fabricación" (Crespo y García, 1996, p. 103).

El MRP (Material Resources Planing), es un método de planificar la producción y los inventarios, donde se debe implantar una serie de métodos y procedimientos, que permitan conservar actualizada la información (Crespo y García, 1996, p. 103).

En la actualidad, se toma conciencia de la importancia que se debe dar a las actividades que generan valor a los procedimientos productivos y de la capacidad para proporcionar ventajas competitivas al incidir en la calidad, costos, servicios, entregas e interacción con los clientes. (Barcelli, 2006, p.15)

Barcelli menciona que el proceso de planificación y control de la producción tiene cinco fases que se componen en:

1. Planificación estratégica o de largo plazo.
2. Planificación agregada o de mediano plazo.
3. Programación maestra.
4. Programación de componentes.
5. Ejecución y control.

En la Figura 1.6 indica el resumen de las fases anteriormente enunciadas junto con los planes a realizar, se analiza cómo se debe considerar un sistema desde el punto de vista de la planificación y control de la producción (Domínguez, García, Ruiz y Álvarez, 1995, p. 8).

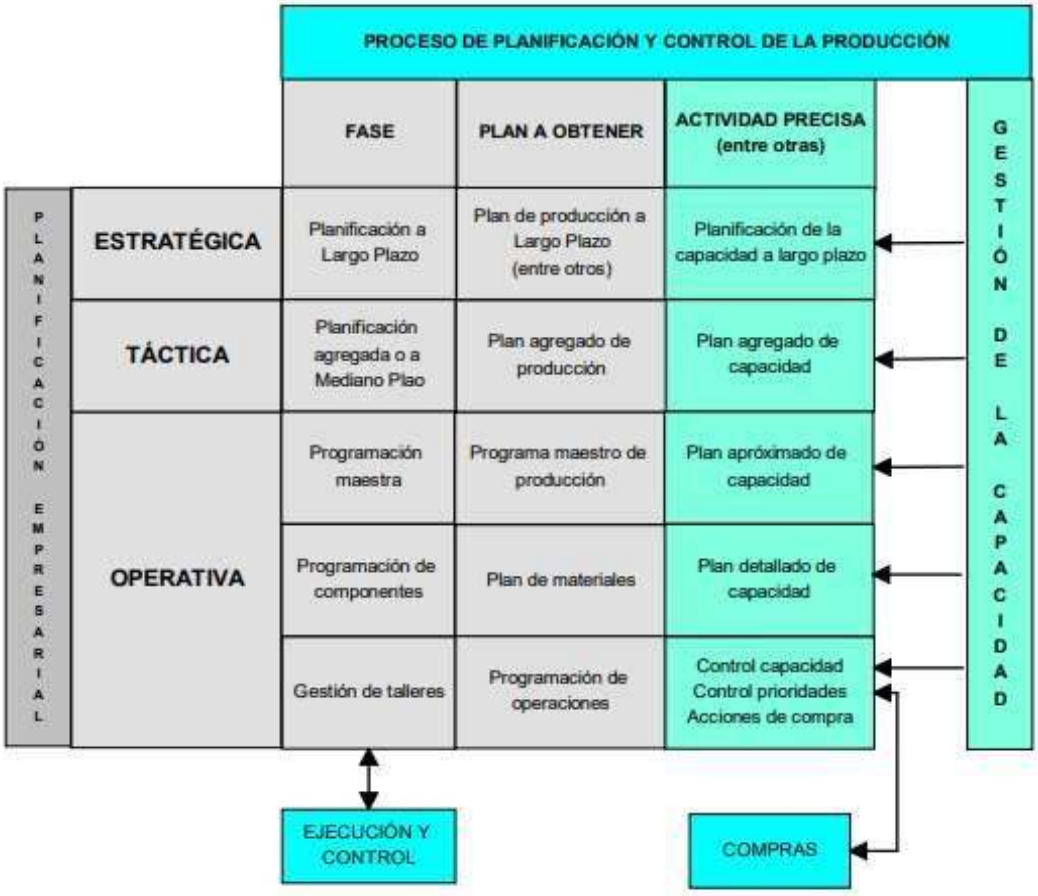


Figura 1.6. Proceso y Control de la Producción

(Domínguez, García, Ruiz y Álvarez, 1995, p. 12)

1.2.3. INVENTARIO

Se presenta dos conceptos que hacen referencia a la importancia de que una empresa conozca sobre la administración de inventarios:

El primero de ellos menciona que el inventario, son los bienes que están bajo dependencia y control de una empresa, es decir almacenados durante un tiempo determinado, para ser designados al área de producción en este caso sería materia prima, equipos y productos terminados.

La segunda definición de inventario hace similitud a un amortiguador, entre dos procesos el abastecimiento y la demanda donde el uno contribuye con bienes al inventario, mientras que la demanda consume el mismo inventario. (Sipper y Bulfin, 1998, p. 219)

Chapman describe al inventario como una señal de la forma en que se dirige el proceso; donde es bastante visible y costoso si se desea controlar el inventario, para lo cual es necesario determinar las causas que ocasionan la presencia de grandes inventarios. (Chapman, 2006, p. 100)

1.2.4. FUNCIONES DEL INVENTARIO

Las funciones principales del inventario son:

1. Separar las diferentes partes del proceso, con la finalidad de que se cuente con un inventario para retirar al proceso productivo de los proveedores.
2. Cubrir a la empresa de las variaciones de la demanda y proporcionar un stock de materiales, este tipo de inventarios son aplicados en pequeños almacenes.
3. Conseguir descuentos por grandes cantidades, porque puede reducir el costo de producción o su plazo de acumulación.
4. Proteger contra la inflación y el aumento de los precios.

1.2.5. TIPOS DE INVENTARIOS

Los tipos de inventarios más relevantes son:

- Inventario de materias primas.
- Inventario de productos en curso o semielaborado.
- Inventario de suministros de mantenimiento, operación (MRO).
- Inventario de productos terminados.

El inventario de materias primas es el material que ha sido comprado, pero todavía no ha sido procesado, este inventario es principalmente para eliminar la variabilidad de los suministros en calidad, cantidad o plazo de llegada de forma que no sea necesaria una para inesperada.

Productos en marcha o semielaborados (Work in Process, WIP) está formado por elementos o materias primas que ya han sido procesadas pero que todavía no están terminadas, este inventario existe por el tiempo que se necesita para fabricar un producto, llamado tiempo de ciclo el mismo que al reducirlo, se disminuye el inventario lo cual no es difícil conseguirlo, ya que durante la mayor parte del tiempo que se tarda en elaborar un producto, está esperando a que se le haga alguna operación (Domínguez, García, Ruiz y Álvarez, 1995, p. 25).

Los inventarios de suministros para el tema de mantenimientos son los que mayor tiempo y espacio necesitan ya que la mayor parte del tiempo de trabajo está en el proceso es decir aproximadamente el 95% del tiempo del ciclo, es por eso que los inventarios MRO están compuestos por artículos de mantenimiento, reparación y operación necesarios para mantener operativas las máquinas.

Inventario de productos terminados se compone de aquellos que ya están acabados y esperando a ser distribuidos a los clientes, estos productos por lo general se tienen que estoquear para una demanda futura de los consumidores, para determinar el tiempo de permanencia se emplea la Ecuación [1.10]:

$$Tp = \frac{Ci*TT}{Td} \quad [1.10]$$

Dónde:

Tp: Tiempo permanencia.

Ci: Cantidad de inventario.

TT: Tiempo Takt.

Td: Tiempo disponible diario.

1.2.6. CONTROL Y EJECUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

El proceso de planificación y control contempla un último paso, que lo constituye el programa final de operaciones, el cual permite saber a cada trabajador o a cada supervisor del área, lo que se debe realizar para cumplir con el plan de operaciones, el plan maestro de producción y los programas estratégicos de la empresa (Domínguez, García, Ruiz y Álvarez, 1995, p. 26).

Chase describe a una organización funcional como áreas de trabajo que se organizan alrededor de algunos tipos de equipos u operaciones, en ellos los productos se trasladan por los departamentos en pequeños lotes que corresponden a los pedidos de los clientes, esta configuración de los talleres puede ser de dos tipos (Chase, Jacobs, y Aquilano, 2009, p. 34):

Configuración continua o en serie: Son celdas de trabajo donde las máquinas y los espacios se localizan de acuerdo a la secuencia de fabricación o también llamadas líneas de ensamblaje, con procesos estables, especializados en uno o pocos productos, pero su procesamiento es en grandes lotes.

Configuración por lotes: En este caso las empresas distribuyen las máquinas y áreas de trabajo, por funciones o departamentos con la suficiente flexibilidad para procesar variedad de productos.

En algunos talleres se ven en la necesidad de realizar configuraciones híbridas, conocidas como configuración celular o células de producción.

Para cumplir con las actividades del control y ejecución de la producción se debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo se debe programar la entrega de cada pedido?
- ¿Qué capacidad se necesita?
- ¿En qué momento comenzar a producir?
- ¿Cómo determinar la culminación a tiempo de los pedidos?

Para dar respuesta a la primera pregunta, se lo debe resolver a través de los análisis de carga; las preguntas dos y tres mediante la aplicación de técnicas de secuencia y una programación detallada y la última pregunta con el análisis de fluidez y el control del insumo.

Análisis de carga: Se define como la asignación de tareas a cada área de trabajo del proceso, donde permite controlar la capacidad y la asignación de actividades específicas en cada una de ellas, en general las técnicas más empleadas en la asignación de carga son, gráficos de Gantt y métodos de optimización.

Secuenciación de pedidos: Es la determinación del orden en que serán procesados los pedidos en cada centro de trabajo, una vez establecida la existencia de capacidad, las reglas de prioridad más empleadas son: (Dominguez, García, Ruiz, y Álvarez, 1995, p. 45).

- FIFO: (First in / First out); Primero en llegar, primero en salir.
- FISFS: (First In System / First Serve); Primero en el sistema, primero en ser atendido.
- SPT: (Shortes Processing Time); Menor tiempo de procesamiento.
- EDD: (Earliest Due Date); Fecha de entrega más próxima.
- NQ: (Next Queue); Siguiente en la cola.
- CR: (Critical Ratio); Razón crítica o ratio crítico.
- LWR: (Least Work Remaining); Mínimo trabajo remanente.
- FOR: (Fewest Operations Remaining); Número mínimo de operaciones.
- ST: (Slack Time); Tiempo de holgura.
- ST/O: (Slack Time for Operation); Tiempo de holgura por operación.

Programación detallada: Determina los momentos de inicio y final de las actividades de cada área de trabajo, así como las operaciones de cada pedido para la secuencia realizada, las técnicas más utilizadas son: programación hacia adelante y hacia atrás, listas de expedición, gráficos Gantt y programación a capacidad finita (Adam y Ebert, 1991, p. 45).

Análisis de Fluidez: Permite verificar que los tiempos planeados se cumplan, de tal forma que, si existen desviaciones en la producción real, se puedan tomar medidas correctivas a tiempo (Adam y Ebert, 1991, p. 45).

Control de Insumo / Producto: Controlan los niveles de la capacidad que se emplea en cada centro de trabajo, mediante los informes de entrada y salida.

1.2.7. HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD

Fueron denominadas las siete herramientas básicas de la calidad, ya que pueden ser descritas genéricamente como métodos para la mejora continua y la solución de problemas.

Existen más, pero se ha observado que con estas es posible resolver la mayoría de los problemas, aunque esto no significa que en algunos casos se utilice solamente dos o tres que pueden ser suficientes. Las siete herramientas básicas de la calidad son (Talavera, 2012, p. 15):

Diagrama Causa – Efecto. También llamado diagrama Ishikawa o espina de pescado, ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de efectos deseados, donde se ve rápidamente y de forma clara cuáles son las causas, problemas para analizar y cómo se relacionan con la dificultad, con esta herramienta de análisis se puede detectar la relación entre un indicador de calidad y los factores que contribuyen a su existencia.

Hoja de Comprobación. Esta herramienta es utilizada para reunir datos y clasificarlos en categorías, mediante el registro de sus frecuencias bajo la forma de datos, estos registros son relativos a la ocurrencia de determinados sucesos.

Histograma. Conocido como gráfico de barras, representa la distribución de frecuencias de un conjunto de datos, es una visión gráfica y clara de las variables del sistema, permite mostrar y comparar los resultados de un cambio en el proceso, de forma objetiva la calidad de un producto.

Diagrama de Pareto. Método de análisis que permite identificar las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las menos (los muchos y triviales) también conocido como la regla del 80-20, es una herramienta que facilita la toma de decisiones en función de la prioridad de los problemas o las causas que los generan por lo tanto, el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan.

Diagrama de Dispersión. Esta herramienta gráfica permite analizar si hay algún tipo de relación entre 2 variables, calculando el coeficiente de correlación se puede ver el grado de relación entre ambas y si es negativo, positivo o nulo.

Estratificación. Procedimiento consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características que muestra gráficamente la distribución de los datos que proceden de fuentes o condiciones diferentes".

Gráficos de Control. Es una herramienta estadística utilizada para controlar y mejorar un proceso mediante el análisis de su variación a través del tiempo, donde toda la información debe ser estratificada de acuerdo a departamentos y acciones específicas con el objeto de asegurarse de los factores asumidos y poder aislar la causa de un problema".

La principal herramienta para el control de un proceso es la carta de control, ya que este debe ser estable o repetitivo para que cumpla los requisitos de un cliente, las causas que generan un nivel inaceptable del desempeño como máquinas defectuosas, métodos deficientes, diferencias entre trabajadores, etc.; que representan una gran variabilidad, por lo que el proceso se lo considera que está fuera de control.

Los gráficos de control, están formadas por una línea central que representa el valor medio, de dos líneas horizontales que representan el límite de control

superior e inferior, si se observa que un punto se encuentra fuera de estos límites, se considera que el proceso está fuera de control y se debe realizar una acción correctiva, para lo cual se aplica las siguientes normas, (Talavera, 2012, p. 76):

Norma 1: Cuando un punto está fuera de los límites de control, puede estar señalando la ausencia de control del proceso, como se indica en la Figura 1.7.

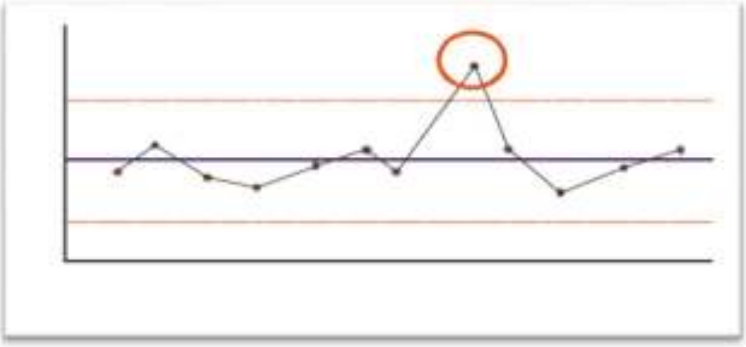


Figura 1.7. Un punto fuera de los límites de control

(Talavera, 2012, p. 76)

Norma 2: Cuando 2 ó 3 puntos continuos están en el mismo lado con respecto a la línea del medio, en la Figura 1.8, se representa como más de dos unidades están alejados de esta línea, se determina una falta de control del proceso, si el tercer punto consecutivo está alejado de la línea media en la medida indicada, pero en el otro lado, la misma conclusión sería válida.

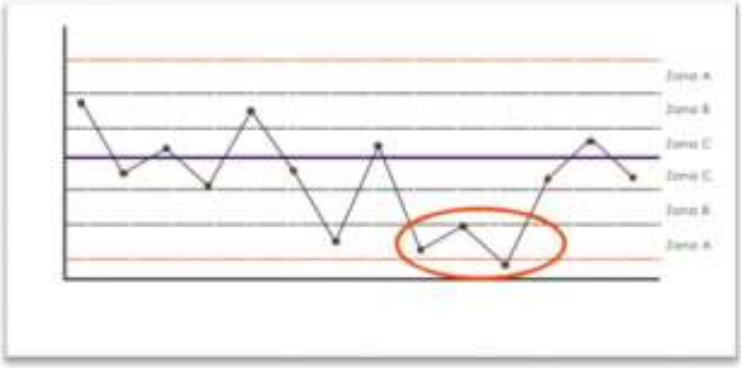


Figura 1.8. Dos o tres puntos sucesivos están fuera de la línea central

(Talavera, 2012, p. 76)

Norma 3: Cuando se tiene 4 ó 5 valores continuos que se sitúan en el mismo lado y se encuentran apartados de la línea central más de 1 sigma, como se indica en la Figura 1.9, existe una inestabilidad en el control del proceso.

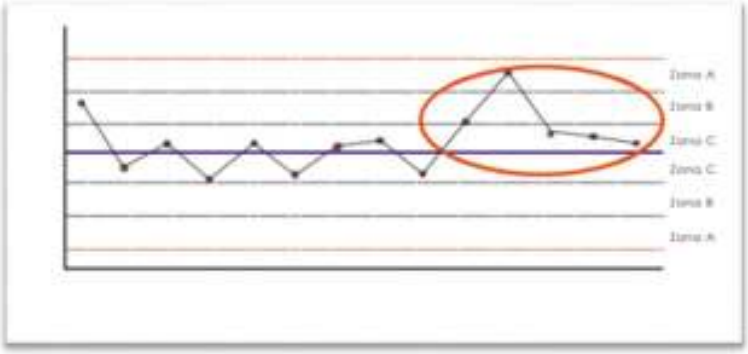


Figura 1.9. Cuatro o cinco valores sucesivos caen en el mismo lado de la línea

(Talavera, 2012, p. 76)

Norma 4: Igualmente se indica en la Figura 1.10, donde la falta de control se da cuando al menos 7 valores sucesivos están situados en el mismo lado de la línea central, esto muestra una inadecuada distribución de esos puntos.

Figura 1.10. Ocho puntos sucesivos están en el mismo lado

(Talavera, 2012, p. 76)

Los gráficos de control ayudan a determinar un aumento de la productividad y disminuir los costos, ya que previenen la producción de productos defectuosos manteniendo el proceso bajo un control estadístico, ya que refleja los indicios sobre las causas del problema.

2. METODOLOGÍA

2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS HOSPITALARIOS

Uno de los objetivos de implementar Lean Production, en una empresa es conocer los problemas en el proceso productivo, ya sean por incumplimiento de la demanda, inventarios excesivos o sobre procesos.

Para estar al tanto de la operatividad de la planta se realizó el levantamiento de la información técnica en campo, a través de observaciones en el sistema de tratamiento y entrevistas al líder de la planta y operadores quienes proporcionaron datos administrativos, operativos y la base de datos de las cantidades de los desechos hospitalarios que ingresan así como también de las cantidades tratadas en el sistema de auto clavado y las que son depositadas en el cubeto de disposición final (Anexo II), de los últimos 5 meses (septiembre 2017 - enero 2018), precedentes al inicio de este documento.

Con la información obtenida se calculó la demanda diaria de generación de desechos, es decir, el promedio mensual de los residuos generados en el periodo septiembre 2017 – enero 2018 dividido para el número de días laborables al mes (22 días).

Los parámetros del proceso del sistema de tratamiento, como temperatura, presión de vapor, capacidad de diseño y mano de obra, serán obtenidos del manual operativo. Para la identificación de los tipos de procesos estratégicos, operativos y de apoyo se realizó una observación directa en el sitio de trabajo, con esta información se estableció un diagrama de operación.

Con la ayuda de los operadores se determinó a fondo las principales actividades que se realizan tanto en los subprocesos, así como también en el proceso productivo que se va analizar, con el fin de conseguir la mayor información posible y los datos que más determinan valor.

El primer paso para la obtención de los datos es realizar la caracterización de la planta respecto a las actividades que se desarrollan durante un turno de operación, en donde se elaboró una hoja de registros de datos (Anexo III), con

las actividades y tiempos que se realizó se establece el flujo de valor, determinando los tipos de actividades que se llevan a cabo, además se registraran las inspecciones, se analizó los retrasos de los desplazamientos y los tiempos de almacenaje a medida que la planta opera.

En el cursograma analítico del proceso, las actividades que se desarrollan como operación se representan con un círculo, las actividades de transporte con una flecha pequeña, la que se define como movimiento de un objeto de un lugar a otro; un retraso del proceso se representa con una letra D mayúscula, se lo asignó cuando una parte del proceso no puede ser concretada inmediatamente en la siguiente actividad, finalmente un triángulo equilátero invertido representa el almacenaje.

Se describió cada actividad del proceso por medio de una circunferencia, se indicó los tiempos asignados para las actividades y los momentos de espera de los movimientos de transporte, posteriormente se conectan las actividades consecutivas con una línea.

En cada diagrama se incluyó las demoras y tiempos de acopio, ya que a medida que permanezca más tiempo en almacenamiento, mayor será el costo que se genera es así como el tiempo que se debe esperar, aumenta al momento de la entrega.

Del cursograma analítico se seleccionó los procesos que llevan a cabo actividades iguales de operación, se reagrupa en una familia, para la selección de un flujo de valor se utilizó la matriz de Productos vs Procesos, la misma que se elaboró con la siguiente información:

- El tipo de producto.
- Colocar en la matriz las actividades que se realizan en el proceso.
- Analizar los detalles de cada producto.
- Registrar las actividades especiales necesarias.
- Agrupar los productos que contengan similares actividades.
- Por último, se identificó la familia de mayor prioridad.

Para la obtención de los tiempos de las actividades que se realizan en el proceso de tratamiento, se lo hizo en el turno de la mañana con un grupo de trabajadores que se les considere con un desempeño más elevado al resto del grupo de operarios, en base al análisis del líder de la planta ya que los mismos cuentan con mayor experiencia, habilidad y capacitaciones.

Con el apoyo del personal operativo se obtuvo los datos, por lo que se darán instrucciones relevantes para que sea de conocimiento de todo el personal, a la hora de obtener datos correspondientes a los tiempos de operación se lo realizó por medio de un cronómetro, se tomó lecturas de cada actividad correspondiente, a la hora de inicio y la hora en que finaliza respectivamente, tanto en operaciones manuales así como también en la maquinaria, tiempo disponible de la maquinaria y el tiempo disponible del personal.

La obtención de los tiempos se lo realizó con el método de cronometraje:

1. Se determinó el proceso a cronometrar.
2. Registrar por observación directa el tiempo empleado.
3. Definir los datos del método utilizado.
4. Separar los elementos extraños e improductivos.
5. Se determinó el tiempo estándar de una operación agregándole el tiempo adicional de descanso (tolerancia).
6. Obtener el tiempo estándar para la serie de actividades.

En una tabla se registró el inicio y fin de cada medición lo cual servirá para determinar el tiempo estándar con el que debe contar un operador bien capacitado, que conozca el proceso, el método y el producto.

Los pasos que se siguió para la obtención de tiempos estándar:

1. Analizar las actividades, es decir identificar el equipo, la operación a realizar y las obligaciones principales del operador.
2. Definir los elementos ya sean constantes o variables.
3. Elaborar hojas de trabajo.

4. Registrar el apoyo para el tiempo estándar establecido.
5. Registrar los tiempos de las tareas.
6. Establecer tolerancias para compensar a los trabajadores por las interrupciones de las actividades principales.

El siguiente paso consiste recopilar datos sobre el tiempo de ciclo de cada operación, donde el tiempo de ciclo es igual al tiempo de trabajo manual más el tiempo que se demora en desplazarse para realizar una actividad en específica, trabajo realizado en una máquina o manualmente esta información se lo representa por medio de un cursograma analítico del proceso de acuerdo al Anexo IV.

2.1.1. VSM ACTUAL

Para la elaboración del VSM, se empleó Smartdraw y Microsoft Visio donde se realizan los íconos mencionados en la Figura 1.3 del primer capítulo referente a la elaboración del Mapa de Flujo de Valor (VSM).

Los pasos que se seguirán para la construcción del VSM son:

- Determinar las actividades actuales de la planta, colocar los símbolos que representa al cliente, proveedor y control de la producción.
- Elegir el producto que va ser objeto del análisis.
- Registrar en el mapa al cliente en la parte superior derecha y al generador en la parte superior izquierda.
- Representar las etapas básicas del proceso como es la demanda mensual, la demanda diaria, en esta etapa además se calcula el tack time, al dividir el tiempo de producción disponible es decir el tiempo de trabajo por el turno, la cantidad total requerida o demandada del cliente, mediante la Ecuación 1.5 mencionada en el capítulo 1.
- Con ayuda del jefe de la planta se determinó los flujos de materia prima y de las comunicaciones del proceso, desde el abastecimiento hasta la disposición final.

- Se agregan los procesos, que se realizan en la planta de tratamiento de desechos hospitalarios: pesaje, descarga, clasificación, tratamiento y disposición.
- Se compiló la información primordial de cada fase del proceso, como es los tiempos de ciclo, momentos de cambio, número de operarios y tamaño del lote, estos datos se colocan debajo de cada subproceso, se representan con una caja en la que describa el nombre del proceso y los datos obtenidos:
  - El tiempo de ciclo es igual a la suma del tiempo del operador con el tiempo de la máquina para cada actividad.
  - El tiempo de cambio es la cantidad de tiempo que transcurre entre cada actividad que se lo obtiene de la tabla de registro de tiempos.
- Se representa los inventarios entre operaciones, se realizará el cálculo de los inventarios que se encuentran antes de cada operación por medio de la Ecuación 1.10.
  - El inventario de desecho se obtiene al dividir la cantidad de desecho ingresado para la demanda diaria.
  - El inventario del desecho clasificado se obtiene al dividir la cantidad de desecho clasificado para la demanda diaria.
  - El inventario de desecho tratado se obtiene al dividir la cantidad del lote procesado para la demanda diaria.
- Se indicó el flujo de comunicación, entre el cliente y los departamentos de insumos, producción y proveedores.
- Se calculó los tiempos de entrega por medio de la Ecuación 1.1 y los tiempos de valor agregado (VA) y los tiempos de valor no agregado (NVA) por medio de las Ecuaciones 1.3 y 1.5 respectivamente.
- Una vez realizado el Mapa de Flujo de Valor se dibuja la línea de tiempo en el cual constan los tiempos de inventario y tiempos de ciclo de cada proceso.

- Calcular el lead time del proceso que es la sumatoria de los tiempos que transcurren durante todo el proceso de principio a fin.

Al realizar el VSM actual se dio una visión general de lo que sucede en la planta y de los inconvenientes que se tienen para cumplir con la demanda establecida, con la aplicación de las técnicas que propone el Sistema Lean Production se eliminará los desperdicios al seguir los siguientes pasos:

- Identificar y definir un plan para eliminar las pérdidas y mejorar en el enfoque, que contempla indicadores de control y seguimiento, además los respectivos responsables.
- Revisar diariamente el avance de las actividades planteadas mediante los indicadores que se han establecido en el plan de acción.
- Toda la información recopilada, se debe obtener directamente en la planta cuando se encuentre en funcionamiento, que refleje la realidad del instante en que se realiza el VSM.

Análisis de los desperdicios

Por medio de una hoja de verificación, se determinó las principales causas que generan el problema en el VSM actual, el análisis se lo realizará en base a los siete desperdicios de Muda.

El análisis se lo realizó en conjunto con los operadores y el jefe de la planta de tratamiento, al determinar los defectos que se les ha presentado en base a su experiencia y recordación, los datos se ordenan en forma descendente conforme a la cantidad de veces que han ocurrido durante un mes de trabajo, posteriormente se determinó el porcentaje real y el porcentaje acumulado.

Mediante el diagrama de Pareto, se identificó los defectos de mayor interés y serán medidos con una misma escala para ser ordenados en forma descendente, como una distribución acumulativa, por lo general el 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; en función del 80 - 20.

Para construir el diagrama de Ishikawa se empleó las 6M (mano de Obra, método, maquinaria, medio, mantenimiento y materiales) y se lo realizó de la siguiente manera:

1. Definir el problema o defecto analizar.
2. Formar el equipo para realizar el análisis de la causa a través de lluvia de ideas.
3. Dibujar el cuadro con el defecto y la línea central.
4. Especificar las principales categorías en base a las 6M, las causas potenciales y se unirán a ellas con cuadros conectados a la línea central.
5. Identificar las causas posibles y clasificarlas en las categorías.
6. Clasificar las causas para identificar aquellas que parecen tener mayor probabilidad de afectar el problema.
7. Tomar medidas correctivas.

Para la ejecución del plan de acción se realizó por medio del método de control de procesos estadísticos SPC, donde se identifica:

1. El problema o defecto analizar.
2. Las causas posibles que se detectó por medio del diagrama de Ishikawa.
3. Las acciones a tomar en consideración para contrarrestar las causas.
4. El responsable de ejecutar la acción.
5. Las observaciones si fuera necesario.

2.1.2. VSM PROYECTADO

Con la información de las etapas anteriores y con los comentarios de los operadores se determinarán los desperdicios que ocasionan un aumento en el tiempo de procesamiento.

Una vez determinada la actividad que genera una Muda de tipo II se determinará el nuevo flujo de valor por medio de la matriz de Productos vs Procesos.

Como ayuda para poder determinar el nuevo VSM proyectado se realizó:

- Un diseño de la distribución actual de la planta Layout del proceso en situ.
- En conjunto con el jefe de planta, se asignó tareas a todos los puestos de trabajo, para observar si hay operaciones sin valor añadido, esperas o desplazamientos innecesarios.

Los nuevos tiempos se los representó en el VSM, también se menciona el flujo de la información que lo realiza el líder de la planta.

El método que se aplicó en la elaboración del VSM proyectado será la siguiente:

1. Elaborar íconos correspondientes a los clientes, proveedores y control de producción con asistencia del líder de operación en base a los registros y control visual de la planta.
2. Identificar las demandas de desecho en el proceso de tratamiento por día, que se lo obtiene del promedio de los datos obtenidos de báscula.
3. El takt time, se obtendrá al dividir el tiempo de producción es decir el tiempo disponible de trabajo por turno, sobre la cantidad total requerida o la demanda del cliente por turno, mediante la Ecuación 1.5 mencionada en el Capítulo 1.
4. Diseñar la frecuencia de entrega con íconos logísticos.
5. Determinar los cajones de los procesos consecutivos, de izquierda a derecha sin considerar el proceso que no genera valor.
6. Asignar los datos de cada proceso en la parte inferior y la línea de tiempo debajo de las cajas.
7. Añadir las flechas de información y asignar los métodos y frecuencias tanto de comunicación interna, así como también electrónica proporcionado por el líder de la planta.

8. Obtener los datos de los procesos y agregarlos a cada caja de datos, como son los tiempos de ciclo (CT), los tiempos de cambio (ST) y los tamaños de lote.
9. En este nuevo VSM es necesario agregar los símbolos y el número de los operadores que realizan cada actividad, la cantidad se lo determina con el líder de la planta.
10. Determinar los sitios de inventario y calcular el tiempo de permanencia con la Ecuación 1.10 para cada actividad del flujo de valor.
11. Asignar flechas de flujo y de información que pueda ser útil.
12. Incrementar datos de tiempo, de los turnos al día, los tiempos de descanso y tiempo disponible en base a los datos obtenidos.
13. Se agregó horas de trabajo valor agregado y tiempos de entrega en la línea de tiempo por medio de la Ecuación 1.8.
14. Calcular el tiempo de ciclo de valor no agregado total y el tiempo total de procesamiento por medio de la Ecuación 1.9.
15. Se determinó el nuevo valor de lead time.

Además, se realizó una descripción de todas las áreas de la planta de tratamiento de desechos hospitalarios conforme a las actividades en forma secuencial de todas las operaciones que contempla el proceso de tratamiento del desecho hospitalario.

Con los operadores se hará un levantamiento de la ubicación de los equipos y maquinaria como: autoclaves, calderos, sistema de agua de operación, tratamiento de aguas residuales para determinar nuevas rutas de operación.

2.2. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS RECOPILADOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE STATGRAPHICS

Para el análisis de cartas de control se obtuvo 22 muestras en subgrupos de tamaño n=5, a partir de los datos obtenidos (Anexo II), en el periodo comprendido desde septiembre 2017 a enero 2018, se realizó el análisis por

medio de la herramienta informática STATGRAPHICS, el cual permite de una forma gráfica poder representar cartas de control para evaluar y poder determinar el proceso.

Este proceso de tratamiento requiere un control constante de las variables, se realizó cartas de control que permitan visualizar el comportamiento del proceso de tratamiento, se comprobará la eficiencia de la producción de la planta y con los límites de control obtenidos servirán para controlar la producción actual y futura.

Aplicación de Statgraphics

Se empleó una carta de control de tipo X-bar and R charts, donde los resultados obtenidos del programa deben ser fáciles de entender y fáciles de interpretar, el programa estableció a detalle el cálculo de los límites de control, a partir de estas gráficas y por medio de las condiciones establecidas en el capítulo 1, si el proceso está bajo control, es decir que no presenta puntos fuera de los límites inferior y superior.

Luego del análisis de las cartas de control se puede determinar los factores que limitan la producción en el proceso actual de trabajo, si se observa que un punto se encuentra fuera de estos límites, se consideró que el proceso está fuera de control y se debe realizar una acción correctiva.

2.3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN PRODUCTION

Depende de la situación de la empresa, sus características y su desempeño se enfocará una configuración lean, para eso es preciso planificar un proyecto relacionado con la situación y con los objetivos bien determinados a corto, medio y largo plazo.

El plan de mejora se basó en los siguientes aspectos:

- Planificar detalladamente las técnicas implementadas, establecer metas concretas, tareas, duración y suministrar los medios necesarios para llevarlo a cabo.
- Definir los indicadores de seguimiento del proyecto de modo que se conozcan perfectamente las actividades del proceso.

- Organizar equipos de trabajo, donde intervengan los medios jerárquicos, sus funciones y la metodología operativa.

2.3.1. FASE DE ESTUDIO

Con el fin de obtener la mayor eficiencia de la producción, el sistema de mejora contempló diferentes escenarios los cuales son las 5S, para determinar la ponderación para cada revisión que se realiza se estableció una calificación de 1 a 5, en donde 1 indica que no se está aplicando las 5S y un valor de 5 que sí se está aplicando las 5S, esta evaluación se lo realiza mediante la plantilla del Anexo V.

Una vez obtenida la evaluación de la planta en base a las 5S, se compara con la Tabla 1.2 de los niveles de valoración para 5S, del Capítulo 1, con este análisis se puede dar solución a todas las observaciones encontradas y analizadas en conjunto con los operadores.

Determinadas las observaciones en conjunto con el líder de la planta se elaboró una tarjeta roja, la cual es colocada sobre el objeto u observación detallada, con el fin de hacer cumplir con las indicaciones que constan en la misma.

Con la mejora de la eficiencia del sistema de tratamiento, luego de un estudio minucioso de las actividades que contemplan el proceso de tratamiento, se mantendrá el control de las 5S, para la obtención del producto terminado, ya que mediante estas actividades se podrá generar un aporte de valor agregado en el sistema de tratamiento y un mejoramiento de la calidad.

2.3.2. ESTABILIZACIÓN DE MEJORAS

Para este punto se empleó la técnica TPM (Total Productive Maintenance), en relación con la efectividad total del equipo se calculará el OEE por medio de la Ecuación 1.3 y para determinar la disponibilidad, eficiencia y calidad se empleó la Ecuación 1.4 del capítulo 1 respectivamente.

Una vez determinada la efectividad de la maquinaria el líder de la planta puede determinar:

- Efectividad y eficacia de los equipos y procesos con las mejoras implementadas.
- Centrar la atención del operario como técnico de la máquina mediante un mantenimiento autónomo.
- Reducir los problemas de las máquinas a través de mantenimientos planificados.
- Mejorar la calidad del producto mediante un mantenimiento preventivo.
- Prevenir averías al aplicar técnicas de mantenimiento predictivo.

2.3.3. ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO

La implementación de las técnicas mencionadas en el capítulo 1 permite enfrentar las actividades en extensión con el sistema lean al relacionarlas con la optimización de los procesos de trabajo y el control de la gestión.

Los estándares fueron analizados en todos los procesos de la planta, de tal manera que donde intervenga mano de obra, materiales, máquinas, métodos, mediciones y mantenimientos debe existir un estándar, se realizó un listado en conjunto con el líder de la planta para determinar las actividades y procesos que se van estandarizar y llevar un proceso de control como:

- Actividades del proceso.
- Tiempos de producción.
- Sistematización del proceso modificado.
- Adecuación de la mano de obra a la capacidad de demanda.
- Capacidad de la planta.
- Problemas de servicios de reparación y mantenimiento.
- Control de calidad.
- Detección de los accidentes y lesiones.
- Paradas de producción
- Control de inventarios
- Manejo de materia prima.

2.3.4. PRODUCCIÓN EN FLUJO CONTINUO

Con el método Heijunka se pretende obtener un proceso Pull, con la finalidad de cumplir con la cantidad, tiempo y lugar requeridos con niveles de desperdicio próximos a cero.

Se realizó un esquema de un Layout de la planta donde se interprete las actividades en una celda de producción en forma de “U”, con la finalidad de disminuir los tiempos de desplazamiento, disminuir el tiempo de procesamiento y reducir los desperdicios.

Para llevar a cabo la implementación del Kanban en una planta es necesario realizar las siguientes etapas:

1. Dibujar el layout de la célula de trabajo.
2. Determinar la ubicación de la maquinaria y equipos.
3. Determinar la trayectoria de los movimientos.
4. Llenar la información requerida en el kanban.
5. Colocar en el área de trabajo.

La tarjeta se la diseñó en conjunto con el líder de la planta con el fin de facilitar la información referente al tipo de producto que se va a realizar, código, cantidad, orden de producción, etc. Toda esta información es colocada en las tarjetas con el fin de evitar errores en el proceso de tratamiento o en el momento de realizar informes con los pesos.

El método para el cálculo del número kanban, se lo representa con la Ecuación 1.7 del Capítulo 1 y el tiempo de reabastecimiento, se lo calculó mediante la Ecuación 1.8 del mismo capítulo.

Mejora Continua

Para ello se utilizaron técnicas sencillas como las siete herramientas de control de calidad: hoja de control, diagramas de Pareto, diagramas de causa-efecto, método de control de proceso y gráficas de control.

Las fases para la implantación de la técnica KAIZEN son:

- Definir los objetivos.
- Constituir el equipo de trabajo.

- Analizar la situación actual del problema y determinación de sus causas.
- Formular y ejecutar del plan de mejora.
- Revisar los cambios de la mejora deseada.
- Estandarizar el proceso con la mejora obtenida.

Las técnicas lean conceptualmente, pueden ser ejecutadas con éxito en una organización de forma sencilla sin emplear complejos sistemas de información, o, al contrario, mediante un sistema informático alcanzar un alto nivel de control y seguimiento.

Es por eso que se esquematizó un modelo de sistema Lean en base a un VSM, para que el líder de la planta pueda obtener con facilidad la información más importante de forma visual del sistema en especial las actividades, procesos y productos, con herramientas que desplieguen los datos en tiempo real, producciones, paradas y cualquier incidencia a nivel de máquina o célula de producción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS HOSPITALARIOS.

Los centros de salud del Distrito Metropolitano de Quito generan aproximadamente 240 000 kg mensuales de desechos hospitalarios Tipo I (Anexo I), los cuales la EMGIRS-EP se encarga de hacer el transporte, tratamiento y disposición final diferenciada en el Relleno Sanitario de El Inga.

Actualmente se cuenta con un aproximado de 2 600 usuarios que demandan de este servicio de gestión integral de desechos, su generación varía desde 1 kg hasta 20 000 kg mensual, al considerar los usuarios de carácter público y privado, la planta de desechos hospitalarios ubicado en el Relleno Sanitario de Quito, cuenta con la funcionalidad de operación y del personal necesario para el tratamiento de 1 000 kg/h de residuos.

Actualmente se trata un promedio de 12 toneladas al día, motivo que la generación de desechos hospitalarios se incrementa porcentualmente en el tiempo y que la cantidad de establecimientos de salud también crece paulatinamente, el servicio de tratamiento debe contemplar cubrir con la demanda requerida en la ciudad.

Para poder determinar la operatividad del tratamiento se realizó un estudio técnico y de campo de las instalaciones de la planta de tratamiento de desechos hospitalarios, con la finalidad de recopilar información del sistema de la base de datos de la báscula del Relleno Sanitario, de la cantidad de desecho ingresado así como también de la cantidad de desecho tratado y que se ha realizado la disposición final, para poder contar con una información actualizada y detallada, en la Tabla 3.1 se muestra un resumen de los datos obtenidos del proceso que se ha tratado y dispuesto durante 5 meses, en este punto se recopilaron datos históricos de producción (Ver Anexo II) y la revisión de análisis de laboratorio del desecho tratado para determinar la eficiencia del proceso (Ver Anexo VI).

Tabla 3.1. Datos obtenidos de báscula

DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHO TRATADO EN KG					
No.	**Sep-17**	**Oct-17**	**Nov-17**	**Dic-17**	**Ene-18**
1	10810	19390	14780	12060	20380
2	17070	9810	9350	25170	13540
3	10180	11010	16810	11970	9840
4	11780	9190	9820	13210	11140
5	12470	11480	10620	15490	21590
6	12410	19880	8440	14230	13960
7	19670	13590	14900	11560	12420
8	11410	10240	20660	9840	9650
9	13620	11090	9550	12050	13300
10	10850	21760	11920	10330	19000
11	11210	9980	9060	16710	14630
12	19500	11580	12840	9750	13670
13	9970	9110	18590	10820	9390
14	12590	12440	9440	9630	15450
15	11570	20850	13590	7730	19320
16	13680	10090	8900	17570	12190
17	18160	11490	11730	8440	11850
18	10020	8990	19580	11110	12340
19	10980	13170	10080	19650	15940
20	11340	20560	10320		16660
21	12220	11150	9850		16030
22					12760

La recolección del desecho hospitalario se lo realiza con cuatro vehículos recolectores tipo camión con furgón, que sumada su capacidad corresponde a 16 ton aproximadamente por medio de una contratista externa a la empresa.

Los datos de operación que se obtuvieron de la Planta de Desechos Hospitalarios de la empresa EMGIRS EP, se pude evidenciar en la Tabla 3.2, donde nos indica la temperatura mínima requerida para la operación de las autoclaves y la eliminación de microrganismos a través de la esterilización, la presión de vapor a la que trabajan los equipos, el tiempo de ciclo, capacidad de tratamiento en un ciclo y los turnos de operación de la planta.

Tabla 3.2. Parámetros del proceso de tratamiento en la autoclave

VARIABLE	ATRIBUTO
Temperatura de tratamiento	140 °C
Presión	45 psi
Tiempo de ciclo de tratamiento en autoclave	15 min
Capacidad de diseño operativo	1 ton/h
Turnos operativos	2 turnos de 8 h

Para una ejecución eficaz del Sistema Lean, se realizó un estudio organizacional en base a los datos reales conseguidos en la planta, donde permita visualizar de mejor manera y juzgar las condiciones en las que se desarrolla el proceso, los datos obtenidos hacen referencia a los procesos que se realizan, las cantidades de volumen y las capacidades de cada máquina, con la finalidad de conformar el ritmo de producción en base a la demanda, se determinó datos referentes a los procesos y subprocesos, capacidad, tiempos, calidad, maquinaria, personal y recursos empleados.

Es necesario conocer a fondo el proceso productivo que se va analizar con la finalidad de que no se pierda la información y los datos que más determinen valor.

A continuación, se menciona las actividades que se ejecutan en el proceso de tratamiento:

- Recepción y pesaje de desechos en báscula.
- Descarga de desechos sin tratar en la planta.
- Clasificación de cartones y desechos.
- Llenado de bandejas con fundas de desechos.
- Traslado e ingreso a las autoclaves.

- Proceso de tratamiento.
- Llenado de camión con desechos tratados.
- Pesaje de desechos tratados.
- Disposición de desechos tratados.

El primer paso que se realizó para la obtención de los datos, es elegir el flujo de valor como se indica en la Figura 3.1, considerando los prototipos de productos y las operaciones que se lleva a cabo, los procesos que originan operaciones iguales se agrupan formando una familia, por medio de una matriz de Productos vs Procesos de todo el proceso se determina el flujo de valor de todo el tratamiento.

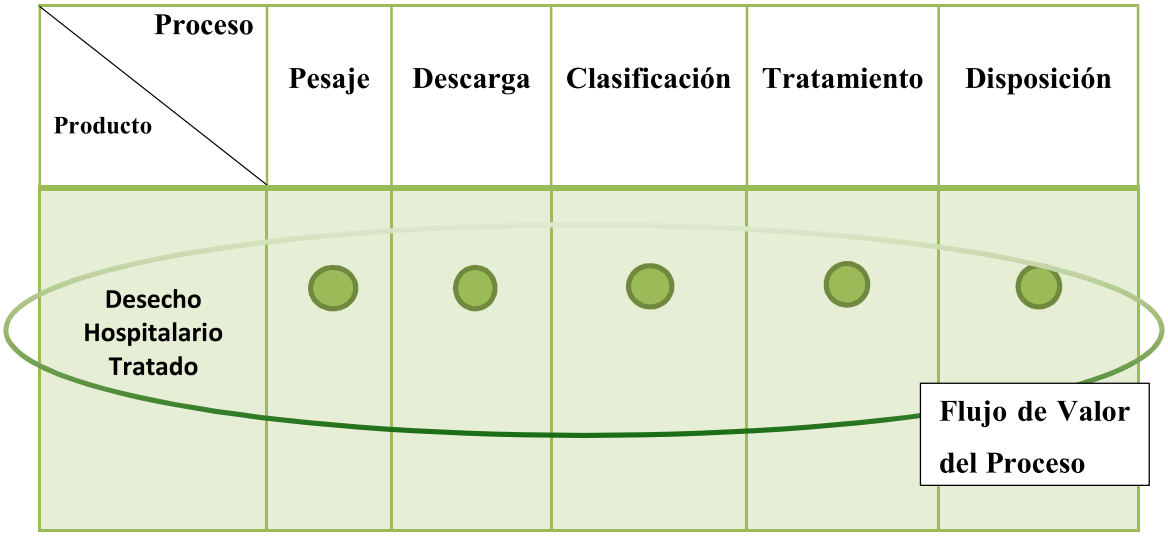


Figura 3.1. Flujo de Valor Actual del Proceso de Tratamiento

Para la obtención de los tiempos del proceso, se lo realizó con ayuda de la Tabla 3.3 como plantilla para determinar las actividades y tiempos en que se ejecutan.

Tabla 3.3. Registro de tiempos obtenidos en el proceso de tratamiento

Hoja de Registro de Tiempos del Proceso de Tratamiento							
Nombre de la actividad:						Tag No:	
Cantidad procesada:							
		Inicio			Fin		
Etapa	Departamento.	Fecha	Hora:Min	Actividad	Fecha	Hora:Min	Notas
1	Báscula		9:45	Recepción y pesaje		9:50	
2	PTDH		9:50	Traslado a la planta		9:55	
3	PTDH		9:55	Descarga de desechos en la planta		10:05	
4	PTDH		10:05	Almacenamiento desecho ingresado		10:15	
5	PTDH		10:15	Clasificación de cartones y desechos		10:20	
6	PTDH		10:20	Llenado de bandejas con fundas de desechos		10:24	
7	PTDH		10:24	Traslado e ingreso a las autoclaves en coches específicos		10:30	
8	PTDH		7:00	Revisión de nivel de agua		7:10	
9	PTDH		7:10	Encendido de caldero		7:25	
10	PTDH		9:00	Encendido de Autoclave		9:20	
11	PTDH		10:30	Programación del Autoclave		10:32	
12	PTDH		10:32	Proceso de tratamiento		10:47	
13	PTDH		10:47	Enfriamiento del desecho		10:50	
14	PTDH		10:50	Retiro de desechos tratados		11:00	
15	PTDH		11:00	Almacenamiento de desechos procesados		11:05	
16	PTDH		11:05	Llenado de camión		11:15	
17	PTDH		11:15	Traslado a báscula		11:20	
18	Báscula		11:20	Pesaje de desechos tratados		11:25	
19	Cubeto		11:25	Traslado a la celda de disposición		11:40	
20	Cubeto		11:40	Disposición de desechos tratados		11:45	
21	PTDH		11:45	Traslado de camión a la planta		12:00	
22	PTDH		11:20	Limpieza de áreas de operación		12:00	

En la Figura 3.2 se representa el diagrama de operación del proceso de tratamiento de Desechos Hospitalarios, en el cual se identifica el proceso y subprocesos del sistema.

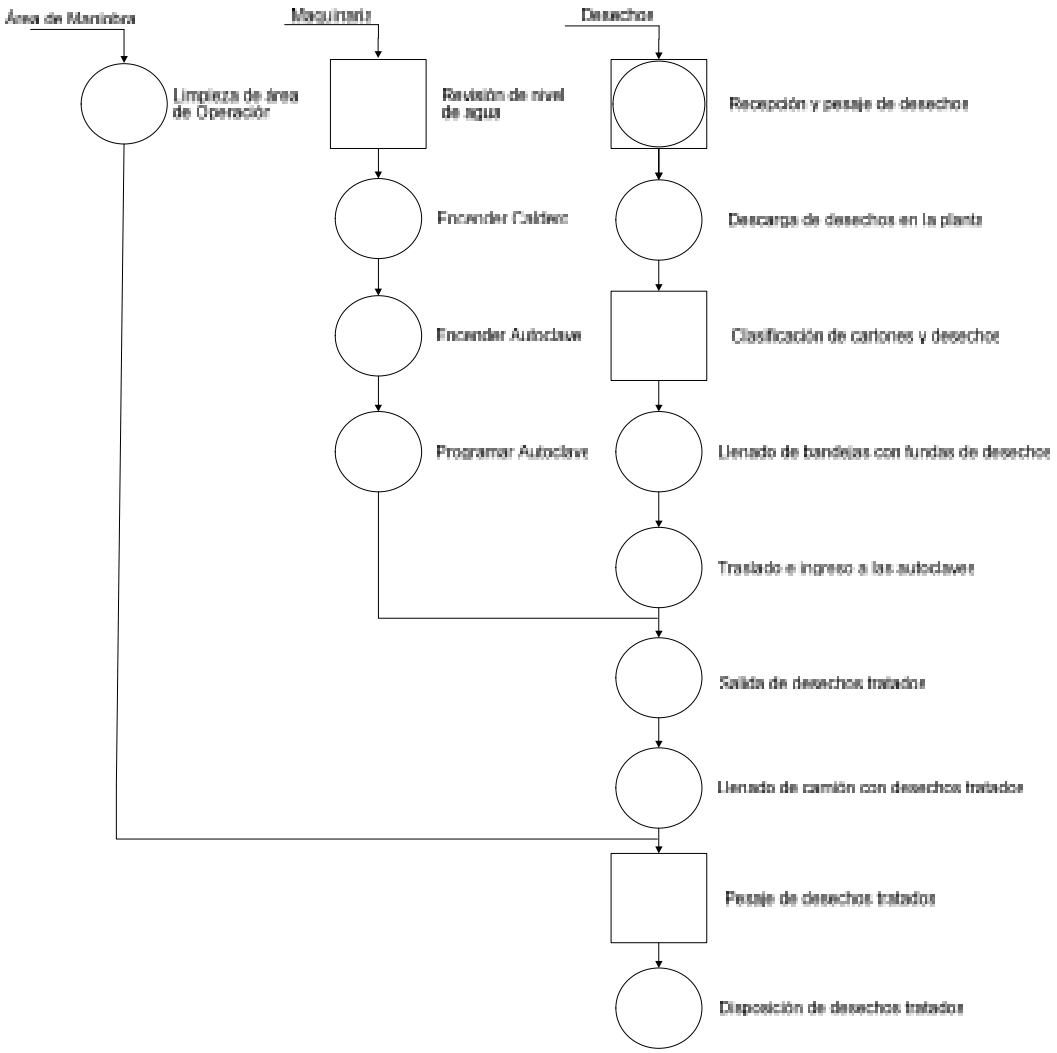


Figura 3.2. Diagrama de Operación de las Actividades del Proceso

La recopilación de los datos del tiempo de ciclo de cada operación, se lo obtuvo del tiempo de trabajo manual más el tiempo de trabajo realizado en las máquinas.

Con el apoyo del personal operativo se logró tomar los tiempos, fue de conocimiento del personal, a la hora de medir los períodos correspondientes a los tiempos de operación en la máquina, tiempo disponible del personal y

recorridos que se realizan, en la Tabla 3.4 se describe las actividades y tiempos que se realizan en las actividades.

Tabla 3.4. Cursograma analítico del proceso de tratamiento

CURSOGRAMA ANALITICO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO									
DIAGRAMA OBJETO: Proceso de Auto clavado METODO: Actual LUGAR: Planta de Tratamiento de Desechos Hospitalarios	**ACTIVIDAD**			**ACTUAL**	**PROPUESTA**				
	Operación			9					
	Transporte			5					
	Espera			2					
	Inspección			4					
	Almacenamiento			2					
	Distancia (metros)			1352					
	Tiempo (min)			144					
DESCRIPCION	**Can.**	**Distan.**	**Tiempo**	**Generan**	**SIMBOLO**				
	Kg	**Metros**	**Min**	**VA**					
Recepción y pesaje de desechos en báscula			5					x	
Traslado de desechos a la planta		130	5			x			
Descarga de desechos en la planta			10	x	x				
Almacenar desecho ingresado		10	5						x
Clasificación de cartones y desechos			5					x	
Llenado de bandejas con fundas de desechos	1000	5	12	x	x				
Traslado e ingreso a las autoclaves en coches específicos		15	5			x			
Revisión de nivel de agua		7	2					x	
Encendido del caldero			1	x	x				
Encendido del Autoclave			1	x	x				
Programación del Autoclave		8	1	x	x				
Proceso de tratamiento			15				x		
Enfriamiento del desecho			5				x		
Retiro de desechos tratados		2	10	x	x				
Almacenamiento de desechos procesados		5	5						x
Llenado de camión con desechos tratados con ayuda de montacargas		10	10	x	x				
Traslado a báscula el desecho tratado		130	5			x			
Pesaje de desechos tratados			2					X	
Traslado a la celda de disposición		450	10			x			
Disposición de desechos tratados			15	x	x				
Traslado de camión a la planta		580	10			x			
Limpieza de áreas de operación			5	x	x				
TOTAL	1000	1352	144	9	9	5	2	4	2

Al ser máquinas independientes, el operario que manipula las tres autoclaves puede hacer que las mismas trabajen en forma paralela cuando termina de operar una máquina, como se puede ver en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Diagrama hombre – máquina del proceso

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA								
N.-	**Operador**	**T/min**	**Máquina 1**	**Tiempo**	**Máquina 2**	**Tiempo**	**Máquina 3**	**Tiempo**
1	Descarga + Carga M1	3	C + D M1	7				
1								
1		4						
1								
1	Inspección	2	TI	2				
1	Descarga + Carga M2	3	Operar M1		C + D M2	7		
1								
1		4						
1								
1	Inspección	2			TI	2		
1	Descarga + Carga M3	3			Operar M2		C + D M3	7
1								
1		4						
1								
1	Inspección	2					TI	2
1	Operación M1	2		20			Operar M3	20
1								
1		5	Tiempo Muerto	5				
1								
2	Operación 3		Nuevo Ciclo			20		

Se observa que el tiempo del ciclo para una pieza está determinado por el tiempo que se demore el operario en el trabajo externo, ya que el tiempo interno está dentro del tiempo de operación de la máquina.

Los aspectos claves del Sistema Lean Production, son los conceptos de valor, flujo de valor, pull y la mejora continua, que son los aspectos operativos de la ejecución de la producción mediante un flujo regular basado en el equilibrio de puestos de trabajo y el bienestar del personal.

3.1.1. VSM ACTUAL

Para simbolizar el proceso y el flujo se lo realizó por medio del mapa de flujo de valor (VSM), el cual facilita la caracterización de las actividades de manera visual, que no contribuyen con valor al sistema, para lo cual se empleó Smartdraw y Microsoft Visio para la elaboración de los flujos.

Mediante este diagrama se identificó la secuencia de las operaciones de los procesos y elementos que se realizan en la Planta de Tratamiento, en donde se encuentran agrupados por familias en un flujo de valor de la forma más regular y constante.

Los pasos que se realizaron para esta etapa de diagnóstico fueron:

- Se identificó al cliente, al generador el que entrega el desecho y los controles con sus respectivos íconos; para este caso se cuenta con un cliente y un generador
- Se determinó la demanda del cliente y se especificó las exigencias de producción y los envíos diarios

La demanda mensual es de 305 000 kg, de desechos promedio, la empresa trabaja 22 días al mes, entonces la demanda diaria es:

$$Demanda\ diaria = \frac{305\ 000\,\frac{kg}{mes}}{22\,\frac{días}{mes}}$$

$$Demanda\ diaria = 13\ 864\ kg/día$$

La planta de tratamiento opera 16 h al día, en 2 turnos de 8 h, de manera que el tiempo disponible se calcula por medio del “Tack Time”:

$$Tack\ Time = \frac{Tp}{Ct}$$

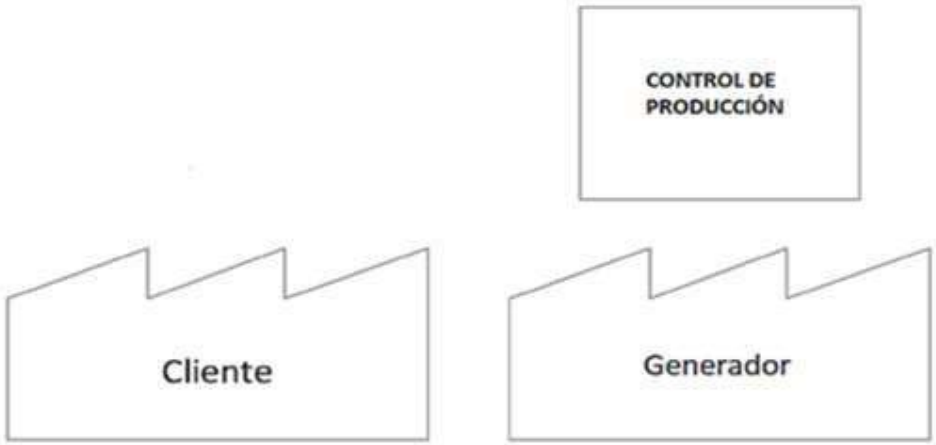
$$TT = \frac{16\ h/día}{13864\ kg/día}\,x\,\frac{60\ min}{1\ h}\,x\,\frac{60\ s}{1\ min}$$

$$TT = 4.2\ s/kg$$

En esta etapa se menciona toda la información adquirida y analizada en el VSM actual, que sirve como fuente de información global de la situación de partida, representada a través de los flujos del producto, información y materiales.

La veracidad de los datos de inicio se valida de los datos históricos, elementos, cantidades de los productos, procedimientos, equipos, contenido y tiempos de los procesos.

Paso 1: En la Figura 3.3, se determina la demanda del cliente y se calcula los requerimientos de producción y de los envíos se identificó el cliente y su generador.



Demanda Mensual	305000	kg
Demanda Diaria	13864	kg
Tack Time	4,2	s

Figura 3.3. VSM Actual Paso 1

Paso 2: En la Figura 3.4, se indica el método y la periodicidad de envío al cliente, además se realiza el plan de envío y la frecuencia del generador.

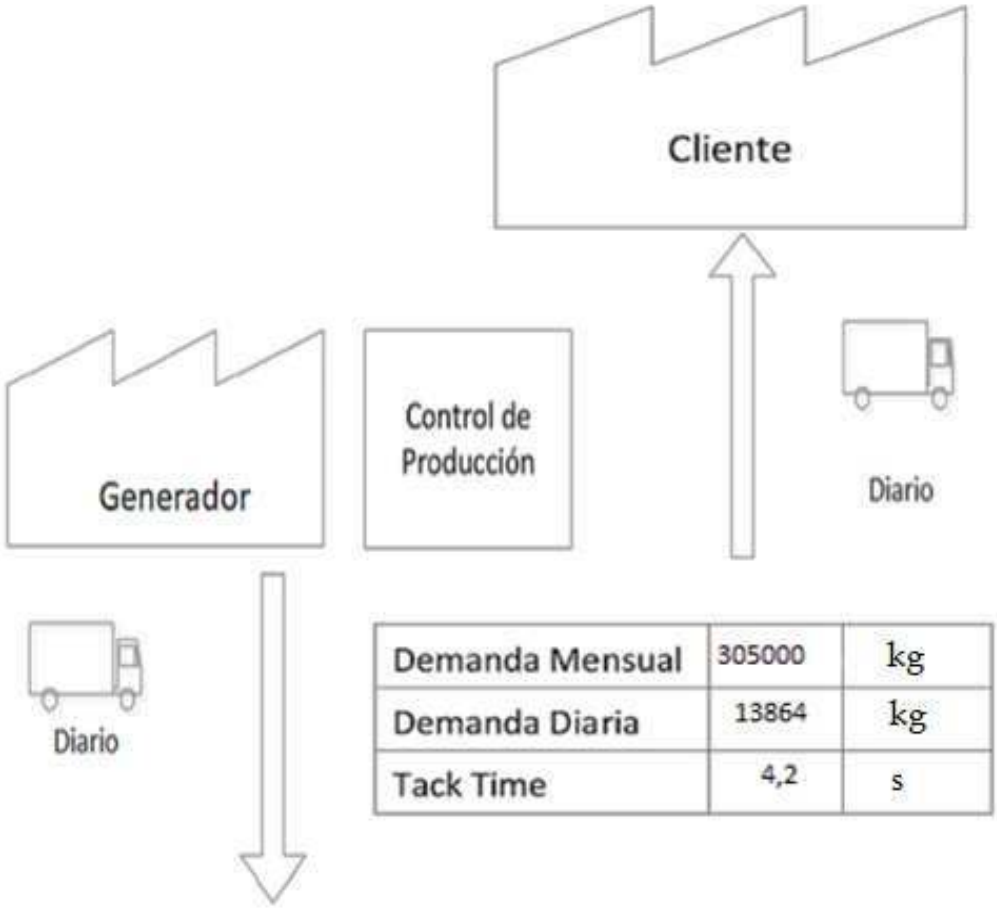


Figura 3.4. VSM Actual Paso 2

Paso 3: En la Figura 3.5, se agrega las actividades del proceso, de la planta de tratamiento que se determinó de la siguiente manera: pesaje, descarga, clasificación, tratamiento y disposición.

Se analizó la demanda efectiva del proceso, para calcular el sentido de producción requerido, en esta fase se puede facilitar mediante un análisis de la diversidad de servicios y las cantidades de producción, con este análisis se ordenan de acuerdo con los volúmenes de producción, conforme la utilización más idónea.

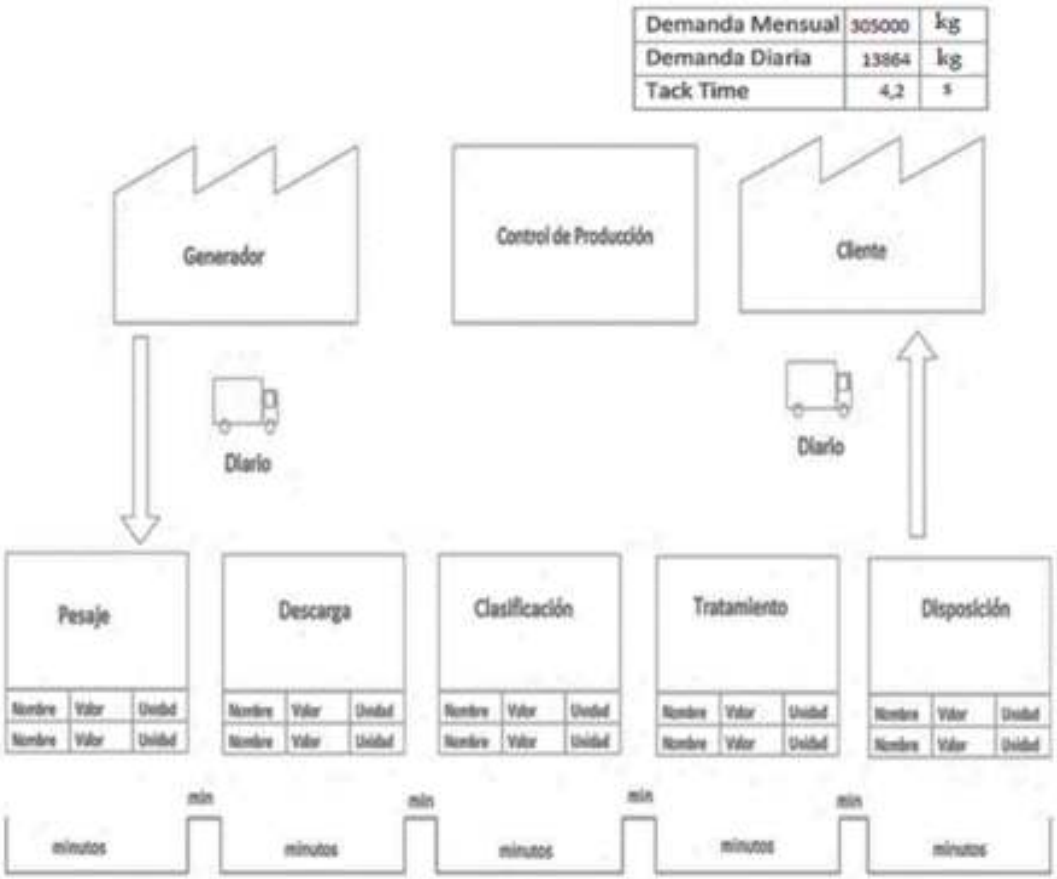


Figura 3.5. VSM Actual Paso 3

Paso 4: En la Figura 3.6 se agregaron los sistemas de información con el cliente, y el generador, además la frecuencia, mediante una línea roja zigzag se evidencia que la comunicación con los generadores y clientes se efectúa de manera electrónica, mientras que la información interna entre el grupo a cargo de la ejecución de las actividades del proceso se realiza con un documento físico y se identifica a través de una línea roja continua.

Se procedió anotar los datos en cada uno de los bloques de las actividades como es el “tiempo de ciclo” (CT) que se expresa en minutos y los tiempos de cambio (ST) de igual manera en minutos, además se determinó el tamaño de lote.

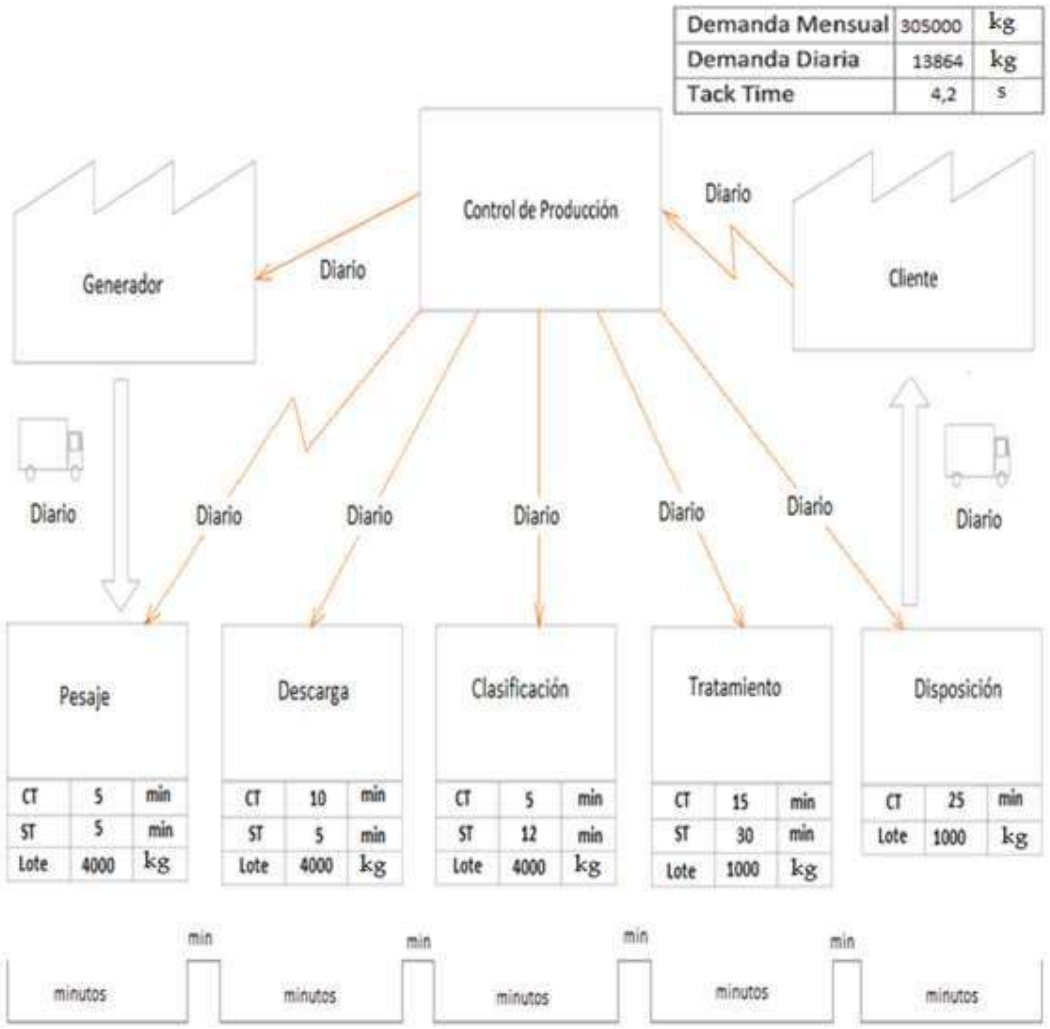


Figura 3.6. VSM Actual Paso 4

Paso 5: En la Figura 3.7, se incluye las cajas de inventario con los referidos niveles para cada actividad, se colocan los inventarios en cada punto.

Además, se agrega los símbolos de Pull o Push, para este mapa actual, el sistema opera bajo un “sistema Push”, donde la línea punteada refleja el flujo del material a desde el punto de inventario de desechos hasta el punto donde se realiza la disposición final.

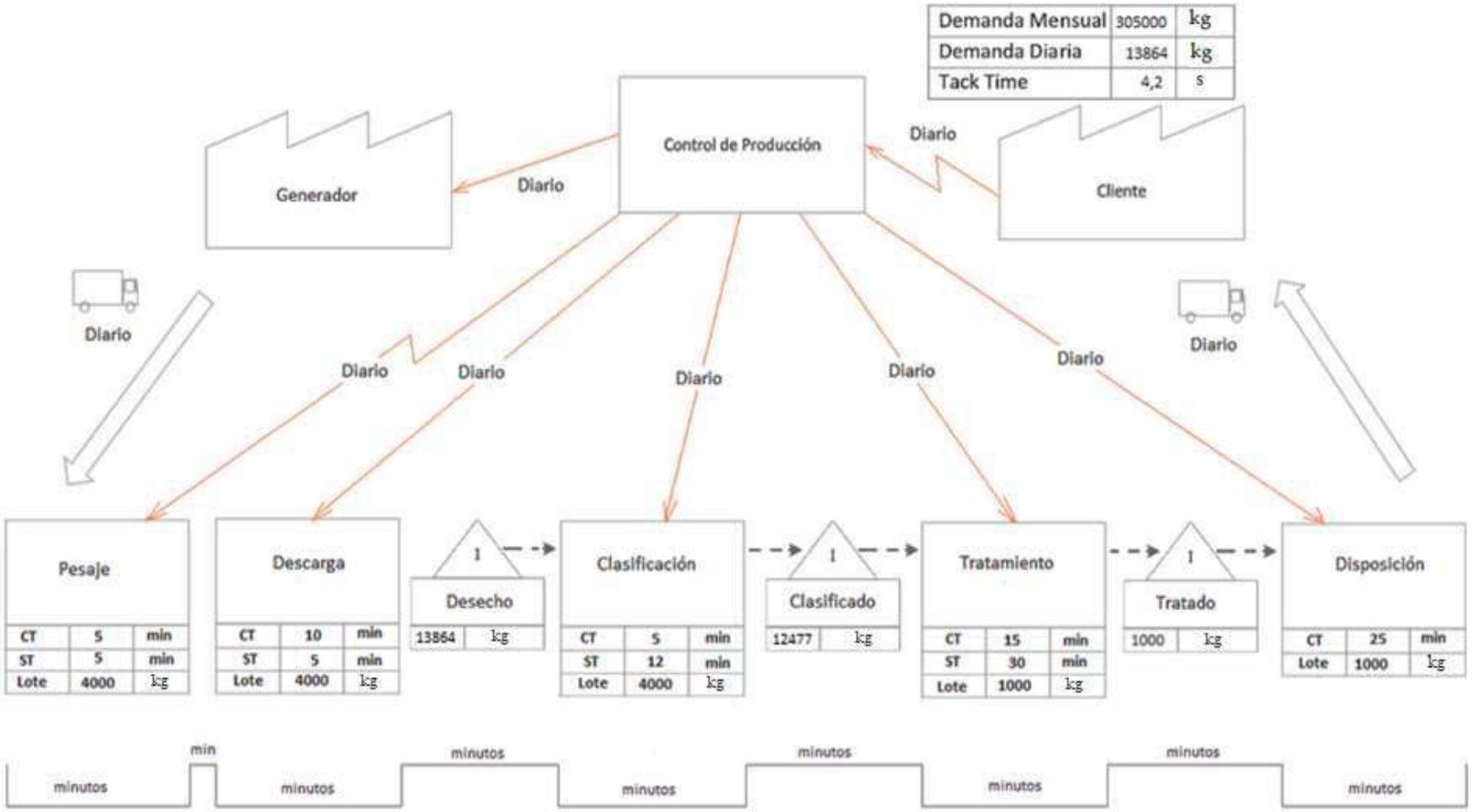


Figura 3.7. VSM Actual Paso 5

Paso 6: En la Figura 3.8, se representa el proceso y el sentido mediante el "Mapa de Flujo de Valor", que determinan los materiales y la información del proceso desde el abastecimiento hasta la disposición final.

Se calcula los tiempos de no valor agregado (NVA), de los puntos de inventario que encuentran expresados en unidades, la demanda diaria es utilizada para este cálculo.

$$Inventario\ Desecho = \frac{(13\ 864 - 1\ 386 - 4500\ )kg}{13\ 864\ kg/día} = 0{,}67\ días$$

$$Inventario\ Clasificado = \frac{1\ 386\ kg}{13\ 864\ kg/día} = 0{,}1\ días$$

$$Inventario\ Tratado = \frac{1\ 000\ kg}{13\ 864\ kg/día} = 0{,}07\ días$$

Se calcularon los tiempos de valor agregado (VA), del procesamiento de cada una de las cinco operaciones, estos están expresados en minutos.

El tiempo disponible:

$$Tiempo\ Disp. = \left(2\ turnos * 8\frac{h}{día} - \left(0{,}5\frac{h}{vestimenta} + 1\frac{h}{descanso}\right)\right) * \frac{60\ min}{1\ h} = 870\frac{min}{día}$$

$$Tiempo\ de\ Entrega = 1\ dia$$

$$Tiempo\ de\ Procesamiento = 5min + 10min + 5min + 15min + 25min = 60\ min$$

Se determinó "El tiempo de valor agregado" (VA) y el de "no valor agregado" (NVA), y está determinado mediante el porcentaje del tiempo de entrega total, se los calculó en días como unidad de tiempo.

$$VA = 60\ min * \frac{1\ h}{60\ min} * \frac{1\ día}{24\ h} = 0{,}041\ días$$

$$NVA = Tiempo\ de\ entrega - VA$$

$$NVA = 1día - 0{,}041días = 0{,}96\ días$$

$$\%VA = \frac{0{,}041\ días}{0{,}96\ días} = 0{,}043 = 4.3\%$$

$$\%NVA = 100 - 4{,}3 = 95{,}7\%$$

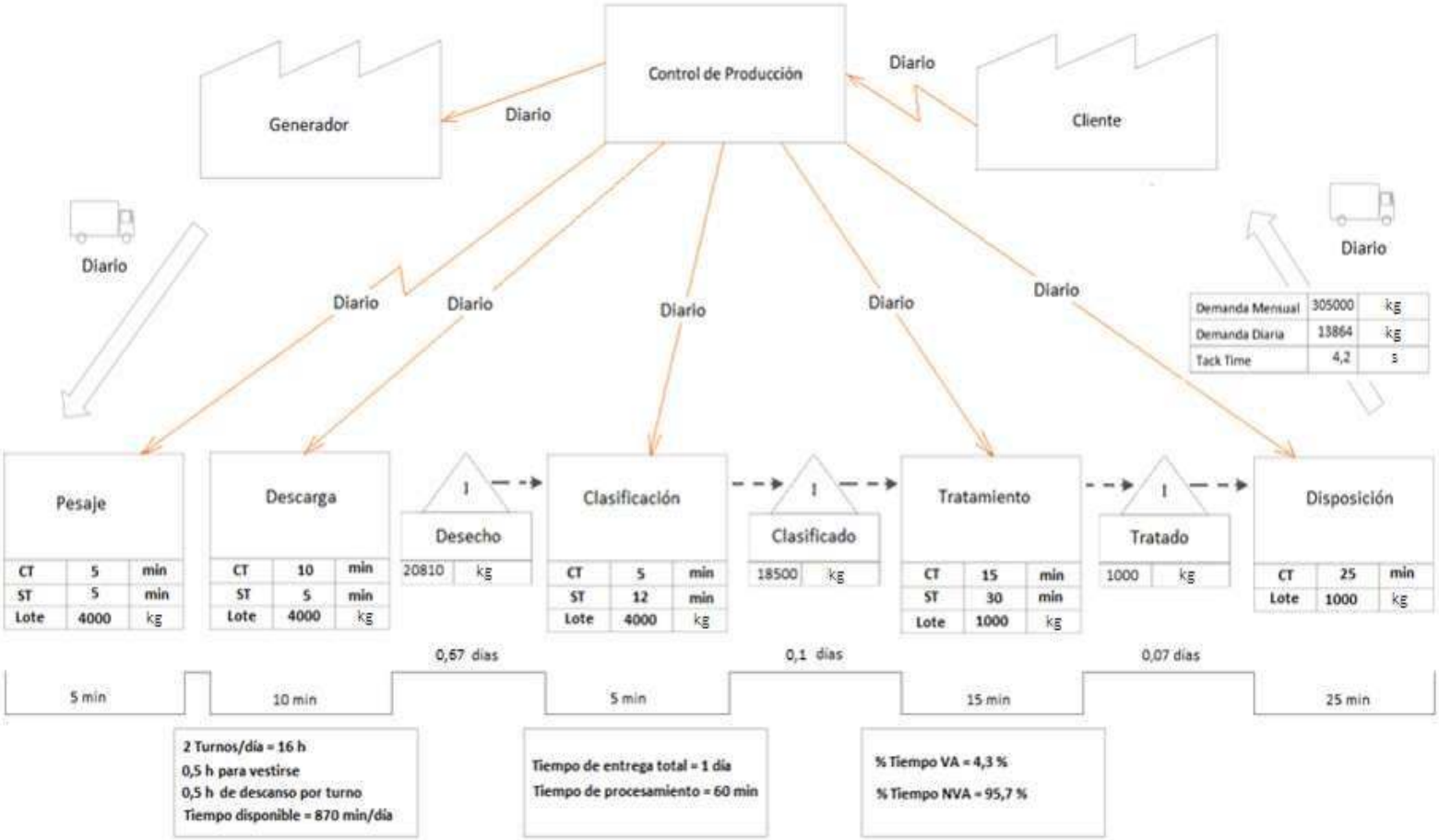


Figura 3.8. VSM Actual Paso 6

Con el Mapa de Flujo de Valor, se procedió a dibujar la nueva línea de intervalos, en el cual reflejan el tiempo de inventario y el tiempo de ciclo de cada proceso, con los cuales se obtuvo el "lead time de producción" que en si vendría a ser la suma de tiempos de ciclo de cada actividad, es decir el tiempo de inventarios y el tiempo de procesamiento.

$$Lead\ Time = 5min + 10min + 964\ \text{min} + 5min + 144\text{min} + 15min + 100\text{min} + 25min$$

$$Lead\ Time = 1\ 268\,\text{min} = 21\ h$$

La realización del VSM actual dio una visión general de lo que sucede en la planta y de los problemas que se presenta para cumplir con la demanda, con la aplicación de este método de técnicas se pretende eliminar los desperdicios y disminuir el tiempo de procesamiento, es decir darle valor al proceso.

3.1.2. VSM PROYECTADO

El nuevo VSM es proyectado con las propuestas de mejora con el flujo de valor para el proceso, materiales e información, de acuerdo a los desperdicios detectados y que no generan valor al proceso, se descartó de la cadena de flujo de valor la actividad de clasificación de los residuos, ya que genera un sobreproceso, por lo tanto, queda de esta manera más estructurado como se indica en la Figura 3.9.

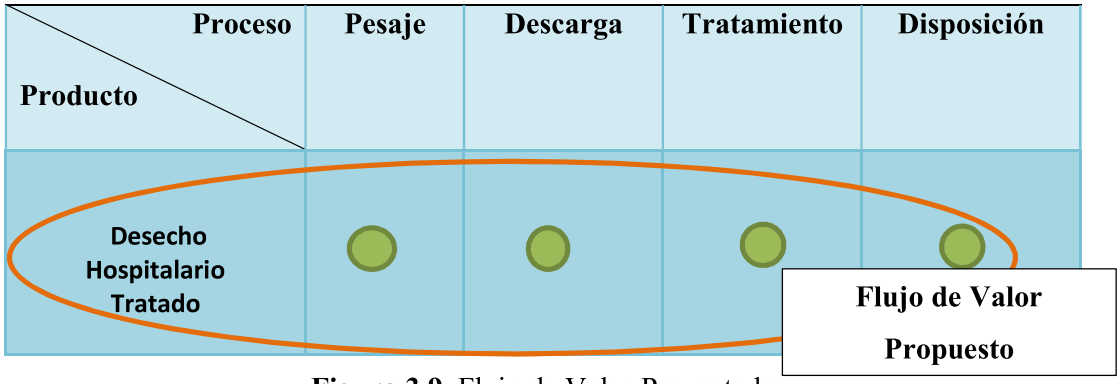


Figura 3.9. Flujo de Valor Proyectado

Como ayuda para poder determinar el nuevo VSM se realizó un levantamiento del estado actual de la Planta de Tratamiento.

En la Figura 3.10 se representa el diseño de la distribución de actual de la planta layout.

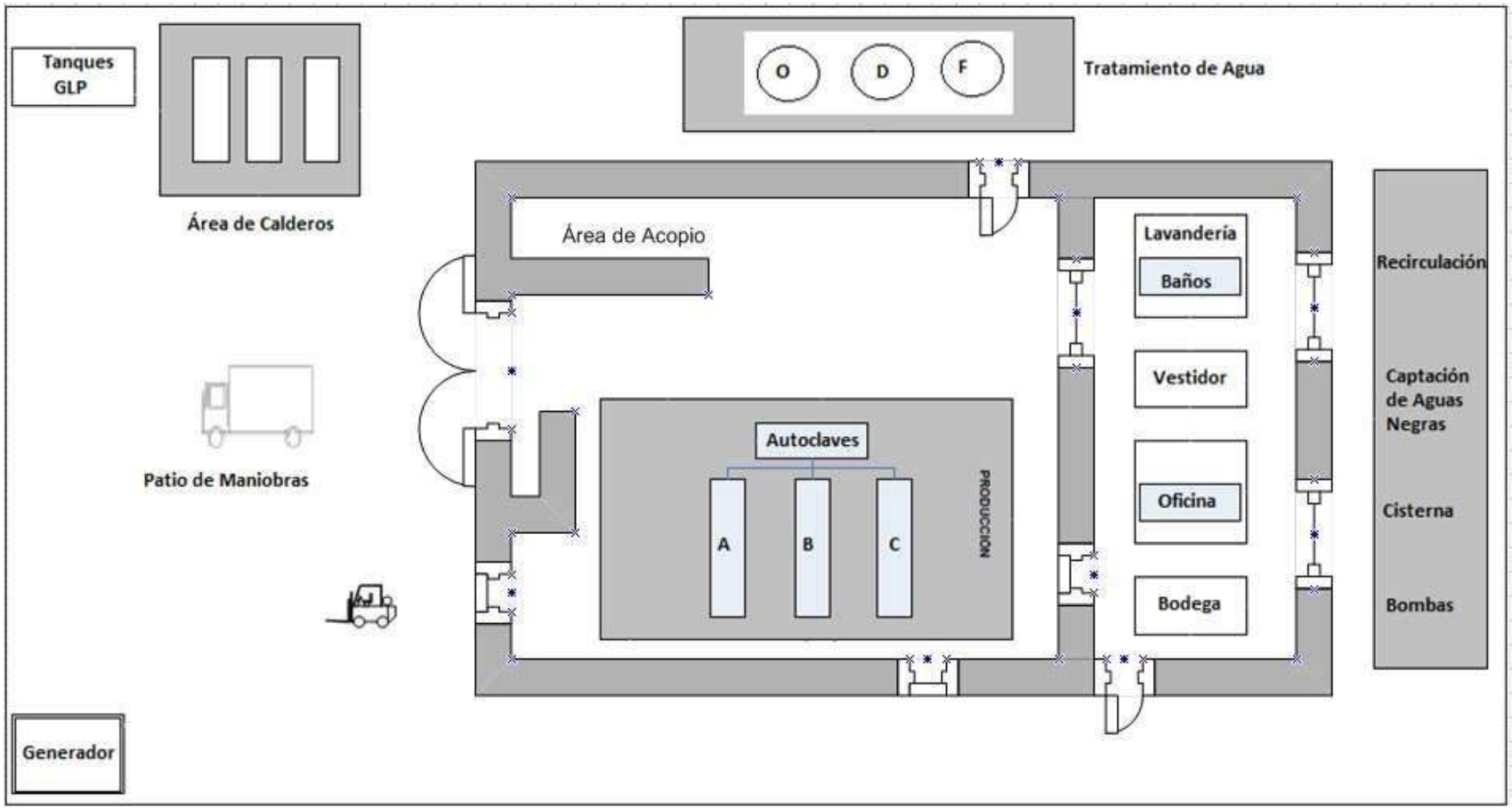


Figura 3.10. Layout de la Planta de Tratamiento

Para poder determinar si hay operaciones que no generan valor al proceso, es decir que existen actividades que se requiere de paros o desplazamientos innecesarios, se estableció con el levantamiento de las tareas en los puestos de trabajo de cada operador.

La planta de tratamiento realiza dos turnos de trabajo de lunes a viernes, en horarios de 06h00 a 14h00 el primero y de 14h00 a 22h00 el segundo respectivamente, cada turno se encarga de la limpieza y esterilización diaria de paredes, pisos, patio de maniobras, corredores, además de la limpieza del área de calderos y autoclaves.

En la Tabla 3.6 se representa el número total de operadores que pasan en la planta del Relleno Sanitario ubicado en el sector de El Inga.

Tabla 3.6. Descripción del Personal

Descripción	Función	Cantidad
Líder Técnico	Coordinar las operaciones de la planta	1
Operadores	Ejecución del proceso de esterilización de los residuos	6
Ayudantes	Limpieza y desinfección de la planta, dosificación de cloro en tanque de recuperación y tratamiento, colocar fundas de residuos tratados hacia el transporte final	3
Conductor	Transporte de los desechos tratados para su disposición final	1

La Planta de Tratamiento, cuenta actualmente con una capacidad operativa para tratar 1 000 kg/h; en dos turnos continuos de ocho horas cada uno.

Mediante la aplicación de alta temperatura y vapor saturado por un tiempo determinado, se elimina el riesgo a través de un proceso de esterilización.

Se cuenta actualmente con tres equipos, denominados autoclaves, lo cuales utilizan vapor generado por calderos, mediante elevadas temperaturas, lo que permite la eliminación de bacterias, virus entre otros agentes infecciosos.

Las principales actividades que son parte del proceso de tratamiento son:

Recepción de desechos hospitalarios

Los camiones tipo furgón después de realizar la recolección, son pesados en la báscula del Relleno Sanitario, donde se registra su peso con carga y vacío para obtener la diferencia de la carga transportada, los desechos son identificados mediante fundas rojas como se evidencia en la Figura 3.11.

Figura 3.11. Diferenciación de los desechos hospitalarios

El personal del vehículo registra en la planta la hoja de ruta con los pesos entregados por los usuarios durante el día, posteriormente estos datos se los compara con lo ingresado al final del día.

Descarga y clasificación de los desechos

Los registros de cada ruta son revisadas por el jefe de la “Planta de Tratamiento de Desechos Hospitalarios”, quién registra en la base de datos de la empresa los pesos recibidos de cada ruta.

En la Figura 3.12 se evidencia al personal descargando los desechos en cada zona determinada como área de descarga, se realiza la clasificación y la acumulación temporal.

Figura 3.12. Descarga y clasificación del desecho

Tratamiento y disposición final

Se llena manualmente las bandejas, con aproximadamente 75 kg cada bandeja como se evidencia en la Figura 3.13.

Figura 3.13. Llenado de bandejas con desecho

En la Figura 3.14 se observa el ingreso del desecho a las máquinas autoclaves, ejecutan su proceso de esterilización de forma automática, de donde se obtiene desechos desinfectados en un tiempo aproximado de 15 min.

Figura 3.14. Llenado de autoclaves

En la Figura 3.15 se demuestra los desechos tratados que adoptan una forma compacta los mismos que son trasportados en el camión del relleno, por medio de un montacargas.

Figura 3.15. Cargado de desecho tratado

El camión es de igual manera pesado y es trasladado hacia la zona del cubeto del Relleno Sanitario, para su disposición final como se indica en la Figura 3.16.

Figura 3.16. Disposición final del desecho tratado

Al final de cada mes, el jefe de la Planta, compara los pesos ingresados con los datos registrados en báscula y se emite un informe de los pesos depositados en el cubeto.

Se realizó un mapa de flujo de valor futuro, donde contemple las eficiencias, capacidades y limitaciones en función del proceso de producción para la disposición de desechos hospitalarios.

El método operativo que se aplicó en la elaboración del mapa VSM modificado es la siguiente:

Dibujar los íconos correspondientes a los clientes que vendría hacer la playa de disposición final, los proveedores que son los centros de salud y hospitales que generan el desecho y el control de producción la demanda mensual, la demanda diaria y takt time se mantiene, como se evidencia en la Figura 3.17.

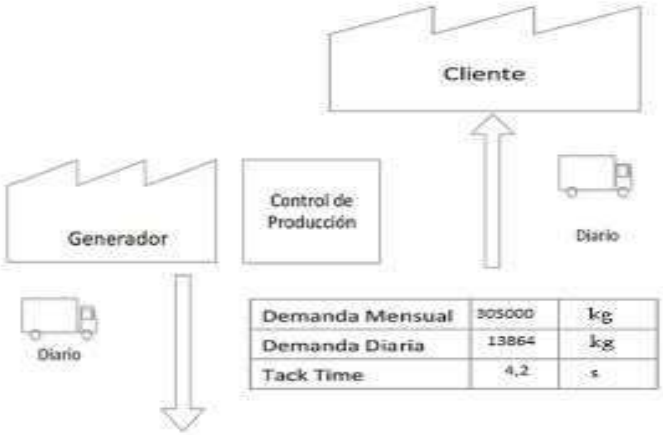


Figura 3.17. VSM Proyectado Paso1

Se identificó las actividades que no agregan valor al proceso NVA, en este caso se realiza un sobreprocesamiento, ya que en su mayoría todo el desperdicio proviene con cartones o cajas de papel cartón que deberían ser desechados o depositados directamente, si no está en contacto directo con los desechos hospitalarios. En la Figura 3.18 se representa el ajuste de la capacidad de la demanda, se considera las operaciones con más desperdicios y cuellos de botella.

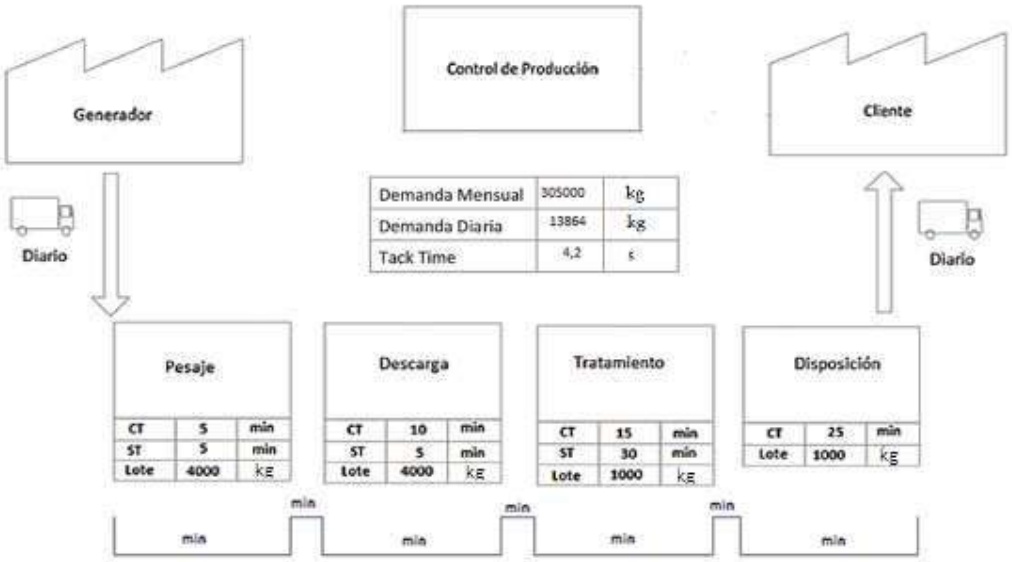


Figura 3.18. VSM Proyectado Paso 2

En la Figura 3.19 se representa la demanda diaria, los bloques logísticos con los tiempos de entrega, las cajas de los procesos consecutivos de izquierda a derecha respectivamente, se registra los datos de cada proceso en la parte inferior, la línea de tiempo, las líneas de comunicación y se determina los métodos y frecuencias.

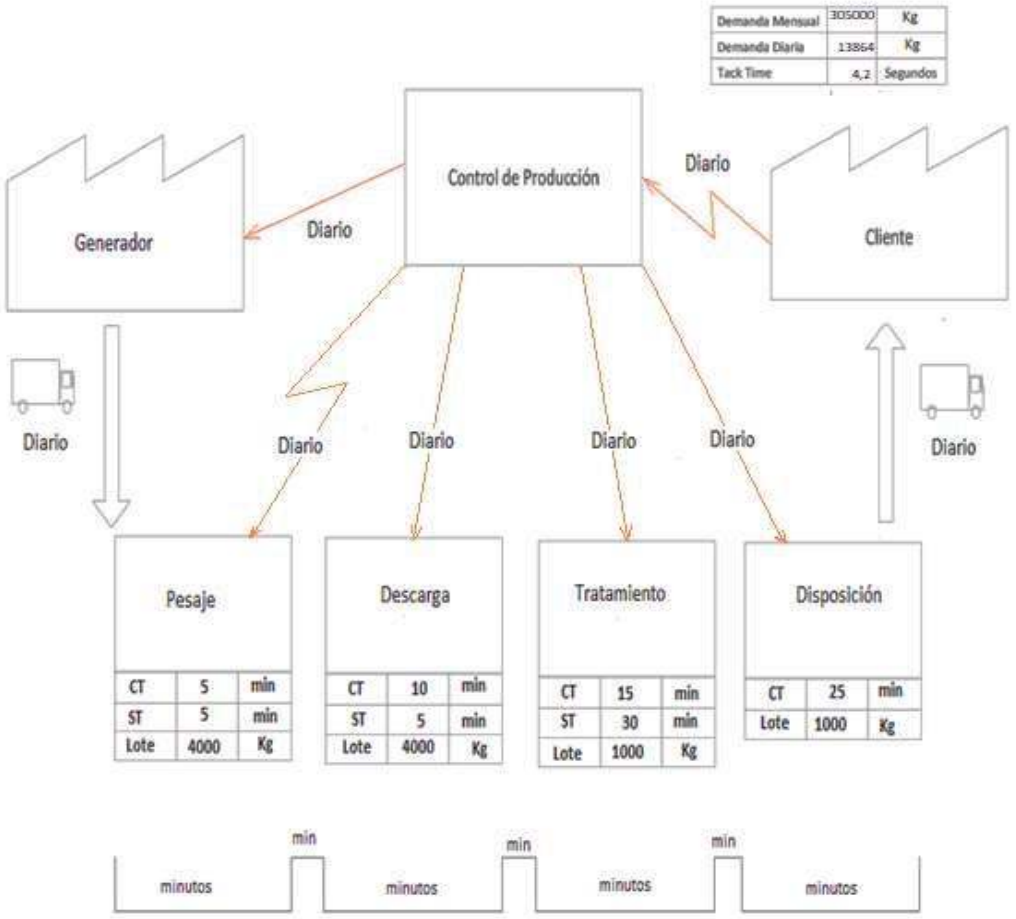


Figura 3.19. VSM Proyectado paso 3

El siguiente paso se muestra en la Figura 3.20 donde se coloca los símbolos con el número de operarios, los lugares de inventario, los sentidos de flujo, tiempos, número de turnos al día, tiempos de descanso y el tiempo disponible de trabajo, valor agregado, tiempos de entrega en la línea, el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total del proceso de tratamiento.

Se calcula los tiempos de no valor agregado (NVA), de los puntos de inventario que encuentran expresados en unidades, la demanda diaria es utilizada para este cálculo.

$$Inventario\ Desecho = \frac{2000kg}{13864kg/día} x \frac{24\ h}{1\ día} x \frac{60\ min}{1\ h} = 207\ min$$

$$Inventario\ Tratado = \frac{1000kg}{13864kg/día} x \frac{24\ h}{1\ día} x \frac{60\ min}{1\ h} = 103min$$

Se calcularon los tiempos de valor agregado (VA), del procesamiento de cada una de las cuatro operaciones, estos están expresados en minutos.

$$Tiempo\ Disp. = \left(2\ turnos * 8\frac{h}{día} - \left(0.5\frac{h}{vestimenta} + 1\frac{h}{descanso}\right)\right) * \frac{60\ min}{1\ h} = 870\ \frac{min}{día}$$

El tiempo de entrega total y el tiempo de procesamiento (VA), para el VSM proyectado es:

$$Tiempo\ de\ Entrega = 1\ dia$$

$$Tiempo\ de\ Procesamiento = 5min + 10min + 15min + 25min = 55\ min$$

El cálculo del tiempo de valor agregado (VA) y del no valor agregado (NVA), se lo representa como porcentaje del tiempo de entrega, para el VSM proyectado son expresados en días como unidad de tiempo.

$$VA = 55\ min * \frac{1\ h}{60\ min} * \frac{1\ día}{24\ h} = 0{,}038\ días$$

$$NVA = Tiempo\ de\ entrega - VA$$

$$NVA = 1día - 0.0382días = 0{,}96\ días$$

$$\%VA = \frac{0{,}038\ días}{0{,}96\ días} = 0{,}04 = 4\%$$

$$\%NVA = 100 - 4 = 96\%$$

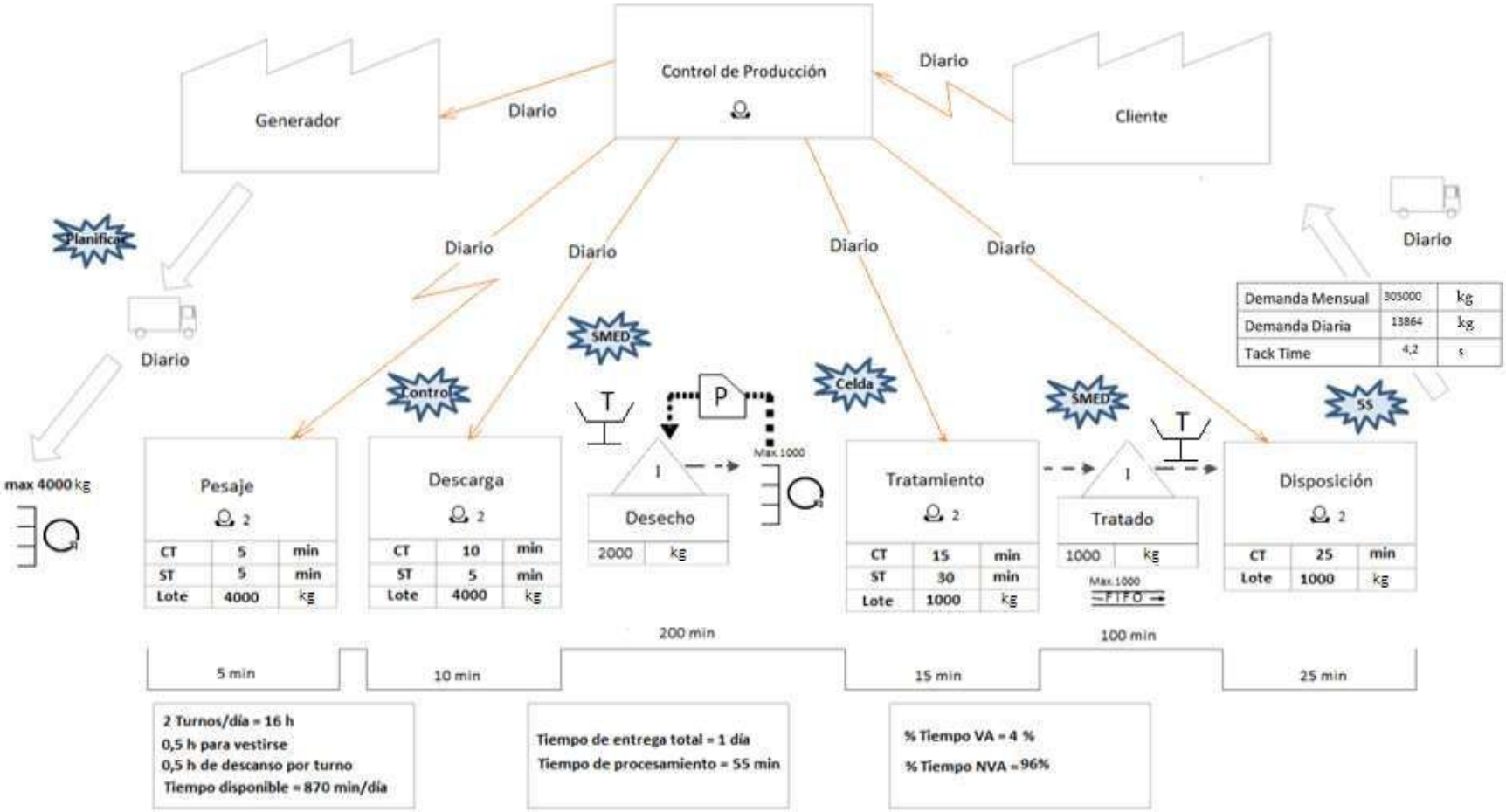


Figura 3.20. VSM Proyectado Final

Con el Mapa de Flujo de Valor, se procede a colocar la línea de tiempo para el VSM propuesto, en el cual los tiempos de inventario ya no son considerados y tiempos de ciclo de cada proceso, con estos tiempos se obtuvo el “lead time de producción” que se obtiene de la suma de los tiempos de cada ciclo.

$$Lead\ Time = 20min + 40min + 207\text{min} + 20min + 200min + 103\text{min} + 100min$$

$$Lead\ Time = 690\ \text{min} = 12\ h$$

La toma de los tiempos se realizó con técnicas de medida, como cronometraje y estimación, los más primordiales en evaluar fueron:

- Tiempo del ciclo: “Tiempo que pasa entre la producción de un lote completo al siguiente”.
- Tiempo de valor agregado: “Tiempo de trabajo dedicado a las labores de producción”.
- Tiempo de cambio: “Tiempo que se toma para cambiar un tipo de proceso a otro”
- Número de personas requeridas en todo el proceso
- Tiempo neto para trabajar: “Tiempo de trabajo disponible del personal sin considerar descansos o suplementos como comida, baño”.
- Lead Time: “Tiempo que se necesita para que una pieza o producto cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin”.
- Tiempo funcionamiento: “Es el porcentaje de tiempo de uso o funcionamiento de las máquinas”.
- Tiempo permanencia: “Es la cantidad de inventario por el Takt Time sobre el Tiempo disponible diario”.

Se realizó un levantamiento de la planta para determinar la ubicación de las autoclaves, calderos sistema de agua de operación, tratamiento de aguas residuales y se analizó con un equipo de trabajo multidisciplinario tanto ingenieros como operadores, para determinar las diferentes causas que pueden generar desperdicios y cuellos de botella.

La planta de tratamiento de desechos hospitalarios ubicada en el Relleno Sanitario de Quito se divide en las siguientes áreas:

Patio de maniobras

Lugar donde ingresan los furgones que van a descargar los desechos que fueron recolectados en los centros de salud, además ingresan los camiones pequeños que transportan los desechos procesados internamente, además el montacargas también realiza las maniobras en esta área, para trasladar los desechos que salen de la autoclave.

Casa de calderos

Es donde se encuentran instalados los calderos de procedencia americana de tipo vertical Marca Fulton, que son los encargados de generar el vapor de agua saturada a las autoclaves para el proceso de esterilización, su consumo aproximado es de 233 m^3 de agua por mes, la capacidad de generación es de 250 kg/h, de vapor saturado a 6 kgf/cm^2, los cuales funcionan con GLP.

Central de GLP

La central de GLP, se conforma con dos tanques de 4 000 Kg cada uno, que son utilizados para la operación de los calderos, está situada en la parte lateral izquierda de la casa de calderos.

Cuarto de autoclaves

Es la zona física en donde se encuentran las máquinas autoclaves, ahí se lleva a cabo el proceso de tratamiento, las tres autoclaves son marca Baumer, dos tienen capacidad de 2 300 L y la otra una capacidad de 1 500 L.

Centro de acopio temporal

Hace referencia al espacio de almacenamiento que es una zona adecuada para almacenar temporalmente los remanentes que ingresan diariamente a la planta de tratamiento, está ubicado dentro del mismo sitio, donde se prepara las bandejas que van a ser trasladadas a las autoclaves.

Área de tratamiento de aguas del proceso

Este espacio cuenta con 3 tanques, donde se cumplen básicamente tres procesos: floculación, decantación y ozonificación de las aguas residuales y de limpieza de los patios y áreas de tratamiento.

Bodega

Espacio de almacenamiento de material de oficina, equipos de seguridad físico química y material de limpieza.

Cisterna subterránea

Se cuenta con una cisterna de 9 m^3 de capacidad para el almacenamiento de agua potable, el mismo que es llenado por medio de un tanquero.

Pozo de captación de aguas negras

Al no contar con alcantarillado es donde se desembocan las aguas residuales del proceso, para posteriormente ser tratada mediante el sistema de tratamiento.

3.2. PROCESAMIENTO DE DATOS RECOPILADOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE STATGRAPHICS

Al analizar los datos y operaciones del proceso mediante el “Mapa de Flujo de Valor”, se identificaron los desperdicios en las actividades que componen el proceso y se determinó descartar actividades que no dan valor al proceso, lo que permitió establecer las prioridades al proceso.

Los datos son analizados para la valoración de los resultados a través de indicadores, es lo más importante en la implementación de un sistema lean, ya que los mismos permiten monitorear el avance y control de la implementación, por lo que es importante tener un proceso de calidad en el área de operaciones con un indicador que mida eficiencia.

Los indicadores y las medidas obtenidas deben ser concretas para establecer metas, especialmente en los procesos de control de la implantación del pensamiento Lean.

Para el análisis de procedimientos se lo realizó basado en la determinación de las actividades que se realizan en la Planta de Tratamiento de Desechos Hospitalarios en los distintos subprocesos, en donde se incluirá todos los aspectos operativos de calidad, mantenimiento y recursos humanos.

Aplicación de Statgraphics

Este proceso de tratamiento requiere un control constante de las variables físico-químicas, por medio de los gráficos de control que se puede determinar el comportamiento estadístico del proceso de tratamiento, se comprobará la eficiencia de la producción de la planta actualmente, y se planteará alternativas de mejora continua, por medio STATGRAPHICS se realizó el análisis pertinente.

Con los datos obtenidos en planta del muestreo realizado, de los cinco meses que se presentan en el Anexo I, se determina el análisis de capacidad, por medio del programa y se determinó la estabilidad de los datos. En la Figura 3.21 se representa el resultado obtenido por el programa.

X-bar and R Charts - Septiembre-Enero
Number of subgroups = 22
Average subgroup size = 4,90476
0 subgroups excluded

Distribution: Normal
Transformation: none

X-bar Chart

Period	*#1-22*
UCL: +3,0 sigma	18643,3
Centerline	13192,2
LCL: -3,0 sigma	7741,18

0 zone out-of-control signals

Range Chart

Period	*#1-22*
UCL: +3,0 sigma	19707,0
Centerline	9257,71
LCL: -3,0 sigma	0,0

0 beyond limits

Estimates

Period	*#1-22*
Process mean	13192,2
Process sigma	4024,09
Average range	9256,67

Sigma estimated from average range

The StatAdvisor

This procedure creates X-Bar and R charts for Septiembre-Enero. It is designed to allow you to determine whether the data come from a process which is in a state of statistical control. The control charts are constructed under the assumption that the data come from a normal distribution with a mean equal to 13192,2 and a standard deviation equal to 4024,09. These parameters were estimated from the data. Of the 22 nonexcluded points shown on the charts, 0 correspond to zone out-of-control signals on the first chart while 0 are beyond the control limits on the second chart.

Figura 3.21. Determinación de parámetros para gráfico de control

En la Figura 3.22 se representa el reporte de subgrupos realizado en el programa Statgraphics.

Subgroup Reports
All Subgroups
X = Excluded * = Beyond Limits

Subgroup	*Size*	*X-bar*	*Zone Count*	*Range*
1	5	15484,0	2	9570,0
2	5	14988,0	3	15820,0
3	5	11962,0	-1	6970,0
4	5	11028,0	-3	4020,0
5	5	14330,0	1	10970,0
6	5	13784,0	2	11440,0
7	5	14428,0	3	8110,0
8	5	12360,0	-1	11010,0
9	5	11922,0	-2	4070,0
10	5	14772,0	1	11430,0
11	5	12318,0	-1	7650,0
12	5	13468,0	1	9750,0
13	5	11576,0	-1	9480,0
14	5	11910,0	-2	6010,0
15	5	14612,0	1	13120,0
16	5	12486,0	-1	8670,0
17	5	12334,0	-2	9720,0
18	5	12408,0	-3	10590,0
19	5	13964,0	1	9570,0
20	4	14720,0	2	10240,0
21	4	12312,5	-1	6180,0
22	1	12760,0	-2	

The StatAdvisor
This table shows the values which are plotted on the control chart.
an X.

Figura 3.22. Reporte de Subgrupos de STARGRAPHICS

En la Figura 3.23 se representa el gráfico de control obtenido por el programa, con una media del proceso estable, ya que la mayoría de los datos se encuentran distribuidos dentro de los límites de control tanto inferior como superior.

Este proceso trabaja a un nivel de 2σ, los dos límites naturales están dentro de las especificaciones, por lo que el proceso es idóneo; al inicio presenta una perturbación de ahí en adelante se estabiliza el proceso.

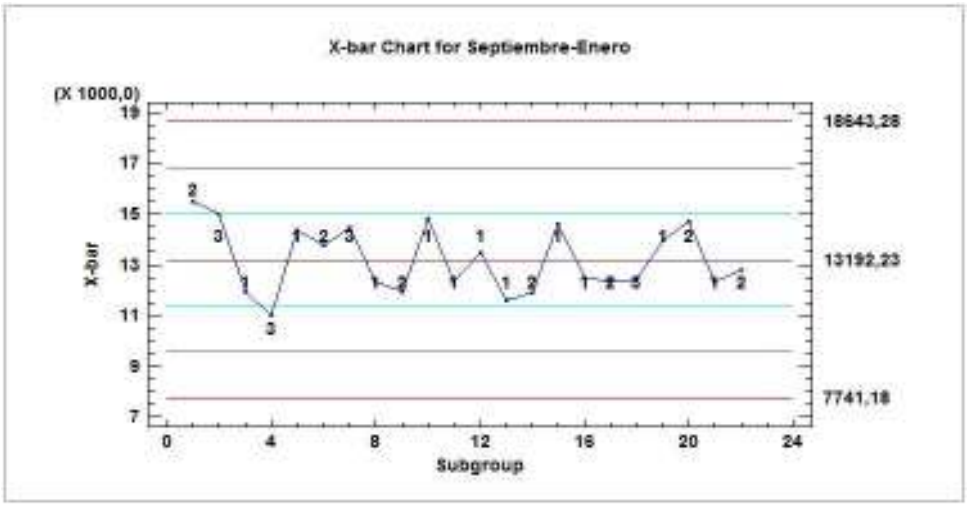


Figura 3.23. Gráfico de Control por medio de STARGRAPHICS

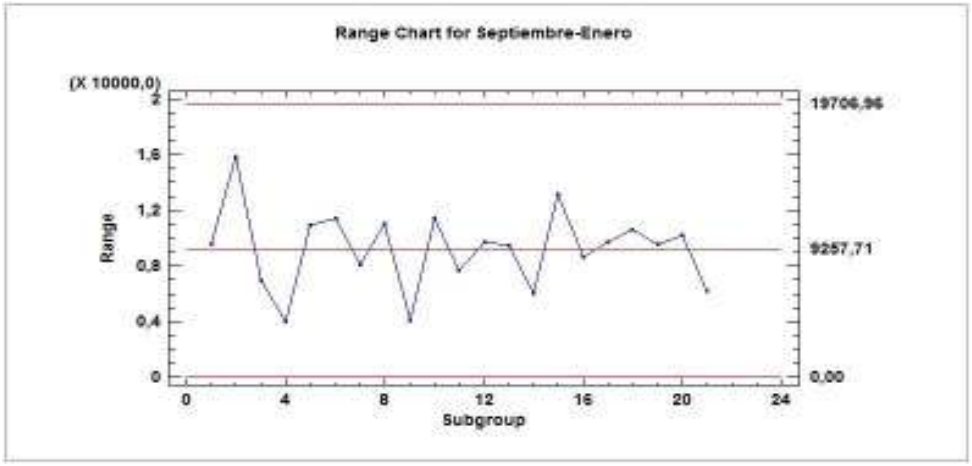


Figura 3.24. Gráfico de control de Subgrupos por medio de STARGRAPHICS

3.3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN

El plan de mejora se basó en los siguientes aspectos, en relación a la situación de cada actividad, sus características y su desempeño:

- Una planificación detallada del plan de implementación Lean, se lo realiza con metas concretas, labores, duración y que aporten con los medios necesarios.

- Se definió los indicadores para dar seguimiento al proyecto, de manera que se conozca perfectamente los razonamientos que se van a utilizar para valorar el nivel de mejora.

3.3.1. FASE DE ESTUDIO Y DISEÑO

Se planteó un procedimiento de operación acorde a los requerimientos existentes con el fin de obtener la mayor eficiencia de la producción, el sistema de mejora contempló diferentes escenarios, para determinar la óptima en el proceso de tratamiento, se consideró además tiempos de implementación, para calibración de equipos, mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, adquisición de reactivos químicos, adquisición de materiales e insumos de acuerdo al consumo anual e inventarios que forman parte de la documentación de la empresa, para esto se empleará las técnicas: 5 S, TPM.

La ponderación de la Tabla 3.7 hace referencia a la calificación desde la medida más baja a la más alta, donde 0 indica que no se aplica las 5S y la calificación 4 indica que sí se aplica las 5S al 100%.

Tabla 3.7. Evaluación por medio de las 5S

		COORDINACIÓN DE RESIDUOS ESPECIALES TRATAMIENTO DE DESECHOS ESPECIALES						
Línea de Chequeo de las 5S		**Área de Trabajo:** Planta de Tratamiento DH		Elaborado por: Diego Ortiz				
5S	**Tarea**	**Elementos chequeados**	**Descripción de la Revisión**	**Ponderación**				
				0	**1**	**2**	**3**	**4**
Seiri Clasificar	1	Materiales o producto	Se evidencia materiales innecesarios o desechos				x	
	2	Maquinaría o equipos	Se evidencia máquinas o equipos sin utilizar				x	
	3	Herramientas manuales	Se evidencia herramientas sueltas					x
	4	Equipos o partes a utilizar	Se evidencia elementos innecesarios				x	
	5	Estantes rótulos	Existen estantes, rótulos inútiles			x		
			Suma			2	9	4
			Total	15/20				

Seiton Ordenar	6	Indicadores de localización	Existen áreas marcadas con indicadores de localización				x	
	7	Indicadores de artículos	Existen indicadores o placas que señalan cada artículo			x		
	8	Indicadores de cantidad	Están indicadas las cantidades permisibles, máximas o mínimas			x		
	9	Área de paso de almacén	Hay líneas u otras marcas que demarquen áreas y rutas				x	
	10	Planillas de control herramientas	Existen plantillas de control para facilitar selección y ubicación.			x		
			Suma			6	6	
			Total	12/20				
Seiso Limpiar	11	Desechos botados, agua, aceite	Se mantienen los suelos limpios y brillantes					x
	12	Maquinaria sucia con Desechos	Se limpian y se lavan las máquinas a menudo				x	
	13	Limpieza e Inspección	Los operarios chequean la máquina mientras la limpian			x		
	14	Asignación de tareas	Existe la asignación de tareas y hay alguien responsable de verificarlas			x		
	15	Hábitos de limpieza	Ha llegado a ser un hábito la limpieza: se barren y se lavan pisos y máquinas con frecuencia				x	
			Suma			4	6	4
			Total	14/20				
Seiketsu Limpieza Estandarizada	16	Mejorar lugar de trabajo	Se han hecho mejoras al lugar de trabajo para evitar que las cosas se contaminen				x	
	17	Lista de chequeo	Existen listas de chequeo para la limpieza y el mantenimiento				x	
	18	Información necesaria	Esta visible la información necesaria			x		
	19	Uniformes de trabajo" y EPP's	Cuentan con uniformes limpios y EPP's puestos					x
	20	Indicadores de cantidad y localización	Son reconocibles todos los límites y cantidades			x		
			Suma			4	6	4
			Total	14/20				

Shitsuke Autodisciplina	21	Cumplimiento	Se hacen reuniones de trabajo consecutivamente				x	
	22	Estándares definidos	Se siguen los estándares definidos para el cumplimiento de los trabajos				x	
	23	Autoevaluación	Se efectúa la autoevaluación de las 5S periódicamente y se realizan mejoras			x		
	24	Retroalimentación	Se establecen acciones correctivas, se evalúa el resultado			x		
	25	Entrenamiento	Están todos los trabajadores entrenados en el área de trabajo					x
			Suma			4	6	4
			Total	14/20				

De la evaluación realizada en la planta de tratamiento se obtuvo una valoración la cual es indicada en la Tabla 3.8:

Tabla 3.8. Evaluación obtenida

Rangos de Ponderación de la evaluación 5S	**Valoración de 5S de la Planta**
69 puntos	Buena, conoce las 5S aplica y está en mejora
Puntaje ideal ≥ 85	

De la evaluación realizada se observó que existen elementos que se encuentran mal almacenados o que ya no tienen uso, como se puede observar en la Figura 3.25.

- Inventario innecesario de desecho a tratar.
- Áreas de almacenamiento eventuales.
- Repuestos y accesorios utilizados.
- Inventario obsoleto de herramientas.
- Maquinaria parada por repuesto o en mal estado.

Figura 3.25. Colocación de Tarjeta Roja

Con el fin de dar solución a estas observaciones de todos estos artículos innecesarios, la técnica 5S emplea una tarjeta roja, que se muestra en la Tabla 3.9, la misma que es colocada sobre el objeto para que sea llamativa y todo el personal esté pendiente de ella.

Tabla 3.9. Tarjeta roja colocada sobre el objeto

TARJETA ROJA		
Área:	Planta de Tratamiento	
Sección:	Patio de Maniobras	
Nombre del artículo: Llantas de emergencia		
Cantidad: 2	**Unidad:** u	**Peligroso:** obstaculiza el paso
Descripción:	Se encuentran arrimadas	
Materia Prima:		**Herramientas:**
Inventario del Proceso:		**Repuestos:** X
Producto Procesado:		**Material de desecho:**
Maquinaria:		**Otro:**
Razón de la observación: se encuentra obstruyendo el paso		
Acción a seguir:		
Desechar:		
Almacenar en:	Bodega o colocar en el camión	
Devolver a:		
Fecha de Identificación: 8/05/18		Fecha de acción:
Nota:		

Se hará un análisis comparativo de la situación actual con respecto a la implementación realizada, para ello se evaluará mediante la relación directa con la cantidad de tratamiento de desecho hospitalario obtenido diariamente (kg), con relación al costo operativo.

Los lineamientos técnicos de mejora de la eficiencia del sistema de tratamiento, luego de un estudio minucioso de las actividades que contemplan el proceso de tratamiento, se realizó un involucramiento de los operadores en cada sección, para la obtención del producto terminado ya que mediante estas actividades se podrá generar un análisis de valor agregado en el sistema de tratamiento.

Se determinó en la situación actual las suboperaciones que crean valor en el proceso, desde el punto de vista de cumplir la normativa ambiental al momento de disponer el desecho, así también las operaciones que deben ser suprimidas para ello se empleará una lista de chequeo.

Como parte de la implementación del sistema Lean se empezó a emplear las principales técnicas como se hizo con las 5S, SMED y las técnicas específicas tales como Jidoka, distribución de la planta (layout), un nuevo diseño de flujos de materiales, ubicación de máquinas, sitios de trabajo, distancias de materiales y personas, sitio de nuevos medios de transporte, ayudan a mejorar incluso de ser necesario afrontar estudios preliminares de nivelación de procesos y puestos de trabajo, se ajusta la capacidad productiva a la demanda y prestando atención a las operaciones con más cuellos de botella.

Durante la aplicación sistemática y permanente, se empleó las técnicas y principios esenciales del lean production; control visual, estandarización, mejora continua, mediante técnicas sencillas ya conocidas como las siete herramientas de control de calidad, las etapas que se realizaron para la elaboración de KAIZEN son:

- Definir las metas.
- Constituir el equipo de trabajo.
- Analizar la situación actual.
- Definir el problema y determinar sus causas.
- Formular y ejecutar el plan de mejora.
- Estandarizar el proceso con la mejora obtenida.

3.3.2. ESTABILIZACIÓN DE MEJORAS

Con el propósito de contar con una estabilización se realizó los siguientes pasos:

- Disminuir los desperdicios en actividades relacionadas con mantenimiento y operación.
- Estabilizar el proceso, incrementar el nivel de confianza con respecto a tiempos de preparación, efectividad del equipo y de calidad.
- Reducir los lotes de producción al mínimo posible

Mediante acciones de TPM y las técnicas de calidad disponibles: SPC, Poka Yoke y Jidoka., según se vaya logrando las mejoras y haciendo confiable el proceso, se conseguirán menores tamaños de lote, mayor flexibilidad y una mayor calidad.

Técnica TPM

Un sistema de indicadores accesible y fiable es: planear, hacer, chequear y evaluar, el cual es una ayuda básica para resolver problemas, los resultados respecto al objetivo de manera metódica y fiable de la maquinaria utilizable para el proceso para este fin se realizó el cálculo de la efectividad total del equipo.

Efectividad total del equipo - OEE

La eficiencia de la máquina o equipo se mide con la disponibilidad, eficiencia y calidad a la hora de estar en funcionamiento los parámetros que se deben considerar para el cálculo del OEE se indican en la Tabla 3.10.

Se calcula el OEE mediante la Ecuación 1.4:

$$OEE = D*E*C$$

$$OEE = \frac{B}{A} x \frac{D}{C} x \frac{F}{E}$$

OEE = Disponibilidad del equipo x eficiencia de desempeño x calidad

Tabla 3.10. Datos para obtención del OEE

EQUIPO	DIARIO
A. Tiempo disponible	870 min
B. Tiempo operativo	800 min
C. Producción Prevista	15000 kg
D. Producción Real	13864 kg
E. Producción Real	13864 kg
F. Producción buena	13864 kg

Se realizó el cálculo para la determinación de la disponibilidad de la máquina:

$$Disponibilidad = \frac{B}{A} = \frac{800}{870} = 0{,}92 = 92\%$$

El tiempo de operación es el tiempo que se demoran en procesar 4 camiones de 4 toneladas cada uno, en los dos turnos de 8 h. El tiempo disponible neto, es el tiempo total programado menos el tiempo requerido por temas del trabajador como es alimentación, descansos y cambio de vestimenta.

$$Eficiencia = \frac{D}{C} = \frac{13864}{15000} = 0{,}924 = 92{,}4\%$$

La calidad obtenida es:

$$Calidad = \frac{F}{E} = \frac{13864}{13864} = 1 = 100\%$$

En cuanto a la calidad de las autoclaves es el 100% ya que de las muestras analizadas se obtuvieron el 100% de aceptación, sin ningún valor elevado que no cumpla la normativa como se puede evidenciar en el Anexo 3.

De esta forma el OEE para la maquinaria del proceso de tratamiento es:

$$OEE = 92\% \ X \ 92.4\% \ X100\% = 85\%$$

Con la implementación del programa TPM, la calidad de su proceso de organización debe ser auditada por el departamento de mantenimiento con el fin de controlar los costos, las actividades planificadas que se han realizado a normalidad y plantear recomendaciones para la mejora continua.

3.3.3. ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO

Con las técnicas anteriormente mencionadas se permitió desarrollar aquellas acciones más específicas relacionadas para la optimización de los métodos de trabajo y el control de la producción lean.

Los estándares que fueron analizados en todos los procesos de la planta, de tal manera que donde intervenga mano de obra, materiales, máquinas, mediciones y mantenimientos debe existir un estándar, que refleje:

- La definición del proceso.
- La optimización de métodos de trabajo.
- Los diseños de los métodos de trabajo eficientes.
- Sistematizar el proceso una vez modificado.
- Garantizar su cumplimiento.
- Una Mejora en el control de calidad.
- Detectar los peligros y riesgos.
- Trabajar de manera más holgada y fluida.

Con estos objetivos, se describe en la Tabla 3.11, una propuesta de estandarización de producción para la planta de tratamiento.

Tabla 3.11. Estandarización de la producción

Estandarización del control de la producción
• Dar seguimiento a programas diarios de producción y órdenes de producción • Identificar averías e interrupciones de la maquinaria • Colocar cuadros de información visual de la planificación a realizarse • Determinar los avances detectados de los procesos y estado de la planta
Estandarización de las operaciones
• Definir los procedimientos de operaciones y procesos con diagramas • Definir procedimientos para la localización de desperdicios • Establecer acciones de mejora continua mediante listas de planificación e informes • Determinar las especificaciones de la maquinaria y equipos con los datos de capacidad • Establecer una lista de chequeo de todas las herramientas e implementos que se utilizan • Determinar los tiempos estándares del proceso con todos los trabajadores
Estandarización de los equipos
• Definir los procedimientos de inspección de equipos y maquinaria • Establecer las averías que se generan con mayor frecuencia en los equipos más críticos • Coordinar mantenimientos predictivos y preventivos con el área de operaciones • Establecer procedimientos de todos los mantenimientos • Programar paradas de planta para realizar un mantenimiento general
Estandarización para el control de la calidad
• Inspección del proceso • Comprobar la eliminación de los desperdicios • Analizar y registrar los inconvenientes que se presentan en la operación • Determinar las operaciones de manera estándar • Considerar el control como punto de partida para mejorar otra área • Determinar estándares de seguimiento mediante herramientas de control de calidad como: gráficos de control, histogramas, diagramas de Pareto, diagramas causa-efecto

3.3.4. PRODUCCIÓN EN FLUJO CONTINUO

Dentro de la implementación Lean es significativo siempre obtener un flujo continuo de la producción, es por esta razón que una implementación en el proceso de tratamiento de desechos hospitalarios sería muy importante, ya que se conseguiría que el producto pase de un subproceso a otro sin tener que

estar el desecho como inventario, la producción nivelada parte de la demanda diaria del desecho, y con ello es posible predecir las cantidades exactas a producir al día y los tiempos de cambio, con eso se consigue obtener un flujo continuo.

Con el método Heijunka se pretende obtener un proceso pull, con la finalidad de cumplir con lo que el proceso lo requiere, en el momento y en la cantidad exacta, al conseguir el equilibrio de la capacidad de producción, con la demanda y el ritmo de operación se obtendrá un flujo constante, una regularidad y un trabajo estandarizado.

El flujo continuo se basa en mover un lote pequeño y tratar solamente ese lote, de esta manera se garantizó que el desecho segregue de forma continua a través del flujo de valor, desde el proveedor hasta el último paso que es la disposición final, para esto es necesario tener una célula de trabajo de preferencia en forma de ¨U¨ cómo se puede evidenciar en la Figura 3.26, ya que esto permite realizar el proceso en el menor tiempo y con una producción de desperdicio mínima.

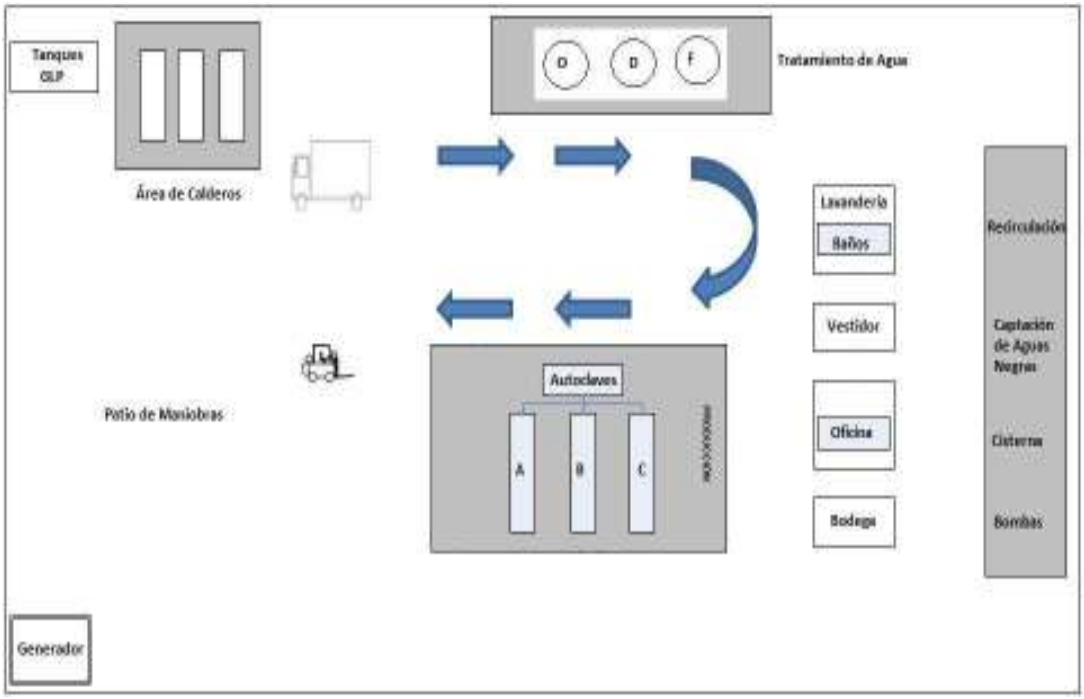


Figura 3.26. Celda de producción en forma de “U” de la planta

Como parte de la mejora continua es necesario implementar tarjetas KANBAN en los procesos de producción, para determinar la cantidad de piezas por tamaño de lote y mantener una revisión constante del sistema con todos los puntos de verificación, de esta manera se logra:

- Reducir las tareas administrativas.
- Mantener el nivel de inventarios.
- Detectar de manera más fácil los problemas como cuellos de botella, paros de máquinas, defectos de calidad.
- Un control visual que ayude a la localización de problemas de la producción.
- Conseguir la nivelación y el equilibrio de los procesos mediante un sistema pull.

En la Tabla 3.12 se representa una tarjeta Kanban, donde contiene la información referente al tipo de producto que se va a realizar, código, cantidad, orden de producción, etc. Toda esta información es colocada en las tarjetas con el fin de impedir errores en el proceso de tratamiento o en el momento de realizar informes con los pesos.

Tabla 3.12. Modelo de tarjeta Kanban de Producción

KANBAN N.-	
CÓDIGO: BV-AV-05-14- S/N-0009	
DESCRIPCIÓN: DESECHO HOSPITALARIO ZONA SUR	
AUTORIZA: DS	**CANTIDAD: 1000 kg**
PEDIDO N.- 000-001	
ORDEN DE PRODUCCIÓN: 001	
ORDEN DE TARJETA KANBAN: 1 de 4	
MATERIAL: CLASIFICADO	
FECHA DE PRODUCCIÓN: 18 – 04 – 2018	
OBSEVACIONES:	

En La Tabla 3.13, se representa un modelo de tarjeta Kanban para transporte del proceso, donde puntualiza el tipo y la cantidad de producto a ser transportado del proceso anterior hacia el siguiente proceso.

Tabla 3.13. Modelo de tarjeta Kanban de Transporte

KANBAN TRANSPORTE	
DESCRIPCIÓN: DESECHO HOSPITALARIO	
PROCESO:	DESCARGA Y SEPARACIÓN
PEDIDO N.- 000-001	
TRASLADAR A: AUTOCLAVE N.-1	
CANTIDAD A TRASLADAR:	
FECHA DE PRODUCCIÓN: 18 – 04 – 2018	
NOTA:	

El método para el cálculo del número kanban para las existencias de ciclo es:

L: tiempo de reabastecimiento, se lo calcula mediante el tiempo de entrega promedio para el kanban

$$L = 200\ min + 40\ min$$

$$L = 0{,}21 día + 0{,}04\ día$$

$$L = 0{,}25$$

Al remplazar se obtiene:

$$nK = \frac{(15000 * 0{,}25)(1 + 0{,}1)}{1000}$$

$$nK = 4{,}124\ \approx 4$$

Por lo tanto, es necesario implementar 4 tarjetas Kanban para el proceso de tratamiento.

Implementación de Kaizen

Como se mencionó anteriormente, Kaizen significa mejorar algo todos los días, es a la vez una filosofía y una metodología, donde las mejoras de Kaizen generalmente no tienen la intención de ser radicales en el cambio, más bien son mejoras progresivas, regulares que van a reducir el desperdicio en todas las partes del proceso paulatinamente.

Para un control de la implementación Kaizen, se lo puede hacer mediante el seguimiento del modelo de la Figura 3.27 de una forma sencilla sin utilizar complejos sistemas informáticos para este caso se empleó la herramienta informática Project lo cual ayuda a mejorar apoyándose en las técnicas conocidas.

Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración
1			**CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN**	**21 días**
2			Inicio	0 días
3			**5 S**	**10 días**
4			Clasificar	3 días
5			Ordenar	2 días
6			Limpiar	3 días
7			Estandarizar	2 días
8			Mantener	1 día
9			**Kanban**	**2 días**
10			Capacitar al personal	1 día
11			Implementar formato	2 días
12			Implementar y colocar tablero Kanban	2 días
13			**VSM**	**19 días**
14			Implementar celdas de trabajo en U ó C	2 días
15			Capacitar al personal en mejora continua	7 días
16			Capacitar al personal y retroalimentar lo mejorado	1 día
17			**TPM**	**3 días**
18			Capacitar al personal en mantenimiento de las máquinas	1 día
19			Establecer mantenimientos preventivos y predictivos	1 día
20			Capacitar al personal y retroalimentar lo mejorado	1 día
21			**Jidoka y JIT**	**6 días**
22			Poner el sistema en marcha y mentalizar la mejora continua	1 día
23			Mejorar el control de los procesos	6 días
24			Relación proceso-proveedor	1 día
25			Fin	0 días

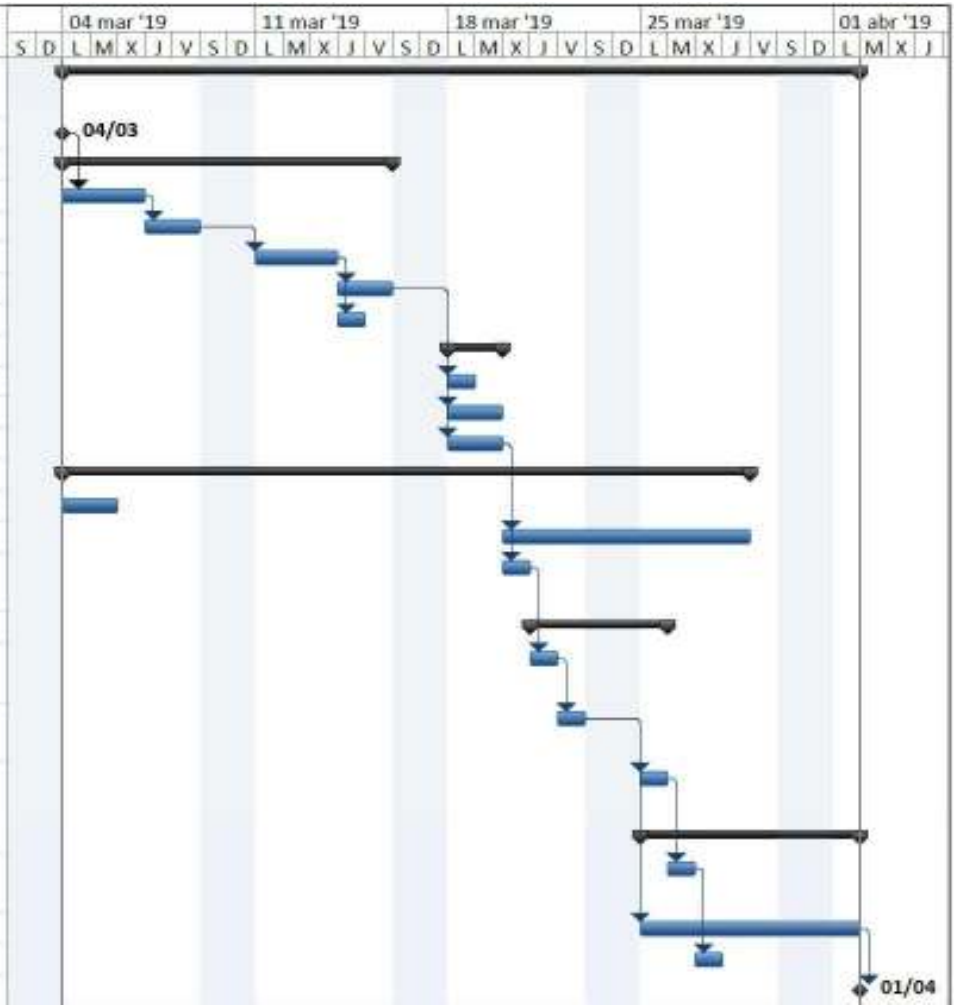


Figura 3.27. Cronograma para la implementación de las herramientas Lean

Análisis de las causas de aumento del tiempo de espera del desecho

En la Tabla 3.14 se menciona las principales causas que generan el problema detectado en el VSM actual, en base a los 7 desperdicios de Lean Production.

El análisis se lo realizó en conjunto con los operadores y el jefe de la planta de tratamiento para poder determinar los principales desperdicios que se genera durante el tratamiento.

Tabla 3.14. Defectos detectados en la operación

Defecto	Número de fallas	Porcentaje	Acumulado
Tiempos de espera	22	30%	30%
Sobre procesamiento	18	24%	54%
Inventario	15	20%	74%
Desplazamientos	8	11%	85%
Movimientos Innecesarios	6	8%	93%
Corregir, reparar	3	4%	97%
Sobreproducción	2	3%	100%
Total	74%		

En la Figura 3.28 se representa el análisis del Diagrama de Pareto para definir los defectos que más ocasionan problemas al momento de la operación.

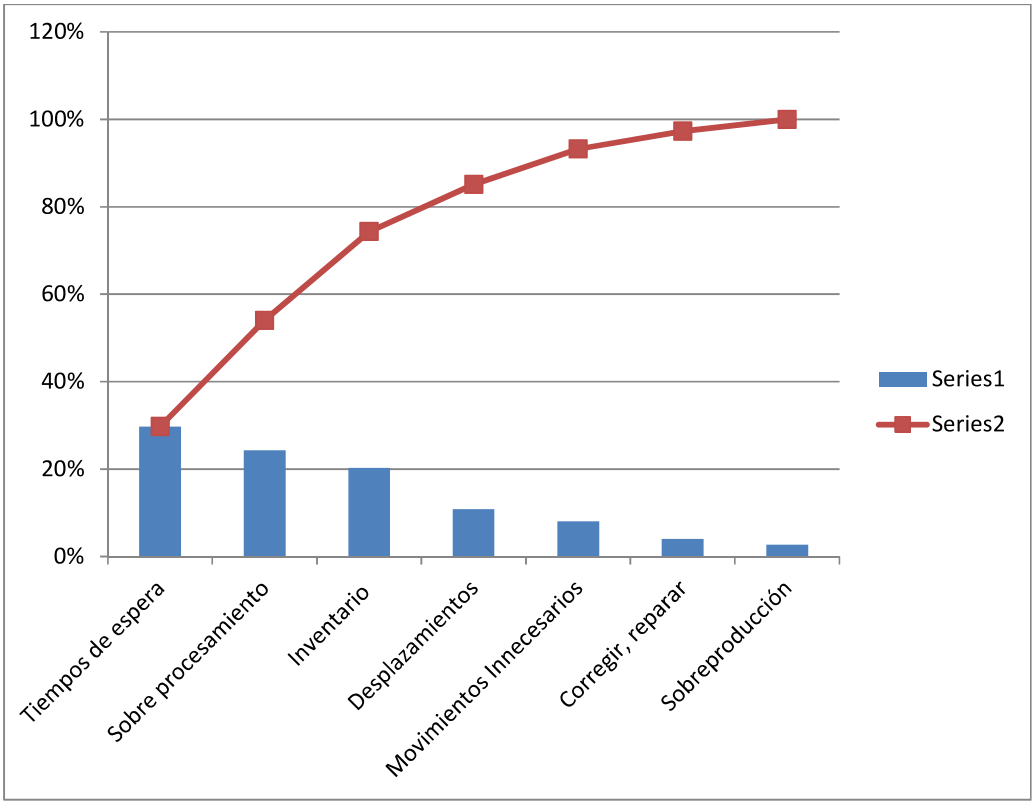


Figura 3.28. Determinación de las causas por medio de Pareto

Como se puede evidenciar en el diagrama los problemas vitales que se tienen que solucionar son los tiempos de espera, ya que corresponde al mayor porcentaje con el 30%, y el sobre procesamiento con el 24%.

Para dar soluciones al principal defecto encontrado, se propuso una lluvia de ideas por medio de un diagrama de Ishikawa, con la finalidad de determinar la relación causa efecto y con ello poder proponer las soluciones más determinantes.

En la Figura 3.29 se plantea el diagrama de Ishikawa con 6M para el defecto más relevante que es el tiempo de espera.

Una vez determinadas las causas posibles, se establece un plan de gestión para la solución del desperdicio detectado, con la finalidad de poder aprovechar el mayor tiempo posible de producción y evitar tener tiempos muertos de espera.

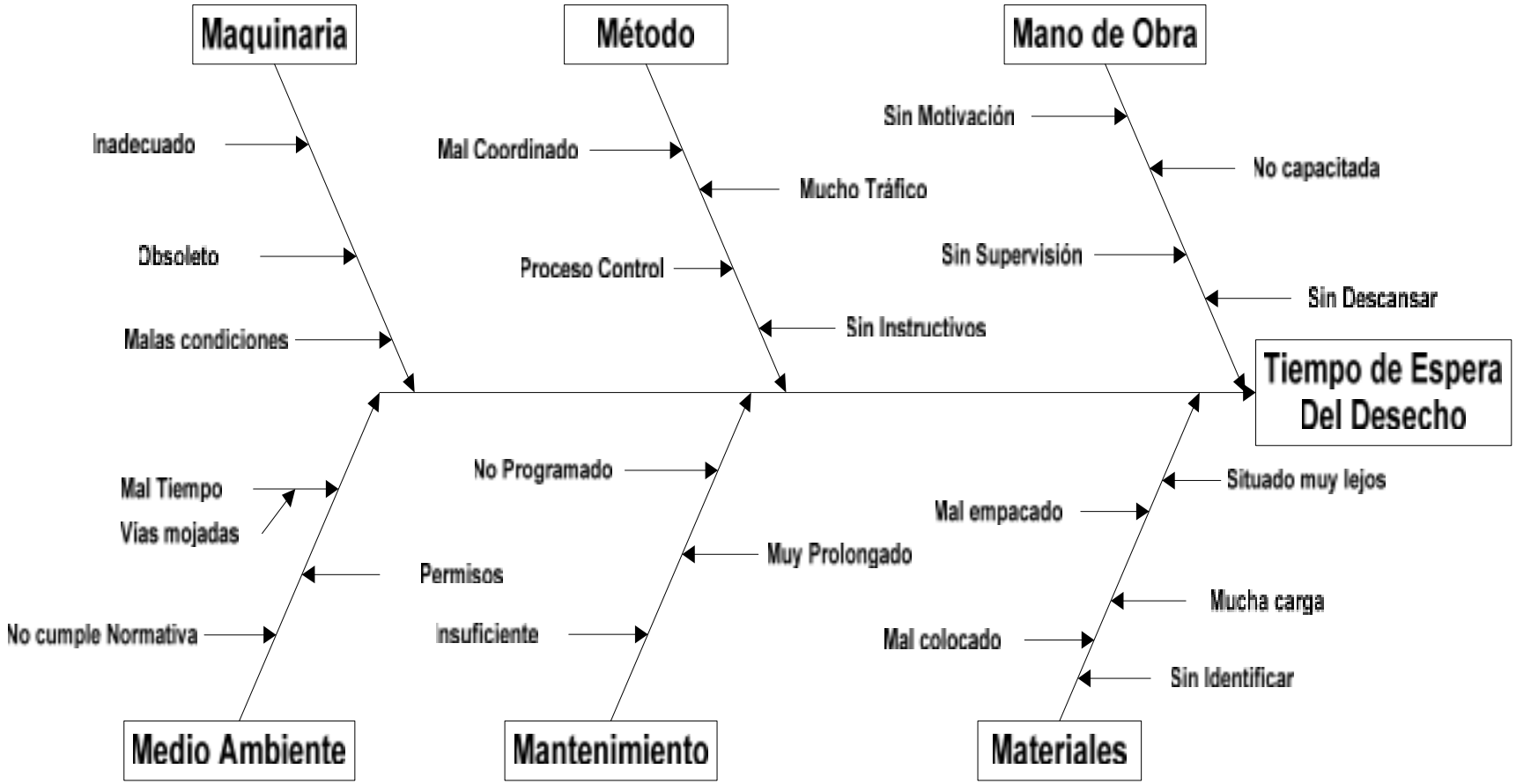


Figura 3.29. Diagrama de Ishikawa

El plan de acción para el desperdicio detectado de la espera que llegue el desecho a ser tratado se lo representa en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15. Plan de acción para el problema detectado

PROBLEMA	CAUSA	ACCION	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN
Tiempo de Espera del Desecho es muy prolongado	Falta de capacitación al personal	Programas capacitaciones constantes	Contratista	Estar presentes personal de EMGIRS
	Falta de Supervisión al personal	Realizar inspecciones constantes del recorrido	Contratista y Fiscalización de EMGIRS	Realizar inspección en conjunto y verificar tiempos
	Falta de Motivación	Programar turnos más flexibles y con remuneraciones al horario trabajado	Contratista	
	Personal sin descanso	Informar con anticipación ausentismos y vacaciones	Contratista	
	Falta de coordinación con los horarios de los dispensarios	Definir horarios de recolección de cada ruta	Contratista y Fiscalización	Anticipar la recolección
	No se coordina las rutas y horarios de recolección	Se debe realizar un control por radar	Contratista y EMGIRS	Por medio de GPS
	Congestión Vehicular	Cambiar horarios de recolección	Contratista y EMGIRS	
	Vehículos en malas condiciones	Realizar inspecciones diarias del estado vehicular	Fiscalización	Revisión de kits de seguridad
	No cumple la normativa y los permisos	Realizar inspecciones y simulacros de prevención de riesgos	Fiscalización EMGIRS	Revisar Plan de Contingencia
	Falta de vehículos por mantenimiento	Realizar mantenimientos programados	Contratista	
	Desecho mal colocado, empacado sin identificar	Realizar comunicados constantes con los lineamientos a seguir	Contratista y EMGIRS	Mencionar en el Contrato con los dispensarios
	Ubicación del Desecho	Coordinar con dispensarios la ubicación cercana	Dispensario y Contratista	

3.4. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESCHOS HOSPITALARIOS

La planta de tratamiento de desechos hospitalarios de la EMGIRS-EP, se lo considera un negocio autosustentable, donde los recursos ingresados son parte de la planificación anual de la empresa, razón por la cual la productividad de la planta tiene un factor importante al momento de ser considerado para el análisis.

La productividad se lo obtuvo de la relación entre la cantidad de desecho tratado diario en (ton) con relación al costo operativo en la planta, para lo cual se determinó las variables que influyen de forma directa e indirecta, posteriormente se realizó una comparación de la eficiencia entre la operación actual y la operación propuesta.

Tabla 3.16. Datos para la obtención de la productividad

Datos	Unidades	Valor
A. Personal	#	10
B. Horas Planificadas	h	12
C. Horas Reales	h	21
D. Jornada laboral diaria neta	h	15
E. Unidades producidas	kg	13 864
F. Unidades programadas	kg	15 000

El cálculo de la productividad se lo realizó mediante la Ecuación 1.15:

$$Productividad = \frac{13\ 864}{10 * 12 * 15}$$

$$Eficacia = \frac{13\ 864}{15\ 000}$$

$$Productividad = \frac{12}{21}$$

Tabla 3.17. Datos de la productividad actual

Indicadores	Unidades	Resultado
Productividad	Kg / h-h	4,40
Eficacia de producción	%	92 %
Eficiencia de producción	%	57 %

Tabla 3.18. Datos de la productividad propuesta

Indicadores	Unidades	Resultado
Productividad semanal	Kg / h-h	7,70
Eficacia de producción	%	92 %
Eficiencia producción	%	175 %

Con este análisis, se ha obtenido avances importantes para la capacidad de producción de la planta de tratamiento de desechos hospitalarios conforme al siguiente análisis:

La reducción del tiempo de entrega (lead time), al inicio del estudio era demasiado alto, el principal problema que presentaba la planta era la gran cantidad de desecho almacenado, una vez desarrollado el plan de mejora los Tack Time del proceso disminuye.

Las empresas adoptan algunas partes del sistema, como KANBAN, el flujo continuo de material, o JIT, pero sin un sistema lean completo, la aplicación de las técnicas desarrolladas no cumple con las expectativas esperadas ya que se pierde el control y el mejoramiento continuo del método.

De los estudios de tiempos realizados, se calculó la eficiencia de la producción un aumento de alrededor del 43%, lo cual indica que el proceso se encuentra encaminado hacia la mejora continua, en relación a otros trabajos es un porcentaje alto que se puede aprovechar para poder aumentar la producción de tratamiento.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Del estudio de la capacidad de la planta de tratamiento de desechos hospitalarios se identificó que uno de los principales causantes que generan tiempos muertos en la operación, es el tiempo de llegada que existe entre cada camión recolector, pues actualmente llegan al mismo tiempo los cuatro recolectores, cuando lo ideal sería que lleguen en un intervalo de 4 h.

- La planta de tratamiento de desechos hospitalarios tiene una capacidad que abastece la demanda mensual de 305 000 kg de desechos promedio, los cuales son procesados en los 22 días al mes que la empresa gestiona, se tiene un procesamiento diario de 13 864 kg, durante 16 h en 2 turnos de 8 h, de manera que el Tack Time obtenido es de 4,2 s/kg.

- Al aplicar el alineamiento estratégico en base a las técnicas de lean production, con un sistema de gestión y la mejora de la cadena de valor conjuntamente con el programa de mantenimiento TPM, se mejorará la eficiencia del sistema de autoclaves.

- Del análisis del VSM actual se determinó que la operación del tratamiento y almacenaje de desechos hospitalarios es en un lead time de 21 h, en dos turnos, al realizar el análisis con el VSM proyectado se obtuvo un lead time de 12 h, con los mismos recursos que se cuenta actualmente, con lo cual se obtiene un aprovechamiento del 42% de la jornada diaria.
- La productividad inicial del 56% de la planta, se puede incrementar al 175% luego de realizado el análisis VSM en donde se identificaron a los sobreprocesos que generan desperdicios a cada una de las actividades por no seguir estándares que permitan la mejora del inventario que asegure la producción.

- Con una redistribución del layout de la planta de tratamiento de desechos hospitalarios, se aumentaría el espacio disponible de las zonas de trabajo, así como también se reducirían los tiempos de cambios en la operación de las máquinas y los tiempos en el transporte del material que se acaba de tratar, aumentado la capacidad de producción en un 68%.

- Se estableció, a través del programa de Statgraphics, las cartas de control las que determinaron al proceso como estable, puesto que todos los datos analizados se encontraron distribuidos dentro de los límites de control tanto inferior de 7 880 como del superior de 18 200, por lo tanto, este proceso, trabaja a un nivel de 2 sigmas, por lo que se puede concluir que el proceso es idóneo.

4.2. RECOMENDACIONES

- El fomento de campañas de reciclaje y concientización en la ciudadanía y centros de salud, sobre la necesidad de separar los desechos infectocontagiosos de los residuos comunes permitirán incrementar el cuidar del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los generadores, usuarios y gestores, convirtiéndose así en indicadores de gestión y de mejoramiento de procesos.

- El orden y el aseo de las áreas de trabajo ayuda a identificar el avance de un sistema lean, ya que se evidenció la eliminación de desperdicios mediante el manejo de una técnica de mejora continua, yendo siempre de la mano en mantener una asesoría especializada para cumplir con los estándares de calidad.

- De acuerdo a la base de datos de la EMGIRS-EP, actualmente en el Distrito Metropolitano de Quito se recoleta aproximadamente 305 000 kg mensuales de desechos hospitalarios, por lo que es importante contar con un sistema de producción esbelta, adecuada y bien sistematizada por parte del personal operativo para contar con una buena recolección y evitar el sobre procesamiento y disminuir el inventario que es una pérdida.

- La empresa debe contar con una metodología y su continua mejora para la revisión de la planificación estratégica, con la inclusión de cumplimientos de los planes de acción propuestos y adaptables a las otras áreas de la institución, con la finalidad de tener un sistema de producción bien determinado en todas las fases de producción de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Heizer, J., & Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones.* Madrid: Pearson.
2. Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing.* Madrid: EOI.
3. Adam, E., & Ebert, R. (1991). *Administración de la producción y las operaciones.* Missouri: Columbia.
4. Arrieta , G. (2011). *Herramientas de producción.* Medellín: Fondo Editorial.
5. Awaritoma, O. (2010). *Performance Management in Lean.* Kalmar-Suecia: Spring.
6. Badurdeen, A. (2005). *Lean Manufacturing Basics.* Chicago: Lean Manufacturing Products.
7. Barcelli, G. (2012). Gestión, planificación y control de la producción. *Ingenieria Industrial*, 13-26.
8. Castillo, F. (2009). *La manufactura esbelta.* Cuautitlán: FES.
9. Chao, W. (2011). *An Application of Lean Thinking to the Furniture Engineering Process.* Virginia: Blacksburg.
10. Chapman, S. (2006). *Planeación y Control de la Producción.* México: Pearson Educación.
11. Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones.* México: McGRAW-HILL.
12. Crespo , F., & García Vázquez, J. (1996). Sistemas de planificación y control de la fabricación: análisis comparativo. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 101-124.
13. Dominguez, J. A., García, S., Ruiz, A., & Álvarez, M. (1995). *Dirección de operaciones.* Madrid: McGraw Hill.
14. Glovia. (2013). *Lean Manufacturing.* California, USA: Glovia International.

15. González, F. (2007). Manufactura esbelta Principales herramiesntas. *Revista Panorama Administrativo*, 85-112.

16. Hay, E. (1990). *Justo a Tiempo.* New York: Norma.

17. Hines , P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean.* Cardiff: Lean Enterprise Research Centre.

18. López, M., & Sanchez, I. (2010). *Implementación del método antierrores. Poka Yoke .* Urquiza: GFQSC.

19. Mark , G. (2007). *La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos.* Dallas: Accenture.

20. Pascal, D. (2005). *Lean production simplified.* New York: Shingo Prize.

21. Payseo, F. (2010). *Lean Manufacturing.* Madrid, España.

22. Quesada, H., Buehlmann, U., & Arias, E. (2012). *Pensamiento Lean.* Virginia : Virginia Cooperative Extension.

23. Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean manufacturing la evidenciade una realidad.* Madrid: Díaz de Santos.

24. Sánchez, L., Blanco, B., & Pérez, C. (2012). *Lean Management. Un estudio bibliométrico.* Entre Ríos: UADER.

25. Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean for Dummies.* Indianapolis: Wiley Publishing.

26. Shah, R., & Ward, P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 21.

27. Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y Control de la Producción.* México: McGRAW-HILL.

28. Talavera, C. (2012). *Métodos y herramientas de mejora.* Granda: Ghenadie.

29. Taylor, F. (2013). *Lean Manufacturing.* Fellenoor: Glovia International.

30. Toledano, A., Mañes, N., & García, S. (2009). *Las claves del éxito de Toyota.* México: ISSN.

31. Tornos, I., Sergio, X., Magarolas, S., & Giral, E. (2012). *Implantando Lean.* Madrid: Lean Auren.

32. Vilana, J. (2011). *Fundamentos del Lean Manufacturing.* Madrid: Compartirigual.

33. Villaseñor, A., & Galindo , E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing.* México: Limusa.

34. Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing.* New York: Mc Graw Hill.

35. Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking.* Reino Unido: Gestión 2000.

ANEXOS

ANEXO I

DESECHOS HOSPITALARIOS TIPO I

Tabla I.1. Listado de desechos biológicos infecciosos

EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS EMGIRS-EP **GERENCIA DE OPERACIONES** **COORDINACION GENERAL DE NEGOCIOS PROPIOS** **GESTION INTEGRAL DE DESECHOS HOSPITALARIOS**	
LISTADO DE DESECHOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS ADMITIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS HOSPITALARIOS EMGIRS-EP	
TIPO DE TRATAMIENTO	Esterilización por Autoclave
DESECHOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS NO DESACTIVADOS	
▪ Apósitos ▪ Ropa quirúrgica descartable ▪ Campos quirúrgicos descartables ▪ Mascarillas ▪ Guantes de examinación ▪ Protectores de cabello descartables ▪ Gasas ▪ Papel absorbente hospitalario (toallas de papel quirúrgico) ▪ Instrumental descartable ▪ Lencería dada de baja ▪ Filtro de gases aspiradores de áreas contaminadas por agentes infecciosos y cualquier residuo contaminado por estos materiales	
OBJETOS CORTOPUNZANTES CONTAMINADOS CON SUSTANCIAS PELIGROSAS O SECRECIONES	
▪ Elementos punzo cortantes ▪ Agujas hipodérmicas ▪ Bisturís ▪ Agujas de sutura ▪ Catéteres con aguja	
CULTIVOS DE AGENTES INFECCIOSOS Y DESECHOS DE PRODUCCIÓN BIOLÓGICA, CAJAS PETRI, PLACAS DE FROTIS Y TODOS LOS INSTRUMENTOS USADOS PARA MANIPULAR, MEZCLAR O INOCULAR MICROORGANISMOS	
▪ Pipetas ▪ Placas de cultivo ▪ Objetos de vidrio ▪ Cultivos ▪ Inóculos ▪ Cajas Petri	

OBJETOS CORTOPUNZANTES QUE HAN SIDO UTILIZADOS EN LA ATENCIÓN DE SERES HUMANOS O ANIMALES; EN LA INVESTIGACIÓN, EN LABORATORIOS Y ADMINISTRACIÓN DE FÁRMACOS
▪ Elementos punzo cortantes ▪ Agujas hipodérmicas ▪ Bisturís ▪ Agujas de sutura ▪ Catéteres con aguja
MATERIAL E INSUMOS QUE HAN SIDO UTILIZADOS PARA PROCEDIMIENTOS MÉDICOS Y QUE HAN ESTADO EN CONTACTO CON FLUIDOS CORPORALES
▪ Descartables de diálisis ▪ Descartables de sueros ▪ Sondas ▪ Venoclisis ▪ Mangueras plásticas ▪ Corto astillantes

ANEXO II

DATOS OBTENIDOS DE BÁSCULA DESDE SEPTIEMBRE 2017 HASTA ENERO 2018

Tabla II.1. Datos de báscula del mes de septiembre 2017

CALENDARIO		DATOS DE BASCULA DEL RELLENO SANITARIO DEL D.M.Q	
		PESOS EN KILOS	
		TOTAL INGRESADO PARA TRATAMIENTO	TOTAL DISPOSICIÓN FINAL TRATADOS
V	1	10770,00	10810,00
S	2	0,00	0,00
D	3	0,00	0,00
L	4	16660,00	17070,00
M	5	10720,00	10180,00
MI	6	12040,00	11780,00
J	7	11340,00	12470,00
V	8	11670,00	12410,00
S	9	0,00	0,00
D	10	0,00	0,00
L	11	20650,00	19670,00
M	12	10890,00	11410,00
MI	13	12680,00	13620,00
J	14	11770,00	10850,00
V	15	9870,00	11210,00
S	16	0,00	0,00
D	17	0,00	0,00
L	18	19410,00	19500,00
M	19	10350,00	9970,00
MI	20	12450,00	12590,00
J	21	11000,00	11570,00
V	22	12550,00	13680,00
S	23	0,00	0,00
D	24	0,00	0,00
L	25	17780,00	18160,00
M	26	9660,00	10020,00
MI	27	11970,00	10980,00
J	28	10800,00	11340,00
V	29	11130,00	12220,00
S	30	0,00	0,00
TOTAL kg		**266160,00**	**271510**
TOTAL Tn		**266,16**	**271,51**

Tabla II.2. Datos de báscula del mes de octubre 2017

CALENDARIO		DATOS DE BASCULA DEL RELLENO SANITARIO DEL D.M.Q	
		PESOS EN KILOS	
		TOTAL INGRESADO PARA TRATAMIENTO	TOTAL DISPOSICIÓN FINAL TRATADOS
D	1	0,00	0,00
L	2	18350,00	19390,00
M	3	9610,00	9810,00
MI	4	10620,00	11010,00
J	5	8800,00	9190,00
V	6	11210,00	11480,00
S	7	0,00	0,00
D	8	0,00	0,00
L	9	0,00	0,00
M	10	19440,00	19880,00
MI	11	13170,00	13590,00
J	12	10620,00	10240,00
V	13	10530,00	11090,00
S	14	0,00	0,00
D	15	0,00	0,00
L	16	20660,00	21760,00
M	17	9980,00	9980,00
MI	18	11750,00	11580,00
J	19	9630,00	9110,00
V	20	11240,00	12440,00
S	21	0,00	0,00
D	22	0,00	0,00
L	23	20330,00	20850,00
M	24	10860,00	10090,00
MI	25	10200,00	11490,00
J	26	10110,00	8990,00
V	27	11440,00	13170,00
S	28	0,00	0,00
D	29	0,00	0,00
L	30	19870,00	20560,00
M	31	10480,00	11150,00
TOTAL kg		**268900,00**	**276850,00**
TOTAL Tn		**268,90**	**276,85**

Tabla II.3. Datos de báscula del mes de noviembre 2017

CALENDARIO		DATOS DE BASCULA DEL RELLENO SANITARIO DEL D.M.Q	
		PESOS EN KILOS	
		TOTAL INGRESADO PARA TRATAMIENTO	TOTAL DISPOSICIÓN FINAL TRATADOS
MI	1	12060,00	14780,00
J	2	9020,00	9350,00
V	3	0,00	0,00
S	4	0,00	0,00
D	5	0,00	0,00
L	6	17480,00	16810,00
M	7	10250,00	9820,00
MI	8	9510,00	10620,00
J	9	9310,00	8440,00
V	10	11790,00	14900,00
S	11	0,00	0,00
D	12	0,00	0,00
L	13	20030,00	20660,00
M	14	9260,00	9550,00
MI	15	11760,00	11920,00
J	16	8760,00	9060,00
V	17	12120,00	12840,00
S	18	0,00	0,00
D	19	0,00	0,00
L	20	19080,00	18590,00
M	21	8960,00	9440,00
MI	22	13190,00	13590,00
J	23	8330,00	8900,00
V	24	11400,00	11730,00
S	25	0,00	0,00
D	26	0,00	0,00
L	27	19250,00	19580,00
M	28	9840,00	10080,00
MI	29	10060,00	10320,00
J	30	9860,00	9850,00
TOTAL kg		**251320,00**	**260830,00**
TOTAL Tn		**251,32**	**260,83**

Tabla II.4. Datos de báscula del mes de diciembre 2017

CALENDARIO		DATOS DE BASCULA DEL RELLENO SANITARIO DEL D.M.Q	
		PESOS EN KILOS	
		TOTAL INGRESADO PARA TRATAMIENTO	TOTAL DISPOSICIÓN FINAL TRATADOS
V	1	10020,00	12060,00
S	2	0,00	0,00
D	3	0,00	0,00
L	4	19510,00	25170,00
M	5	9730,00	11970,00
MI	6	8100,00	0,00
J	7	7540,00	13210,00
V	8	11850,00	15490,00
S	9	0,00	0,00
D	10	0,00	0,00
L	11	18330,00	14230,00
M	12	11390,00	11560,00
MI	13	9600,00	9840,00
J	14	11710,00	12050,00
V	15	10200,00	10330,00
S	16	0,00	0,00
D	17	0,00	0,00
L	18	16360,00	16710,00
M	19	14890,00	9750,00
MI	20	11560,00	10820,00
J	21	9930,00	9630,00
V	22	12700,00	7730,00
S	23	0,00	0,00
D	24	0,00	0,00
L	25	15310,00	17570,00
M	26	9950,00	8440,00
MI	27	8920,00	11110,00
J	28	7720,00	0,00
V	29	10100,00	19650,00
S	30	0,00	0,00
D	31	0,00	0,00
TOTAL kg		**245420,00**	**247320,00**
TOTAL Tn		**245,42**	**247,32**

Tabla II.5. Datos de báscula del mes de enero 2018

CALENDARIO		DATOS DE BASCULA DEL RELLENO SANITARIO DEL D.M.Q	
		PESOS EN KILOS	
		TOTAL INGRESADO PARA TRATAMIENTO	TOTAL DISPOSICIÓN FINAL TRATADOS
L	1	0,00	0,00
M	2	24160,00	20380,00
MI	3	8700,00	13540,00
J	4	9400,00	9840,00
V	5	10420,00	11140,00
S	6	0,00	0,00
D	7	0,00	0,00
L	8	23440,00	21590,00
M	9	10950,00	13960,00
MI	10	12000,00	12420,00
J	11	10990,00	9650,00
V	12	11610,00	13300,00
S	13	0,00	0,00
D	14	0,00	0,00
L	15	20810,00	19000,00
M	16	11530,00	14630,00
MI	17	12700,00	13670,00
J	18	9150,00	9390,00
V	19	14850,00	15450,00
S	20	0,00	0,00
D	21	0,00	0,00
L	22	19880,00	19320,00
M	23	12260,00	12190,00
MI	24	10750,00	11850,00
J	25	11490,00	12340,00
V	26	15310,00	15940,00
S	27	0,00	0,00
D	28	0,00	0,00
L	29	20560,00	16660,00
M	30	11260,00	16030,00
MI	31	12420,00	12760,00
TOTAL kg		**304640,00**	**315050,00**
TOTAL Tn		**304,64**	**315,05**

ANEXO III

HOJA DE REGISTRO DE TIEMPOS

Tabla III.1. Formato para registro de tiempos de operación

Hoja de Registro de Tiempos							
Nombre de la actividad:						Tag No:	
Cantidad procesada:							
		Inicio			Fin		
Etapa	Departamento.	Fecha	Hora:Min	Actividad	Fecha	Hora:Min	Notas
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

ANEXO IV

CURSOGRAMA ANALÍTICO PARA UN PROCESO

Tabla IV.1. Formato de cursograma analítico

CURSOGRAMA ANALÍTICO				
DIAGRAMA OBJETO: MÉTODO: LUGAR:	**ACTIVIDAD**		**ACTUAL**	**PROPUESTA**
	Operación Transporte Espera Inspección Almacenamiento			
	Distancia (metros)			
	Tiempo (min)			

DESCRIPCION	**Can.**	**Distan.**	**Tiempo**	**Generan**	**SÍMBOLO**				
	kg	**m**	**min**	**VA**					
TOTAL									

ANEXO V

FORMATO PARA REVISIÓN DE 5S

Tabla V.1. Formato para ponderar la técnica de 5S de un proceso

LOGOTIPO		**EMPRESA/ÁREA**						
Línea de Chequeo de las 5S		**Área de Trabajo:**		Elaborado por:				
5S	**Tarea**	**Elementos chequeados**	**Descripción de la Revisión**	**Ponderación**				
				0	**1**	**2**	**3**	**4**
Seiri Clasificar	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
			Suma					
			Total	/20				
Seiton Ordenar								
			Suma					
			Total	**/20**				
Seiso Limpiar								
			Suma					
			Total	**/20**				
Seiketsu Limpieza Estandarizada								
			Suma					
			Total	/20				
Shitsuke Autodisciplina								
			Suma					
			Total	/20				

ANEXO VI

TABLA DE EFECTIVIAD DE LA MAQUINARIA

Tabla VI.1. Índice de efectividad de las autoclaves

EFECTIVIDAD											
FECHA DE LA TOMA: 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2014											
Autoclave C - 3 carros				Autoclave B - 3 carros				Autoclave A - 2 carros			
Autoclave BAUMER, Modelo WWTS 2300, Serie 133.01.005				Autoclave BAUMER, Modelo WWTS 2300, Serie 133.01.006				Autoclave BAUMER, Modelo WWTS 1500, Serie 8440/257			
Corrida 0%		Resultado UFC	% Efectividad ((No-N)/No)*100	Corrida 0%		Resultado UFC	% Efectividad ((No-N)/No)*100	Corrida 0%		Resultado UFC	% Efectividad ((No-N)/No)*100
1	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Anterior Medio	0	100	1	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Anterior Medio	0	100	1	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Anterior Medio	0	100
2	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio Superior	0	100	2	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio Superior	0	100	2	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio Superior	0	100
3	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio	0	100	3	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio	0	100	3	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio	0	100
4	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio Inferior	0	100	4	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio Inferior	0	100	4	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio Inferior	0	100
5	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Posterior Medio	0	100	5	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Posterior Medio	0	100	5	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Posterior Medio	0	100
6	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 2 Medio	0	100	6	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 2 Medio	0	100	6	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Anterior Medio	0	100
7	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Anterior Medio	0	100	7	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Anterior Medio	0	100	7	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 3 Medio Superior	0	100
8	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Medio Superior	0	100	8	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Medio Superior	0	100	8	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 3 Medio	0	100
9	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Medio	0	100	9	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Medio	0	100	9	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Medio Inferior	0	100
10	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Medio Inferior	0	100	10	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Medio Inferior	0	100	10	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Posterior Medio	0	100
11	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Posterior Medio	0	100	11	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Posterior Medio	0	100				
Corrida 50%				Corrida 50%				Corrida 50%			
1	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Anterior Medio	0	100	1	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Anterior Medio	0	100	1	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Anterior Medio	0	100
2	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio Superior	0	100	2	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio Superior	0	100	2	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio Superior	0	100
3	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio	0	100	3	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio	0	100	3	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio	0	100
4	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio Inferior	0	100	4	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio Inferior	0	100	4	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio Inferior	0	100
5	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Posterior Medio	0	100	5	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Posterior Medio	0	100	5	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Posterior Medio	0	100
6	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 2 Medio	0	100	6	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 2 Medio	0	100	6	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Anterior Medio	0	100
7	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Anterior Medio	0	100	7	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Anterior Medio	0	100	7	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 3 Medio Superior	0	100
8	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Medio Superior	0	100	8	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Medio Superior	0	100	8	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 3 Medio	0	100
9	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Medio	0	100	9	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Medio	0	100	9	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Medio Inferior	0	100
10	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Medio Inferior	0	100	10	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Medio Inferior	0	100	10	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Posterior Medio	0	100
11	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 3 Posterior Medio	0	100	11	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 3 Posterior Medio	0	100				
Corrida 100%				Corrida 100%				Corrida 100%			
1	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Anterior Medio	0	100	1	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Anterior Medio	0	100	1	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Anterior Medio	0	100
2	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio Superior	0	100	2	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio Superior	0	100	2	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio Superior	0	100
3	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio	0	100	3	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio	0	100	3	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio	0	100
4	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Medio Inferior	0	100	4	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Medio Inferior	0	100	4	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Medio Inferior	0	100
5	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 1 Posterior Medio	0	100	5	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 1 Posterior Medio	0	100	5	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 1 Posterior Medio	0	100
6	Indicador Biológico Autoclave C Carro # 2 Medio	0	100	6	Indicador Biológico Autoclave B Carro # 2 Medio	0	100	6	Indicador Biológico Autoclave A Carro # 2 Anterior Medio	0	100