

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAOLÍN DE
LA EMPRESA “MINERALES SANTA LUCIA S.A” POR MEDIO DE LAS
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING**

**EDWIN ALBERTO ARDILA FLOREZ
WILMER ARVEY RUIZ LOPEZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2021**

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAOLÍN DE
LA EMPRESA “MINERALES SANTA LUCIA S.A” POR MEDIO DE LAS
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING.**

**EDWIN ALBERTO ARDILA FLOREZ
WILMER ARVEY RUIZ LOPEZ**

**Proyecto de Investigación para optar al
Título de Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2021**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Bogotá, junio 2021

CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1	Pregunta de investigación	13
2	JUSTIFICACIÓN	14
3	ALCANCE	16
4	OBJETIVOS	17
4.1	Objetivo general	17
4.2	Objetivos específicos	17
5	MARCO REFERENCIA.	18
5.1	Marco conceptual	18
5.1.1	Lean Manufacturing	18
5.1.2	Kanban	19
5.1.3	JIT (Just in Time)	19
5.1.4	Estrategias de las 5´S	20
6	MARCO TEÓRICO	21
6.1.1	Pilares de Lean Manufacturing	26
5.2.3.1	Kaizen	26
5.2.3.2	Control de calidad	26
6.1.2	Tipos de desperdicios bajo Lean Manufacturing	27
6.1.3	Herramientas de Lean Manufacturing	28
6.1.4	Estrategia de las 5´s	29
7	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	32
7.1	Tipo de investigación	32
7.2	Diseño de la investigación	32

7.3	Estrategias metodológicas	32
7.3.1	Población	32
7.3.2	Fuentes y técnicas de recolección de información	33
7.3.3	Formato Entrevista al Gerente	35
7.3.4	Observación de campo	36
7.4	Cronograma	37
7.5	Presupuesto y recursos de investigación	39
8	CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL CAOLÍN	41
8.1	Proceso de producción del caolín	42
8.1.1	Fase 1. Adquisición de material	42
8.1.2	Fase 2. Almacenamiento y clasificación del material	43
8.1.3	Fase 3. Trituración del material	44
8.1.4	Fase 4. Secado	45
8.1.5	Fase 5. Producción	47
8.1.6	Fase 6. Empacado y almacenamiento del material	49
8.2	Diagrama de flujo proceso de producción de caolín	50
9	ESTUDIO DE TIEMPOS	52
10	FLUJOGRAMA DE LA EMPRESA MINERALES SANTA LUCIA	2
11	VSM ACTUAL DE LA EMPRESA	4
11.1	Aplicación de VSM	5
11.2	Clasificación material	6
11.3	Identificación de problemas en el proceso actual	7
11.3.1	Problemas con el área de secado	7
11.3.2	Problemas en el control de producción	7

11.3.3	Desorden área de almacenamiento	7
11.3.4	Proceso de secado	7
12	IMPLEMENTACION DE HERRRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING	9
12.1	Just in time	9
12.2	VSM propuesto implementando el horno	10
13	PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DE HORNO SECADOR CIRCULAR ROTATORIO.	12
13.1	Especificaciones	12
14	MONTAJE DE HORNO CIRCULAR ROTATORIO PARA EL PROCESO DE SECADO	14
14.1.1	Generalidades	14
14.1.2	Funcionamiento del horno	14
14.1.3	Ventajas del horno circular rotatorio	19
14.2	MONTAJE LISTO PARA ENSAMBLAR DEL HORNO CIRCULAR ROTATORIO	20
15	FORMATO CONTROL DE PRODUCCION	24
16	IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA 5´S EN MINERALES SANTA LUCIA	25
16.1	¿Cómo se implementan las 5´S?	25
16.1.1	Primera S: Seiri (Clasificación)	27
16.1.2	Segunda S: Seiton (orden)	29
16.1.3	Tercera S: Seiso (Limpieza)	32
16.1.4	Cuarta S: Seiketsu (Estandarización)	33
17	CONCLUSIONES	36
18	RECOMENDACIONES	37

19	BIBLIOGRAFÍA	38
20	ANEXOS	42
20.1	ANEXO 1	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro metodológico, fuente: propia.....	20
Tabla 2 Observación de campo, fuente: propia.....	23
Tabla 3 Observación de campo, fuente: propia.....	23
Tabla 4 Observación de campo, fuente: propia.....	24
Tabla 5 Observación de campo, fuente: propia.....	24
Tabla 6 Cronograma, fuente: propia.....	24
Tabla 6 Cronograma, fuente: propia.....	25
Tabla 7 Presupuesto, fuente: propia.....	59
Tabla 8 Datos producción mensual, fuente: propia.....	43
Tabla 9 Control de ventas, fuente: propia.....	58
Tabla 10 Control de ventas, fuente: propia.....	59
Tabla 11 Control de ventas, fuente: propia.....	60
Tabla 12 Detalles pieza, fuente; propia.....	63
Tabla 13 Formato control de producción.....	71
Tabla 14 5'S, fuente; propia.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 VSM, fuente; propia	31
Figura 2 Diagrama de flujo caracterización de los procesos, fuente; propia.	32
Figura 3 Adquisición de material, fuente; propia	33
Figura 4 Almacenamiento y clasificación de material, fuente; propia.....	34
Figura 5 Trituración de material, fuente; propia	34
Figura 6 Secado de material, fuente; propia.....	35
Figura 7 Secado de material, fuente; propia.....	36
Figura 8 Producción, fuente; propia	37
Figura 9 Producción, fuente; propia	38
Figura 10 Producción, fuente; propia	38
Figura 11 Empacado y almacenamiento de material, fuente; propia.....	39
Figura 12 Empacado y almacenamiento de material, fuente; propia.....	39
Figura 13 Proceso de secado, fuente; propia.....	40
Figura 14 Proceso de secado, fuente; propia.....	40
Figura 15 VSM, fuente; propia.....	41
Figura 16 Pieza, fuente; propia.....	61
Figura 17 Plano pieza, fuente; propia.....	63
Figura 18 Plano base, fuente; propia.....	64
Figura 19 Plano tubo, fuente; propia.....	64
Figura 20 Plano engranaje, fuente; propia.....	65
Figura 21 Plano guías, fuente; propia.....	65

Figura 22 Plano motor, fuente; propia.....	67
Figura 23 Montaje horno, fuente; propia.....	68
Figura 24 Fotografía tubo, fuente; propia.....	70
Figura 25 Fotografía tubo, fuente; propia.....	70
Figura 26 Fotografía tubo, fuente; propia.....	71
Figura 27 Fotografía tubo, fuente; propia.....	71
Figura 28 Fotografía tubo, fuente; propia.....	72
Figura 29 Fotografía tubo, fuente; propia.....	72
Figura 30 Material inservible seleccionado, fuente; propia.....	73
Figura 31 Herramienta de trabajo, fuente; propia.....	75
Figura 32 Estantería metálica, fuente; propia.....	75
Figura 33 Estibas de almacenamiento, fuente; propia.....	77
Figura 34 Almacenamiento de producto terminado, fuente; propia.....	78

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desperdicio de tiempo, materiales y producción es un problema que se viene presentando desde hace muchos años en las empresas, por falta de un control de los mismos. Alrededor de los años 80, algunos dueños de empresas productoras estadounidenses observaron que se debía aumentar el nivel de calidad, disminuir los costos y además de esto se debía ofrecer servicio mejorado a los clientes y/o consumidores con el objetivo de generar competencia de forma efectiva en el mercado (Nahmia & Castellanos, 2015).

El caolín es un material que se usa en la industria para la fabricación de cerámicas, vidrios, plásticos, agroquímicos, entre muchos otros procesos más (Bartolomé, 2017). La compañía Minerales Santa Lucia S.A., ubicada en el municipio de Guasca, Cundinamarca, es una empresa dedicada a la producción de dicho material.

La Empresa minerales Santa Lucia S.A tiene falencias en el proceso de producción, presenta desperdicios tanto de material como de tiempo, lo cual causa una falta de material generando demoras en las entregas, los empleados trabajan de forma empírica en desarrollo de los procesos, por falta de un manual de procesos las actividades son realizadas con poca uniformidad, es decir se presentan fallas de comunicación lo cual ocasiona cuellos de botella, reprocesos, movimientos repetitivos e innecesarios en el proceso de producción además se generan retrasos en la producción, la cual se realiza por pedidos de acuerdo a la demanda de los clientes, se debe cumplir con una producción aproximada de 2000 bultos de 20 kilos que exige la demanda semanalmente, al no establecer periodos de producción y controles se llegan a una producción de tan solo 1700 a 1800 bultos teniendo un déficit de producción de 200 a 300 bultos.

Existen semanas donde la producción sobrepasa la demanda y no hay una planeación de producción que contraste esta sobreproducción, esto genera desperdicios de material viéndose reflejado en los costos tanto de producción como de almacenamiento, además existen cuellos de botella lo que genera pérdidas ya que el caolín es un producto en polvo y su indebido almacenamiento podría causar daños en el mismo por humedad o generar contaminación por falta de control de producción (Informado por el dueño y Gerente General: Armando Rodríguez).

Se requiere implementar las herramientas Lean Manufacturing como alternativa o posible solución a la problemática que presenta minerales Santa Lucia S.A, ya que esta herramienta trae ciertos beneficios al ser implementado en las empresas como lo son:

- Ayuda en la mejora continua de la productividad, es decir que al eliminar ciertos procesos que no generan valor, se obtiene grandes mejoras en la operación de la empresa. Socconini (2019).
- Genera mayor satisfacción al cliente ya que está enfocada en la satisfacción de las necesidades específicas de cada cliente, sin dejar atrás la puntualidad y calidad del producto. Socconini (2019).
- Reduce costos al mismo tiempo de optimizar los procesos de la producción se genera cierta reducción de los costos de producción innecesarios. Socconini (2019).
- Genera cierta reducción en los inventarios ya que este modelo busca la minimización de despilfarros de materiales, al mismo tiempo genera cierta reducción en sobreproducción y permite ahorro de inventarios. Socconini (2019).

1.1 Pregunta de investigación

¿Qué beneficios tiene implementar las herramientas Lean Manufacturing en el proceso de producción de caolín en la empresa Minerales Santa Lucia S.A.?

2 JUSTIFICACIÓN

Minerales Santa Lucia S.A es una empresa que se encarga del procesamiento y distribución de caolín para la elaboración de productos de construcción como la pintura y el cemento, dentro de su actividad se encuentran proceso de recepción, transformación y almacenamiento de caolín.

Al no tener estandarización de estos procesos, se ve un desvío de cierta información donde se encuentran problemas como la falta de material o materia prima generando demoras en las entregas, se evidencia una forma empírica en la forma de desarrollo de los procesos por los empleados, por falta de un manual de procesos las actividades son realizadas con poca uniformidad, es decir se presentan fallas de comunicación lo cual ocasiona cuellos de botella, reprocesos, movimientos repetitivos e innecesarios en el proceso de producción, estos problemas generan pérdidas a la empresa.

Por tal razón se procede a realizar el diseño de una propuesta la cual está enfocada en la implantación de las herramientas LEAN, con el objetivo de eliminar estos problemas que no generan valor a la empresa, con el uso de estas herramientas como las 5's, este estudio tendrá un impacto económico y da las pautas para que la empresa sea más competitiva a nivel productivo cumpliendo con los estándares de producción y calidad.

Se requiere implementar las herramientas Lean Manufacturing como alternativa o posible solución a la problemática que presenta minerales Santa Lucia S.A, ya que esta herramienta trae ciertos beneficios al ser implementado en las empresas como lo son; ayuda en la mejora continua de la productividad, es decir que al eliminar ciertos procesos que no generan valor, genera mayor satisfacción al cliente ya que está enfocada en la satisfacción de las necesidades específicas de cada cliente, reduce costos al mismo tiempo de optimizar los procesos de la producción se

genera cierta reducción de los costos de producción innecesarios, además genera cierta reducción en los inventarios ya que este modelo busca la minimización de despilfarros de materiales, al mismo tiempo genera cierta reducción en sobreproducción y permite ahorro de inventarios, Socconini (2019).

3 ALCANCE

Con este proyecto se busca proponer una mejora del proceso de producción de Caolín de la empresa “Minerales Santa Lucia S.A”, por medio del uso de herramientas de optimización de la producción mediante Lean Manufacturing, para así eliminar ese desperdicio del 5% en la producción de caolín y además mejorar su producción en un 30% con la ayuda de la implementación de estas herramientas.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora del proceso de producción de Caolín de la empresa “Minerales Santa Lucia S.A”, por medio del uso de herramientas Lean Manufacturing.

4.2 Objetivos específicos

- Elaborar un diagnóstico actual del proceso productivo y de almacenamiento mediante las herramientas Lean Manufacturing de la empresa Minerales Santa lucia.
- Determinar las variables críticas que están afectando el proceso tanto productivo como de almacenamiento del producto terminado de la empresa Minerales Santa Lucia.
- Diseñar estrategias que permita mejorar la productividad y almacenamiento del caolín, a partir de la implementación de herramientas de lean manufacturing.

5 MARCO REFERENCIA.

A continuación, se ve el marco conceptual que presenta algunos términos claves para el desarrollo de la propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing.

5.1 Marco conceptual

5.1.1 Lean Manufacturing

Como afirma Becker, (1998). “Lean” en una fábrica o empresa se encarga de describir una colección de herramientas y/o técnicas que sirven disminuir el tiempo, a su vez los activos y aumentando la productividad, además habla de cómo Lean asume el compromiso de optimizar un proceso.

A su vez Padilla, (2010) dice que las técnicas desarrolladas por el grupo Toyota son efectivas para mejorar significativamente y optimizar los procesos de operación de toda empresa productiva de la industria, estas técnicas son llamadas lean y su objetivo principal es minimizar en gran cantidad el desperdicio aumentando su productividad.

Por otro lado, Tejeda, (2011) establece que las herramientas Lean son una clase de sistema socio-tecnológico que ayuda en el mejoramiento de procesos, que tiene un propósito fundamental el cual es acabar los desperdicios o actividades que eliminan valor a la actividad, al hacer este procedimiento la calidad de los productos tiende a aumentar y a su vez los tiempos y costos de producción disminuyen en un corto tiempo.

Por lo tanto, para este proyecto aplicará la definición de Padilla, (2010) “Lean Manufacturing” para así mismo mejorar y optimizar los procesos operativos en la empresa Minerales Santa Lucía” para optimizar el tiempo, los recursos humanos, la productividad y minimizar el desperdicio en el proceso de producción de caolín.

5.1.2 Kanban

(Rahman, & Esa, 2013) El kanban cierta herramienta que pertenece al sistema de fabricación ajustada que tiene la función de lograr un inventario mínimo. Kanban es una decisión estratégica operativa que es utilizada en la producción, su función dentro de la empresa es minimizar el desperdicio y mejorar la productividad.

Dice Bermejo, (2011). que el Kanban es un programa de gestión del trabajo en curso (WIP1), cuyo objetivo es asegurar una producción continua evitando sobrecargas en el proceso de producción en masa. El Kanban genera la gestión capaz de producir exactamente la cantidad de trabajo necesaria para que el sistema trabaje acorde a lo que es capaz de asumir.

Por lo tanto, como lo dice (Rahman, & Esa, 2013) , se implementará en minerales Santa Lucía, que es mejorar la productividad de Caolín y al mismo tiempo minimizar o eliminar el desperdicio de material mejorando la productividad.

5.1.3 JIT (Just in Time)

Para Ohno (1982), el cual es uno de los primeros autores en dar significado a JIT, este dice que JIT es tener la parte correspondiente, en el momento y cantidad adecuados.

Fullerton y McWatters (2002) estos dos autores idean que JIT puede ser una filosofía de manufactura que hace insistencia en la mejora continua de la productividad y la calidad en todos los procesos de la industria.

Wakchaure et. al., (2006) este autor de la una definición a JIT como una práctica que tiene como objetivo reducir el uso de materias primas, minimizar el trabajo por proceso realizado, y el inventario de producto terminado así minimizando o reduciendo las deficiencias más graves en el proceso de producción.

Se quiere reducir el uso de materias primas, minimizar el trabajo por proceso realizado, y el inventario de producto terminado así minimizando o reduciendo las deficiencias más graves en el proceso de producción por eso este trabajo se guiara de la teoría o definición de Wakchaure et. al., (2006)

5.1.4 Estrategias de las 5'S

Las estrategias de las 5's principalmente se iniciaron por parte de Toyota en los años 60's, esta buscaba encontrar un lugar de trabajo mejor organizado, estas estrategias buscan la asignación de recursos y la asimilación de la cultura de la empresa. Esta estrategia se divide en cinco fases ideadas por la cultura japonesa, "seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke" Sánchez, & González. (2013).

A lo largo del proyecto de investigación será primordial el uso de las 5 estrategias ya que se busca mejorar los procesos de producción de caolín en la empresa "Minerales Santa Lucia S.A."

6 MARCO TEÓRICO

El término Lean viene del término inglés que traduce al castellano como “sin grasa o esbelto” pero al ser aplicado a un sistema de producción que traduce “flexible” capaz de adaptarse a las necesidades buscadas por el cliente (López Vintimilla, 2016) Este término fue utilizado por John, tratando de entender cómo aplicar la “producción ajustada” lean ya que utiliza menos recursos comparándola con la producción en masa. Este sistema busca eliminar el desperdicio y lo que no añade valor dentro de la producción. Es un término inventado en Japón y es considerado como un conjunto de herramientas su principal objetivo es la “fábrica flexible” exponiéndola a la asignación de las diferentes operaciones de producción que logra un flujo continuo a una respuesta rápida por parte de la demanda considerando los siguientes puntos que se resumen del modelo (Tejeda, 2015)

- Eliminación del desperdicio y el abastecimiento justo a tiempo de materiales.
- Importancia de la participación de los operarios en las decisiones que están directamente involucradas con la producción.
- Calidad total, basándose en eliminar los posibles defectos con el objetivo de reducir retrasos y sobre costos.

El objetivo principal de Lean Manufacturing es que el producto y sus características deben ajustar a las especificaciones del cliente mediante constantes mejoras, por lo consiguiente se logra una mejora en la competitividad para hacerlo óptimo y sostenido en el tiempo lo que se ve reflejado en los costos (Murrieta Hernández, 2013)

El artículo de tipo investigativo titulado “Beneficios de implementar Lean Manufacturing” pretende establecer que los términos han evolucionado en las industrias japonesas más específicamente en Toyota, la producción ajustada se considera como una técnica de reducción de residuos a comparación en la manufactura esbelta que se centra en maximizar el valor del producto a través de la técnica de minimización de residuos. El término eliminación o reducción de residuos en Lean Manufacturing tiene un impacto considerable en diversas industrias. Los objetivos a la hora de la implementación de la fábrica ajustada los costos de producción son más bajos y reduciendo los tiempos en la producción y la entrega de los productos En un mundo tan competitivo toda empresa busca mejorar continuamente sus actividades, aumentando su producción, disminuyendo costos y mejorando la utilidad de la misma. Esto se puede realizar por medio de las herramientas Lean Manufacturing lo que hará que la empresa se vuelva más competitiva y eficaz. (Becker, 2018).

Un análisis para la implementación de las herramientas lean y cómo medir su evolución en las empresas productoras basándose en principios fundamentales se ha llevado a cabo un estudio para implementar la metodología que consta en la interpretación de los atributos de eficiencia y efectividad del rendimiento de la productividad después de una evaluación continua.

- **Eficiencia:** Es lograr un fin propuesto por una compañía para optimizar un proceso mediante el uso de herramientas lean Manufacturing.
- **Eficacia:** Es la capacidad de cumplir el objetivo estipulado con el cual se pretende cumplir las necesidades del usuario.
- **Efectividad:** Se considera como el cumplimiento con el que se realiza la entrega de un producto o servicio cuando el cliente objetivo lo requiera.

Para la implementación de la metodología se deben implementar las herramientas adecuadas y seleccionar los indicadores más relevantes de desempeño, los estándares de medición continua del rendimiento en constantes de eficiencia y efectividad han sido relevantes de que son las mejores métodos apropiados para evaluar la mejora continua del rendimiento ajustado (Karim, & Arif-Uz-Zaman, 2013).

La Planificación y control de la producción mediante el uso de herramientas matemáticas las empresas manufactureras requieren cambios drásticos si quiere lograr la mayor productividad sin alterar los factores de calidad que demanda la empresa, para lograr esto se debe tener un claro sistema de planificación y control de la producción basándose en estas exigencias que desean las empresas por medio de las ciencias aplicadas implementar una herramienta matemática que se ajuste a las necesidades y poder de esa manera aumentar los niveles de producción reduciendo costos y un óptimo manejo de los recursos, para esto se deben seguir una secuencia de 4 fases.

A. Diagnóstico

En esta fase se debe realizar un detallado análisis de la organización donde especifique los siguientes criterios a evaluar.

- Caracterización de la organización.
- Análisis detallado del proceso de planificación.
- Descripción detallada del proceso productivo.
- Análisis de los indicadores de interés.

B. Selección de la herramienta

En esta fase se identifica el nivel de cada criterio de la empresa para poder realizar el cálculo del índice a desear por último se selecciona la herramienta que más se acerca al objetivo que se busca.

C. Implementación

En esta fase se implementa el ciclo PHVA.

D. Revisión y mejora

En la última fase se realiza un análisis detallado para el seguimiento y control de la herramienta que se implementó de este modo encontrar posibilidades de mejora continua.

Implementar la adecuada herramienta matemática y siguiendo las 4 fases descritas se puede ser de gran utilidad para cualquier organización que cumpla con los parámetros establecidos, de este modo incrementar los indicadores deseados. (García, & García, 2014).

El artículo investigativo titulado “ la planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP como una de las herramientas lean Manufacturing” Establece que el control y manejo de materia prima es un factor determinante a la hora de establecer los pronósticos de producción de la demanda deseada, la gestión oportuna de los inventarios es una parte fundamental para la empresa de este modo reducir sus costos y no tener un excedente de material que demora en generar utilidad otra parte fundamental en el stock en existencia debe ser el pronosticado para atender la demanda para que en cualquier momento deseado las líneas de producción no se detengan por falta de materia prima, y la planificación de las necesidades de materiales se realiza por la técnica basada en la demanda

dependiente muy utilizada en los entornos productivos el sistema MRP (*Material Requirements Planning*) implementando esta metodología se encuentran sin fin de beneficios como optimización en los inventarios una mejor utilización de las instalaciones y del personal a cargo y mejorar oportunamente la demanda. Las herramientas a utilizar para elaborar el MRP son matrices de asignación y fases de gestión de inventarios. (Toledo-Borrego, Roldan-Ruenes, 2015).

El mejoramiento de un proceso de diseño se basa en la clara y oportuna metodología de “Lean Production” con esto se busca implementar 3 modelos diferentes para la optimización en la conversión, flujo y valor de las cuales cuatro son las etapas fundamentales si se quiere lograr un cambio dentro de la empresa los cuales son diagnóstico/evaluación, implementación de cambios, estandarización y control, Para un uso adecuado se disponen siete herramientas denominadas (CAPRI) : Cliente, Administración, Proyecto, Recursos e información en la gestión del proceso de producción “Lean” promueve de dichas actividades que promuevan la eliminación parcial o definitiva que no agregan valor a los procesos productivos para lo cual se deben implementar herramientas de mejoramiento en base a CAPRI .(Freire, & Alarcón,2011).

Los métodos de optimización de procesos industriales es lo que se busca día a día para reducir costos por medio del método (MIMO) el cual trata de entradas y salidas múltiples mediante un proceso de modelo cuadrático, estableciendo el modelo se utiliza un algoritmo de optimización numérico simplificado que permite determinar los parámetros que serán utilizados para optimizar las diferentes respuestas para el proceso denominado (MIMO).

El método propuesto determina la optimización en varios pasos unos procesos de entrada y salida múltiple.

Mediante la modelación de respuestas mediante una función cuadrática o un modelo de Taguchi y encontrar los valores críticos de las variables que satisfagan los objetivos mediante el uso del cálculo numérico iterativo.

6.1.1 Pilares de Lean Manufacturing

5.2.3.1 Kaizen

El término káiser se desglosa como Caí=Cambio y Zen=mejorar que no solo implica reducción de costos si no que realiza una cultura de cambio constante que busca un cambio continuo para mejorar hacía mejores prácticas. El cual consiste en una acumulación constante y continúa de mínimas mejoras realizadas por los trabajadores y se compone de tres componentes fundamentales: la percepción, desarrollo de ideas y finalmente la toma de decisiones buscando implementar y comprobar sus resultados en la práctica. Kazán se identifica porque puede y debe involucrar a todo el personal, Se realiza el respectivo mantenimiento de lo que se tiene y se realiza una mejora a través de implementar Know-How convencional centrado principalmente en los trabajadores se deben tener conocimientos de los esfuerzos que se van a obtener para la buen practica de esta técnica se deben utilizar herramientas de calidad y el ciclo de Deming.

5.2.3.2 Control de calidad

Se expone que el control de calidad debe ser empleado en todos los departamentos con los cuales cuenta la compañía se debe realizar de forma unánime y debe ser responsabilidad de cada empleado que se encuentre vinculado a la organización, en otro numeralEste es fundamental ponerlo en práctica durante toda la producción ya que se logran reducir costos y defectos.se considera un pilar integral ya que involucra a todos los trabajadores de la compañía.

6.1.2 Tipos de desperdicios bajo Lean Manufacturing

Siguiendo el término de Lean Manufacturing se evidencian ocho tipos de desperdicio que están presentes desde que el cliente realiza la orden del pedido hasta la logística del mismo esto se presenta en cualquier empresa. Desde este sistema se considera a todo lo involucrado que se considera mínimo de recursos que se ven involucrados en la fabricación del producto tales como directos e indirectos.

Sobreproducción:

Producción más temprana o en mayor cantidad que la deseada por la demanda, se debe tener en cuenta.

- Hacer más.
- Hacer antes.
- Hacer más rápido.

Transporte:

Traslado de materia prima o producto terminado innecesario incluso cuando las distancias son cortas.

Tiempo de espera:

Está directamente involucrado con el tiempo perdido generado por el personal, los materiales, las operaciones o durante la producción.

Procesos:

Procedimientos que no agregan valor al producto.

Inventario:

Excesivo almacenamiento de materia prima y producto terminado.

Defectos:

Es todo el material considerado defectuoso que genera retrasos en la producción o rechazos en el producto terminado.

Movimientos innecesarios:

Cualquier movimiento que realice el operario que no esté involucrado dentro del proceso.

6.1.3 Herramientas de Lean Manufacturing

Value Stream Mapping(VSM)

Es la representación jerarquizada de cualquier proceso de producción en el cual se pueden identificar las operaciones para determinar si agregan o no valor al proceso. El VSM permite identificar que procesos se consideran prioritarios para realizar las acciones correspondientes y de eso modo realizar la mejora continua, a sí mismo identificar y comprobar los tiempos en la producción para lograr cumplir con la demanda deseada por los clientes o si se presentan posibles demoras frente al cumplimiento, de tal modo es que el VSM debe controlar el flujo del proceso,

información y comunicación. (Carreras, 2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos.)

Mantenimiento productivo total

El objetivo fundamental del (MPT) es buscar la maximizar la efectividad del proceso productivo reduciendo costos y tiempos productivos como logísticos centrándose en las siguientes actividades:

- Capacitaciones a los operarios de producción en actividades que están directamente involucradas con el mantenimiento.
- Realizar cambios para mejorar la fiabilidad del equipo de este modo reducir el tiempo en mantenimiento
- Implementar periódicamente mantenimientos preventivos y autónomos. (Cabrera, 2011).

6.1.4 Estrategia de las 5's

Estrategia implementada por Toyota en 1960, buscando que el puesto de trabajo fuera más organizado desarrollando una estrategia de cultura que se divide en 5 estrategias:

Seiri (Separar)

.

En este paso como su nombre lo dice su objetivo es la eliminación y clasificación de los elementos que no son necesarios para la labor que se quiere realizar, se está en constante búsqueda de hacer una separación continua de los elementos que se consideran necesarios e innecesarios, para poder controlar el flujo y así mismo evitar estorbos y elementos que en realidad no son útiles y generan despilfarros. (Carreras, 2010).

Seiton (Ordenar)

Esto significa básicamente clasificar aquellos elementos necesarios y así mismo organizarlos en cierto lugar cercano al lugar y/o puesto de trabajo, para tener una reducción en la pérdida de tiempo cuando se está en la búsqueda de estos elementos, para que esto efectivamente se realice es necesario que cada ítem lleve su ubicación respectiva, el nombre y el volumen que se encuentra designado, para esto se debe tener cierto número de ítems a ubicar en el puesto de trabajo o en un lugar cercano. (Carreras, 2010).

Seiso (Limpieza e Inspección)

En esta etapa se busca limpiar e inspeccionar todo el entorno para así mismo poder identificar los defectos o fallencias y eliminarlas, esto se hace básicamente para suprimir riesgos potenciales, también para aumentar la vida útil de los equipos, y hacer un efecto multiplicador en los diferentes puestos de trabajo. (Carreras, 2010).

Seiketsu (Estandarizar)

Significa la estandarización de los diferentes procesos desarrollados anteriormente para así tener una mejora continua en todo momento, poniendo en uso los pasos anteriores se busca tener el mejor lugar de trabajo, el cual se genere mejor producción y evitando los despilfarros, también es de gran importancia resaltar que la administración de la empresa tiene que diseñar diferentes programas y sistemas para que el mantenimiento sea efectivo en todos los pasos o procesos, así mismo el cumplimiento de los mismo. Esto tiene que ser un compromiso de la empresa con respaldo directo de la gerencia. (Carreras,2010).

Shitsuke (Autodisciplina).

Es la forma para que todos los días las personas apliquen los pasos anteriores por hábito y disciplina se mantengan haciéndolo diariamente sin necesidad de supervisión para que los empleados adquieran una autodisciplina para lograr tener el mejor puesto de trabajo y que así mismo mejore la productividad total de la empresa. (Carreras,2010).

7 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

7.1 Tipo de investigación

Este proyecto de investigación corresponde a un tipo de investigación cualitativo ya que la recolección de la información será mediante entrevistas al gerente y a los empleados de Minerales Santa para así poder presentar una propuesta de implementación de herramientas para la producción “LEAN”. Además es un estudio exploratorio ya que se realiza por darle respuesta a una pregunta y existe la posibilidad de profundizar la investigación de un contexto o tema que se desea hacer.

7.2 Diseño de la investigación

Este proyecto de investigación corresponde a una investigación no experimental ya que solo se observará y se medirá el fenómeno como tal y analizar cómo es su contexto como natural, además corresponde a un estudio transversal ya que se recolecta datos en un solo instante en un tiempo único, para ser analizados y así mismo hacer una descripción de variables y poder realizar un análisis completo su incidencia e interrelación en un momento dado, Yuni & Urbano. (2006).

7.3 Estrategias metodológicas

7.3.1 Población

Como población se tiene al Gerente Armando Rodríguez y a los 20 empleados vinculados a la empresa “Minerales Santa Lucia S.A.” los cuales están compuestos por 18 hombres y 2 mujeres que desempeñen alguna labor dentro de ella.

7.3.2 Fuentes y técnicas de recolección de información

Objetivo específico	Instrumento	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Elaborar un diagnóstico actual del proceso productivo y de almacenamiento mediante las herramientas Lean Manufacturing de la empresa Minerales Santa Lucia.	Entrevista al Gerente Observación de campo	- Inventario - Oferta / demanda - Producción día / mes - Análisis documental	Secundaria - Investigación - Entrevista informal
Determinar las variables críticas que están afectando el proceso tanto productivo como de almacenamiento del producto terminado de la empresa Minerales Santa Lucia	Entrevista al Gerente Observación de campo	- Costos de producción - Producción diaria - Oferta / demanda - Análisis documental	Secundaria - Investigación - Entrevista informal
Diseñar estrategias que permitan mejorar la productividad y almacenamiento del caolín, a partir de la gestión de herramientas de lean Manufacturing	Entrevista al Gerente Observación de campo	- Producción día / mes. - Contabilidad de la empresa - Oferta / demanda	Secundaria - Investigación - Entrevista informal

Diagnostico con herramientas lean manufacturing	Técnica de minimización de residuos	Estrategia de las 5's	
	La Planificación y control de la producción	Caracterización de la organización Análisis detallado del proceso de planificación Descripción detallada del proceso productivo Análisis de los indicadores de interés.	
Sistema MRP como una de las herramientas lean Manufacturing	Control y manejo de materia prima		
Método (MIMO)	El método propuesto determina la optimización en varios pasos unos procesos de entrada y salida múltiple.		

Tabla 1 Cuadro metodológico
Fuente: propia

7.3.3 Formato Entrevista al Gerente

FORMATO ENTREVISTA

Fuente de información: Gerente General

Entrevistadores: Edwin Ardila – Wilmer Ruiz

Enfoque: Información Santa Lucia

1. ¿Conoce las herramientas Lean Manufacturing?
2. ¿En qué porcentaje considera las pérdidas de materia prima en su empresa?
3. ¿En qué porcentaje considera las pérdidas de material terminado en su empresa?
4. ¿Cantidad de caolín producido en un mes?
5. ¿Cantidad de caolín producido en un año?
6. ¿Varía la producción dependiendo el clima?
7. ¿Cuenta con el espacio adecuado para el almacenamiento del caolín?
8. ¿Qué cantidad de material pierde o se le daña por el incorrecto almacenamiento?
9. Al generarse cuellos de botella la empresa está perdiendo dinero, ¿es consciente de estas pérdidas? Y que se puede solucionar.
10. ¿Realiza control de producto terminado?

La entrevista se presenta en el **anexo 1**, como conclusión de la entrevista con el gerente general son; la empresa debe mejorar en varios aspectos, como lo es el proceso de secado ya que es el proceso que mas requiere tiempo y en épocas de lluvia se pierde materia prima y se genera cuello de botella al no llevarse tiempos correctos, además el correcto almacenamiento de producto terminado juega un papel importante dentro de la empresa ya que se podría disminuir esas pérdidas que generan números negativos a la empresa.

7.3.4 Observación de campo

Guía de parámetros de observación de campo a seguir para la reelección de la información

N°	Llegada de materia prima
1	Se observa las instalaciones de la empresa
2	Observación del proceso de llegada de la materia prima (volquetas con material)
3	Observación y registro fotográfico del descargue y almacenamiento de la materia prima
4	Registro escrito de la cantidad de material en stock y material que ingresa a la fabrica

*Tabla 2 Observación de campo
Fuente: propia*

N°	Proceso de Transformación
1	Registro fotográfico y toma de apuntes del paso a paso en el proceso de trasformación de la materia prima
2	Toma de datos del material que se desperdicia y se cae al piso o queda con agentes contaminantes (tierra, agua, piedras)
3	Registro fotográfico del producto terminado y su calidad

*Tabla 3 Observación de campo
Fuente: propia*

N°	Almacenamiento del producto terminado
1	Observación del lugar de almacenamiento (condiciones y espacio)

2	Registro fotográfico del lugar
3	Toma de datos de los productos terminado almacenados y los que llegan para ser almacenados.

*Tabla 4 Observación de campo
Fuente: propia*

N°	Situación financiera de la empresa
1	Se pide al gerente la información financiera de la empresa y el registro del total de ventas de productos terminado, del total de adquisiciones de material y los gastos y costos de producción incluyendo el personal de la empresa y rodamientos de maquinaria.

*Tabla 5 Observación de campo
Fuente: propia*

7.4 Cronograma

Con el fin de mostrar el tiempo en el que se llevara a cabo la solución de este trabajo de grado, se muestra el diseño del cronograma, el cual tiene una fecha de iniciación la cual es la primera semana de febrero y tendrá una extensión hasta la última fecha del mes de mayo de 2020, es decir este proyecto tiene una duración de estudio de implementación de 4 meses, en este tiempo se realizara la ejecución de las 13 actividades estipuladas en la siguiente tabla.

CRONOGRAMA																	
Actividades	Meses	1				2				3				4			
	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

<i>Elaborar un diagnóstico actual del proceso productivo y de almacenamiento mediante las herramientas Lean Manufacturing de la empresa Minerales Santa lucia</i>																			
<i>Encuentro con personal y gerente de la empresa</i>																			
<i>Revisión de observaciones, con la ayuda de las herramientas lean Manufacturing.</i>																			
<i>Construcción del archivo digital, con diagnóstico actual del proceso productivo y de almacenamiento.</i>																			
REVISIÓN POR PARTE DE TUTOR.																			
<i>Determinar las variables críticas que están afectando el proceso tanto productivo como de almacenamiento del producto terminado de la empresa Minerales Santa Lucia.</i>																			
<i>Ajuste del documento de acuerdo a las observaciones del tutor.</i>																			
<i>Observación y determinación de variables críticas que generan retrasos en el proceso productivo de la empresa.</i>																			
<i>Observación y determinación de variables críticas que generan in incorrecto almacenamiento de producto terminado y materia prima.</i>																			
REVISIÓN POR PARTE DE TUTOR.																			

Transporte	Recorrido a la empresa minerales Santa lucia en el municipio de guasca una vez cada mes durante 4 meses, para dos estudiantes	\$25.000	8	\$200.000
Alimentación	Almuerzo diario para cada estudiante, 5 días semanales durante 4 meses.	\$9.000	160	\$1.440.000
Equipos de computo	Computadora portátil	\$1.100.000	1	\$1.100.000
Servicio estudiante	Prestación de servicios de 2 estudiantes, 10 horas semanales durante 4 meses de investigación	\$1.200	320	\$384.000
Papelería	Fotocopias, impresiones y documentos	\$100	150	\$15.000
Tecnología	Equipos tecnológicos de laboratorio para la medición de datos	\$650.000	2	\$1.300.000
Imprevistos	Gastos que no son planificados	\$50.000	1	\$50.000
Total				\$5.050.000

*Tabla 7 Presupuesto
Fuente: propia*

8 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL CAOLÍN

Con el objetivo de identificar el proceso que se quiere mejorar dentro de la secuencia de producción y tener un concepto más a fondo para poder realizar la implementación de las herramientas LEAN dentro de la empresa Minerales Santa Lucia, se describe la secuencia de producción de caolín proceso por proceso.

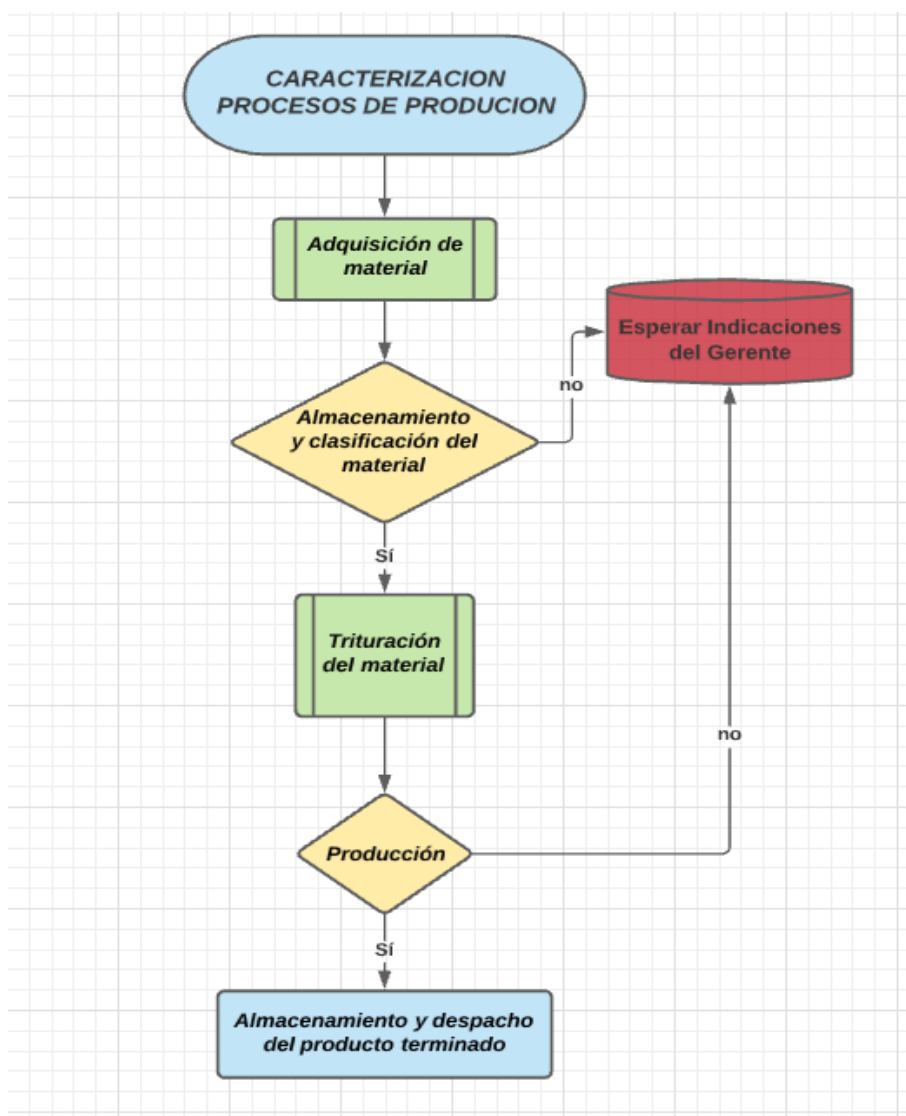


Figura 2: Diagrama de flujo caracterización de los procesos
Fuente: propia

Luego de todo el proceso realizado y se evidencia que no se sigue la secuencia del paso a paso se debe esperar las indicaciones del gerente, queda a criterio de el si se sigue o no con el proceso.

8.1 Proceso de producción del caolín

El proceso de producción de caolín dentro de la compañía es el proceso principal, ya que el caolín es el producto que más demanda tiene. La producción de caolín dentro de minerales Santa Lucia tiene básicamente 5 etapas o fases, dentro de cada una se lleva a cabo una tarea específica e importante.

8.1.1 Fase 1. Adquisición de material

En la primera fase de producción se compra el material, para esto la empresa tiene dos principales proveedores los cuales son; La Mina Santa Rosa y Contraexcavar las cuales se encuentra a menos de 10 km de distancia de la misma, además de esto Santa Lucia también hace compras de este material a Cemex S.A ubicada en la Calera y a Sumicol S.A.



Figura 3: Adquisición de material
Fuente: propia

8.1.2 Fase 2. Almacenamiento y clasificación del material

En esta fase, después de la adquisición del material, se transporta y se almacena en las instalaciones de Minerales Santa Lucía a cielo abierto, es allí donde se clasifica el material, seleccionando y separando las piedras o material contaminante del material apto para la trituración.



Figura 4: Almacenamiento y clasificación de material
Fuente: propia

8.1.3 Fase 3. Trituración del material

Luego de que el material este descontaminado y correctamente seleccionado, este es llevado a la máquina trituradora, con ayuda de carretillas y el personal encargado, es así como se transporta a los patios de secado donde se espera que el material conserve una humedad alrededor del 90%, esto se hace con el fin de

que el material no sea procesado húmedo, la empresa en sus instalaciones tiene dispuestos tres patios para el secado del material.



Figura 5: Trituración de material
Fuente: propia

8.1.4 Fase 4. Secado

En este proceso la materia prima se distribuye que quede uniformemente por todo el patio de secado que dura aproximadamente de 24 - 48 horas



Figura 6: Secado de material
Fuente: propia



Figura 7: Secado de material
Fuente: propia

8.1.5 Fase 5. Producción

Después de la trituración y el secado, el material es dirigido a la planta de caolín, es allí donde es llevado nuevamente al molido para obtener la granulometría exacta, posteriormente para por los ciclones y por último por las mangueras.



Figura 8: Producción
Fuente: propia



Figura 9: Producción
Fuente: propia



Figura 10: Producción
Fuente: propia

8.1.6 Fase 6. Empacado y almacenamiento del material

En este proceso el producto es empacado y debidamente almacenado en el área de producto terminado para finalmente su venta al cliente.



Figura 11: Empacado y almacenamiento del material
Fuente: propia



Figura 12: Empacado y almacenamiento del material
Fuente: propia.

8.2 Diagrama de flujo proceso de producción de caolín

Por medio de un diagrama de flujo veremos la caracterización de proceso por proceso de la producción de caolín.

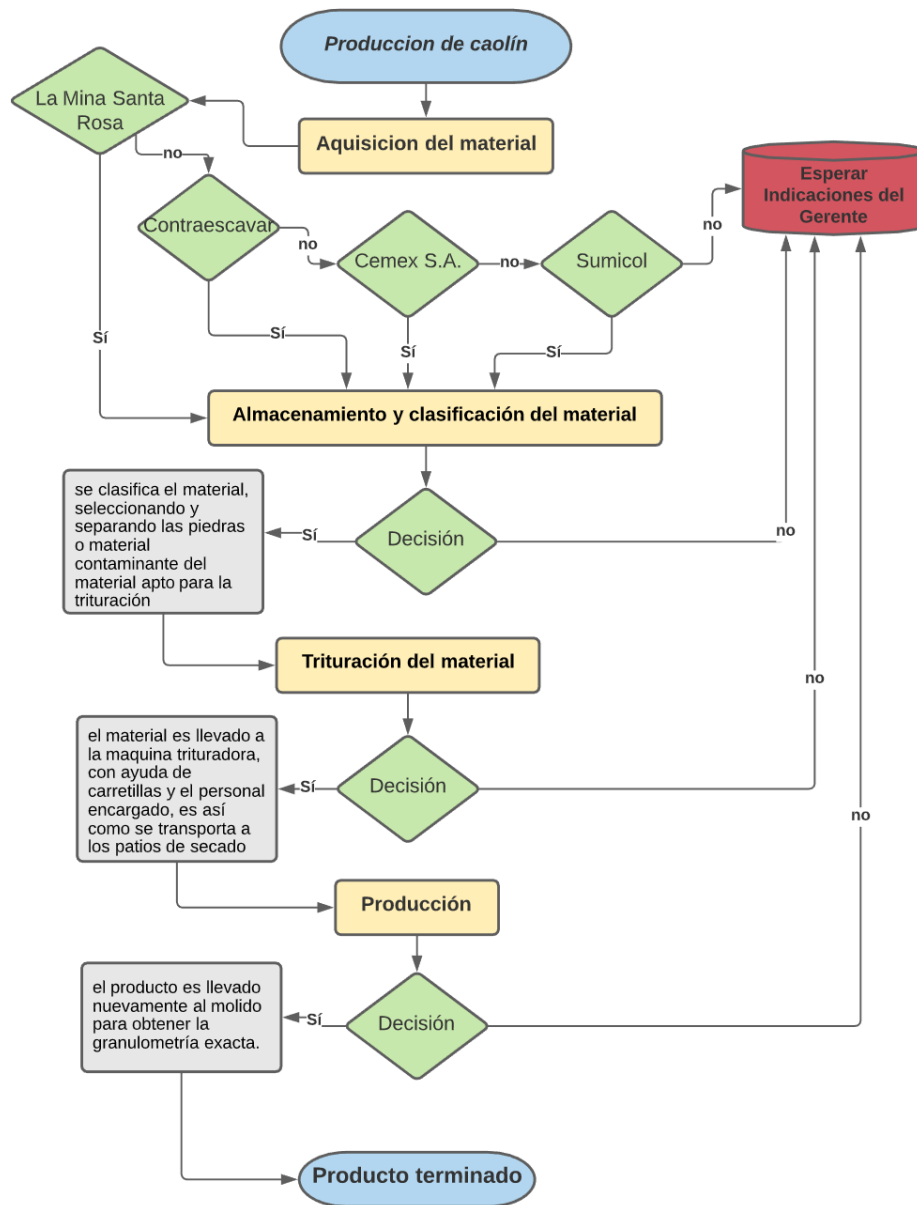


Figura 13: Diagrama de flujo proceso de producción de caolín
Fuente: propia

En seguida de todo el proceso realizado y se evidencia que no se sigue la secuencia del paso a paso se debe esperar las indicaciones del gerente, queda a criterio del si se sigue o no con el proceso.

El diagrama de flujo identifica que se debe hacer cuando se tiene una decisión dentro de la empresa, ya sea de algún proceso o problema, además es una herramienta donde se ve todo el flujograma del proceso de producción de caolín y como lo lleva la empresa a cabo.

9 ESTUDIO DE TIEMPOS

Una vez desarrollado la descripción de los procesos se realiza un estudio de tiempos con el objetivo de poder identificar el tiempo estándar de cada actividad (ver tabla 8) y de este modo poder comenzar con la realización del VSM.

En el momento en que se tiene la muestra con la cual se va a llevar acabo el estudio de tiempos, se procede a dar la asignación de las tareas que son objeto de estudio. Seguido a esto se pasa a calcular el tamaño de muestra para cada tarea con base en el método estadístico propuesto por la Organización Internacional del Trabajo. El método estadístico se basa básicamente originar un número de observaciones preliminares (n') y luego se procede a aplicar la fórmula (ecuación 1) para así obtener un nivel de confianza de 9,45% y un margen de error de 5%.

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

Ecuación 1 Formula para calcular el tamaño de la muestra.

Donde:

N= Tamaño de muestra que se desea determinar.

N" = Tamaño de muestra preliminar.

X= valor de las observaciones.

40=Constante para un nivel de confianza del 94,45%

$$\left(\frac{40 \sqrt{8(15080) - 368^2}}{368} \right)^2 = 6,8596$$

Para este caso se estableció una muestra preliminar de 8 observaciones para cada tarea, de este modo calcular el tamaño de la muestra de cada fase del proceso descrito anteriormente

El estudio de tiempos se realizó por medio de cronometro digital y un formato de registro de información se dispuso a realizar el estudio de tiempos para cada proceso

FORMATO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

Estudio Codigo:	Codigo del producto:	Nombre del producto:				Orden N°:	Cliente:			
1		OFERTA 1 BULTO DE 20 KILOS					Minerales Santa Lucia			
Numero del estudio:	Fecha:	Tipo de Cronometraje		Centro de Costo:			Elaborado por:	Aprobado por:	N° de pagina:	
1		Acumulativo x	Vuelta a cero	ND			Wilmer Ruiz -Edwin Ardila		1	

N° ETAPA	N° ACT	DESCRIPCION DETALLADA DEL ELEMENTO	NOMBRE DEL OPERARIO	V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	F	n
	1	<u>Clasificacion 20 kilos 1 bulto</u>		1	40	42	38	39	41	43	42	39	44	43						1	3
	2	<u>Trituracion 20 kilos 1 bulto</u>		1	24	20	24	23	22	24	22	22	24	23						1	5
	3	<u>Secado 20 kilos 1 bulto</u>		1	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48						1	0
	4	<u>Produccion 20 kilos 1 bulto</u>		1,1	1,35	1,33	1,36	1,35	1,3	1,35	1,32	1,34	1,37	1,4						1	1
	5	<u>Empacado y sellado 20 kilos 1 bulto</u>		1,1	15	13	13	15	13	13	14	15	15	13						1	7
	6	<u>Almacenamiento</u>		20	22	24	23	25	23	22	21	20	20	13						1	35

Observaciones:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tiempo Observado	Tiempo Basico	SUPL %	Tiempo Estandar	Homologo	U/M	UNIDAD DE MEDIDAD
40	38	43									40,9	40,9	1	40,9	40,9	1	und SEGUNDOS
22	24	23	25	22							22,9	22,9	1	22,9	22,9	3	und SEGUNDOS
											48,0	48,0	1	48,0	48,0	1	und HORAS
1,4											1,4	1,5	1	1,5	1,5	40	und MINUTOS
14	13	15	15	14	13	15					14,0	15,4	1	15,4	15,4	4	und SEGUNDOS
											21,3	426,0	1	426,0	426,0	0	und SEGUNDOS

Rend/Hora	8
-----------	---

Tabla 8: Formato para el estudio de tiempos
Fuente: propia

Como se puede evidenciar el rendimiento horas con el estudio de tiempos para obtener un bulo de **20kg** se necesita un total de **75** horas.

10FLUJOGRAMA DE LA EMPRESA MINERALES SANTA LUCIA

Se procede a realizar un diagrama de proceso para diagnosticar los problemas que se encuentran y así de este modo poder desarrollar mejoras de acción para una mejora.

A continuación se presenta el DAP detallado en el cual se presenta un análisis minucioso de cada etapa.

Diagrama actual de la empresa minerales Santa lucia		Hoja 1 de 1			Resumen		
Producto: produccion de caolin		Evento			Actual	Propuesto	Ahorro
Analista: recibir - verificar - desplazarse - esperar - medir - introducir- entregar	Operación	○					
	Transporte	→					
	Demora	○					
	Inspección	□					
	Almacenamiento	▽					
Metodo actual:	Tiempo (min)						
Lugar:	Distancia (m)						
Operario:	Costo						
Diseñado por: wilme Ruiz - edwin Ardila	Mano de obra						
Fuente elaboracion propia	Material						
	Total						
Descripción de eventos		Símbolo			Tiempo (minutos)	Distancia (m)	Recomendaciones
Recibir orden		○	→	D			
Verificar viaje de caolin					2	10	
Dirigirse almacenamiento de materia prima					1	10	
clasificacion de material					0,409		
Area de trituración de materia prima					0,229	8	
Area de secado					172800	2	
Dirigir materia a planta de produccion					4	100	
Etapas 1 Molido					1,5	10	
Etapas 2 ciclones					1,5	1	
Etapas 3 Mangueras					1,5	1	
Area de empaque					0,14	2	
dirigir area de almacenamiento					0,45	8	
TOTAL		5	9	2	3	1	152

Figura 13: Flujograma
Fuente: propia

Como se puede observar hay un proceso de secado se encuentra en estado crítico, ya que con una duración de 17200 minutos según el control de producción por parte del encargado de producción se presentan retrasos en este proceso debido a las

condiciones climáticas, el proceso de secado del caolín dura aproximadamente 48 horas el cual es extendido uniformemente en el área de secado como se puede observar en la siguiente ilustración.



*Figura 14: Proceso de secado
Fuente: propia*

11 VSM ACTUAL DE LA EMPRESA

A continuación, se muestra realiza el VSM actual de la empresa ya que no cuenta con él para determinar el ciclo de producción y el tiempo de producción por puestos de trabajo.

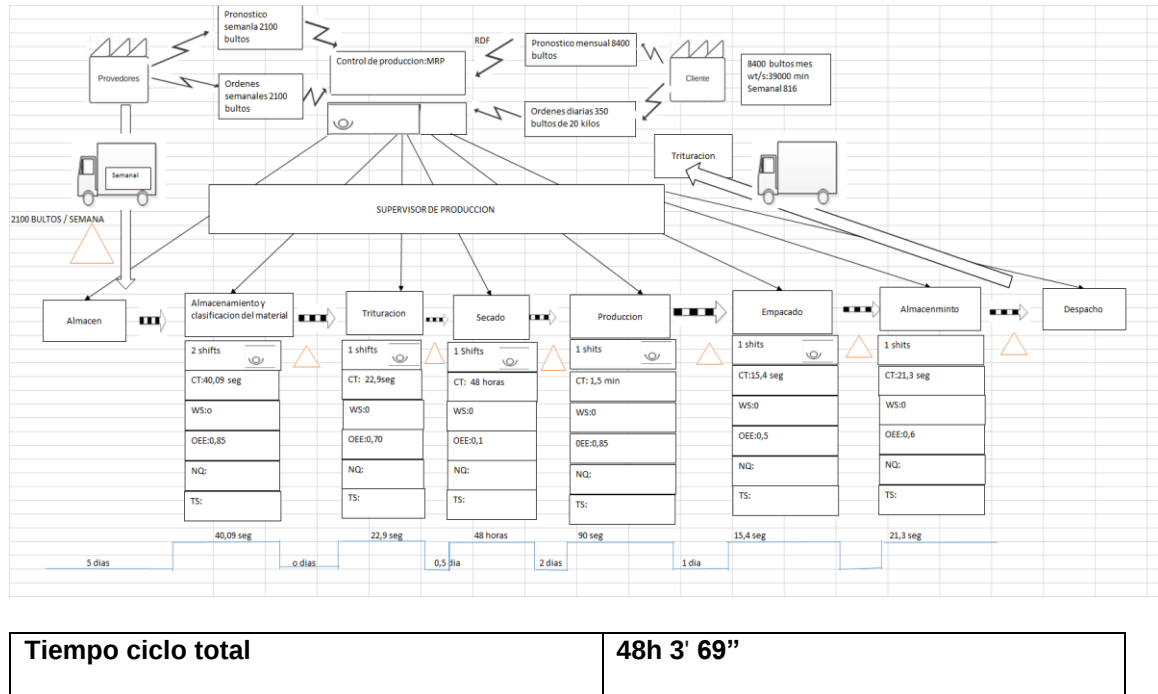


Figura 15: VSM
Fuente: propia

En la siguiente tabla se muestra los datos disponibles para la producción mensual

Jornada laboral: 10 horas por turno
Tiempo de almuerzo: 1 hora
Número de turnos: 1 turno diario
Días hábiles por mes: 22 días al mes

Demanda mensual: 8400 bultos al mes
Tiempo disponible = (10 horas/turno) – (1 horas/turno) = 9 horas/turno
Tiempo disponible = (9 horas/turno) * (60 min/hora) = 540 min/turno
Demanda diaria = (8400 bultos/mes) / (24 días/mes) = 350 bultos /día

*Tabla 8: Datos producción mensual
Fuente: propia*

11.1 Aplicación de VSM

En el presente estudio se realiza la aplicación del Value Stream Mapping (VSM) para poder identificar las oportunidades de mejorar que se pueden realizar dentro de la empresa en los cuales se encuentra el proceso de almacenamiento y clasificación del material seguido del área de triturado, secado, producción y por último empaque y almacenamiento.

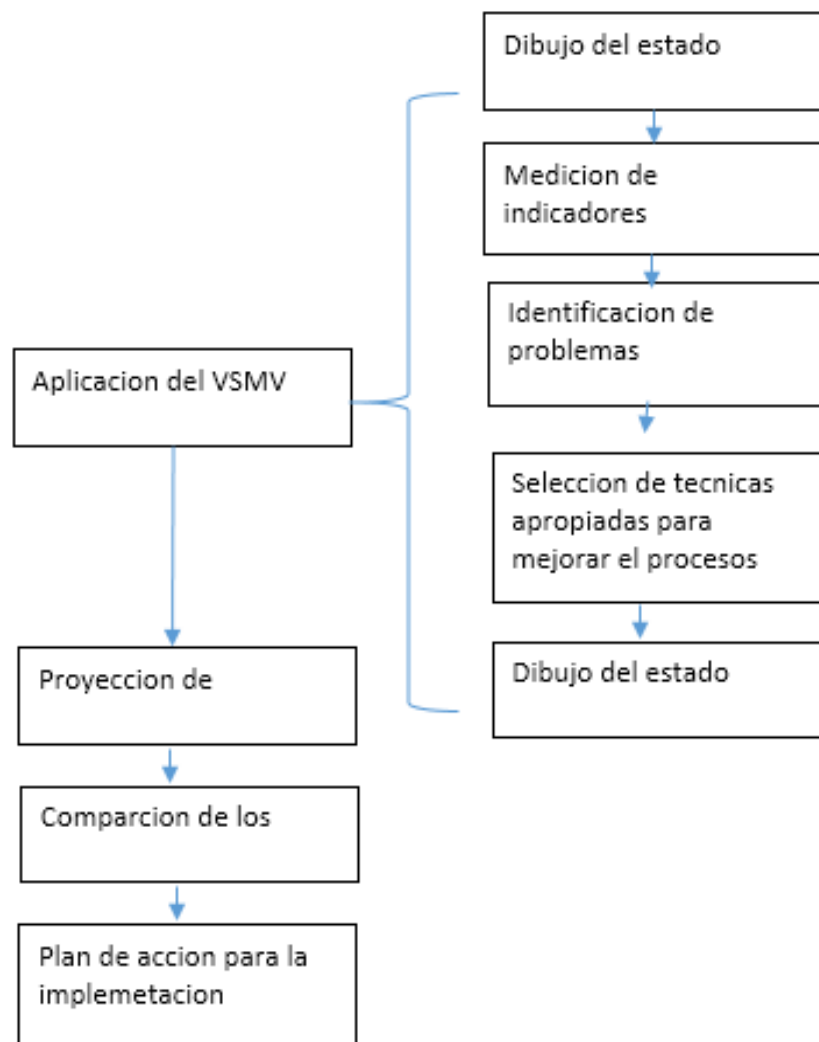


Figura 14: Aplicación del VSM
Fuente: propia

11.2 Clasificación material

A la semana se reciben 42.100 Kg de materia prima, la cual al ser procesada se obtiene en materia 42.000 Kg, esto quiere decir que si cada bulto tiene un peso de 20 kg realizando la conversión nos da una producción de 2100 bultos de 20 kg, así

nos da un desperdicio aproximado de 100 Kg, este desperdicio este compuesto por material rocoso y contaminado.

11.3 Identificación de problemas en el proceso actual

Al analizar las herramientas se presentan varios problemas en el proceso productivo de la elaboración de caolín que están descritos a continuación

11.3.1 Problemas con el área de secado

Analizando es el proceso que tiene una mayor duración y el causante de cuello de botella ya que este proceso tiene que ver mucho como llega la materia prima y en cuanto al clima ya que si llega el húmedo se tarda más en secar y si el clima no es el indicado causa retardos esto se presenta con frecuencia en temporada de lluvias

11.3.2 Problemas en el control de producción

Al realizar el primer control se evidencia que no se lleva un registro detallado del control por medio de ninguna planilla o herramienta que permita tener con precisión cuanta es la producción diaria.

11.3.3 Desorden área de almacenamiento

Al realizar un análisis visual se pudo encontrar que no implementan 5S ya que hay desperdicios de materia prima no hay una clasificación de residuos clara que permita optimizar el proceso

11.3.4 Proceso de secado

Al evidenciar que el proceso crítico es el área de secado se realiza una investigación sobre hornos de secado y se dio el diagnóstico de los beneficios de la implementación en cuanto a costo/beneficio, se procedió a realizar el diseño y el montaje del mismo por medio de las herramientas Autocad e inventor, realizando el soporte, su respectivo montaje para presentarlo al dueño de la empresa y

explicarle los beneficios que le traía la implementación de dicho horno, se realizó la compra de este horno de segunda ya que como se pudo evidenciar en el diagnóstico inicial la compañía reportaba retrasos en la producción por el proceso crítico de secado.

12 IMPLEMENTACION DE HERRRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Las herramientas lean manufacturing buscan **optimizar y mejorar el proceso productivo**, por medio de una propuesta de construcción de un horno circular rotatorio se busca la reducción de 6 tipos de “desperdicios” (sobreproducción, tiempo de espera, exceso de material procesado, inventario, movimiento y defectos, Potencial humano o desgaste de operarios)

12.1 Just in time

Como bien se sabe en la actualidad los proyectos tienen como finalidad el aumento de la productividad, el JIT lo que busca es producir lo que se necesita en el tiempo que se necesita en la cantidad que se necesita, en Minerales santa lucia se quiere eliminar desperdicios de tiempo con la implementación del horno circular rotatorio en el proceso de secado de caolín, ya que este tiene mejor capacidad y beneficios en este proceso.

A continuación, veremos una tabla donde se ve reflejado el beneficio en cuanto a tiempo de espera en el proceso de secado de caolin.

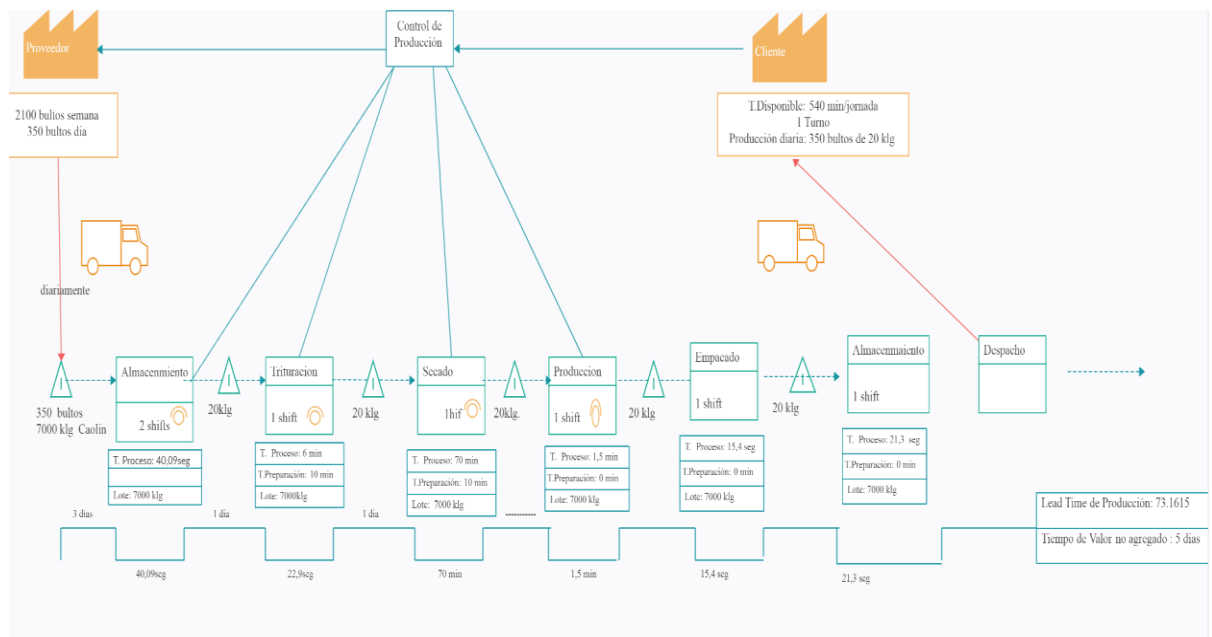
TIEMPO DE ESPERA PROCESO DE SECADO DE CAOLIN		
	Cantidad de material	Tiempo
Secado tradicional	5 toneladas	2-3 Días
Secado con horno circular rotatorio		Alrededor de 4 horas

Tabla11: Tiempo de secado

Fuente: propia

12.2 VSM propuesto implementando el horno

Realizando los estudios se realiza el VSM propuesto para la empresa minerales Santa Lucia optimizando el proceso de secado que es el cuello de botella que se presenta actualmente.



Vsm inicial

Vsm propuesto mejora

LEAD TIME=48 horas 3 min

Lead time=73.16 min

Como se puede observar el Lead time con la implementación del horno se refleja significativamente el tiempo de secado paso de 48 horas a 70 min se evidencia que con la implementación la producción aumenta un 30% logrando de este modo optimizar el tiempo de entregas de los pedidos de producto terminado.

Realizando un análisis del VSM, tiempos, métodos y flujogramas se ve que el proceso de secado es el que genera mayor cuello de botella dentro del proceso de producción de caolín, por esto con ayuda del gerente se llegó a la iniciativa de intervenir en este proceso con el montaje de un horno circular rotatorio.

12.3 Kanban

El proceso de Kanban dentro de una empresa es identificar los cuellos de botella en el proceso productivo y corregirlos, en minerales santa lucia se presenta el embotellamiento en el proceso de secado de caolín, ya que se esta llevando a cabo por medio de secado natural, en días lluviosos se retrasa el proceso por varios días.

Con la implementación de horno circular rotatorio se evitaría este cuello de botella ya que no habría retraso en este proceso, así aumentado la producción.



*Figura 15: Cuello de botella en el almacenamiento de caolín por proceso de secado
Fuente: propia*

13 PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DE HORNO SECADOR CIRCULAR ROTATORIO.

13.1 Especificaciones

En la siguiente tabla nos muestra las especificaciones de un horno rotatorio se realizó un estudio preliminar para la empresa minerales santa lucia basándonos en las medidas y especificaciones de un horno rotatorio nuevo se realizó un estimado de cuanto sería el aumento de la producción.

Parámetros técnico principal

Modelo (Mm)	Gradiente (°)	Velocidad (R/min)	Poder (KW)	La capacidad de (T/h)	Peso (T)
ZKRDΦ600×6000	3-5	3-8	3	0,5-1,5	2,9

Supply Ability

70 Set/s per Month Caolín secador de tambor rotatorio

La capacidad de este horno es de 0,8-1,5 toneladas por hora si se hace la relación a una jornada laboral de 9 horas por la capacidad máxima que es de 1,5 toneladas el horno está secando 13,5 toneladas, la demanda diaria es de 7 toneladas esto nos da un rendimiento del 90% cabe anotar que para que esta demanda actual de la empresa pueda ser cumplida el caolín debe pasar 48 horas en patio de secado para que este en óptimas condiciones para la producción a comparación con el horno esta secado 1,5 tonelada por hora.

La compañía no puede adquirir un horno circulatorio nuevo, pero se puede sacar presupuesto para un horno de segunda el cual vamos a aumentar un 30 % la productividad.

14 MONTAJE DE HORNO CIRCULAR ROTATORIO PARA EL PROCESO DE SECADO

La implementación del horno circular rotatorio busca mejorar el proceso de secado, se quiere llegar a acelerar el proceso de secado ya que actualmente la empresa está secando su caolín por medio de la luz solar, en días lluviosos se atrasa este proceso, con la implementación de dicho horno se busca una aceleración sustancial, pasando secar 10 toneladas en un periodo de tiempo de 2 días a tan solo 6 horas las mismas 10 toneladas.

14.1 Generalidades

Los hornos rotatorios son los encargados de generar calor, este genera reacciones químicas y cambios de estado, es decir son los que generan fusión, calcinación, secado, vaporización o generalmente calentamiento de cualquier material como metales, plásticos, polímeros, cerámicos, entre estos el caolín, es así como los hornos con temperaturas que oxilan los 100 °C son los encargados de evaporar el agua del mineral a tratar. Cruz, (1981).

Los hornos rotatorios son reactores químicos que tienen la función generalmente de tostar o calcinar algún material, en este caso el caolín para su proceso de secado, también se usan para la regeneración de absorbentes, para producir sulfuro ferros y para desflorar los fosfatos naturales. Graume, (1915)

14.2 Funcionamiento del horno

Por medio de una banda transportadora industrial, el caolín a secar entra en el tubo secador, el tubo en su interior tiene una serie de aletas las cuales van haciendo

avanzar el material dentro de él, en la parte final del tubo se encuentra un quemador a base de gas y aceite de motor usado, el aire caliente entra en el tubo circular lleno de caolín húmedo, esto genera una gran intensidad de evaporación por medio de aire con alta temperatura; así mismo la temperatura en el final del tubo secador es baja, con alta eficiencia térmica; al finalizar el recorrido dentro del tubo el material ya es retirado para el siguiente proceso.

A continuación, se muestran los planos del horno y pieza por pieza del horno circular rotatorio desarrollados en Solid Edge.

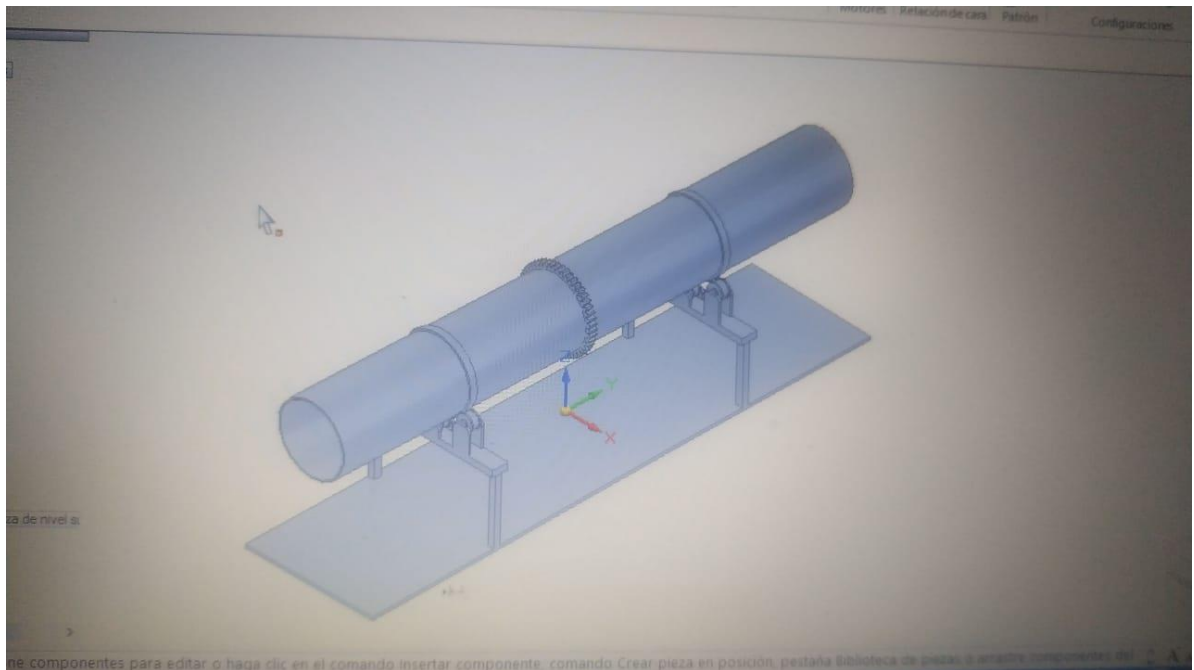


Figura 16: Pieza
Fuente: propia

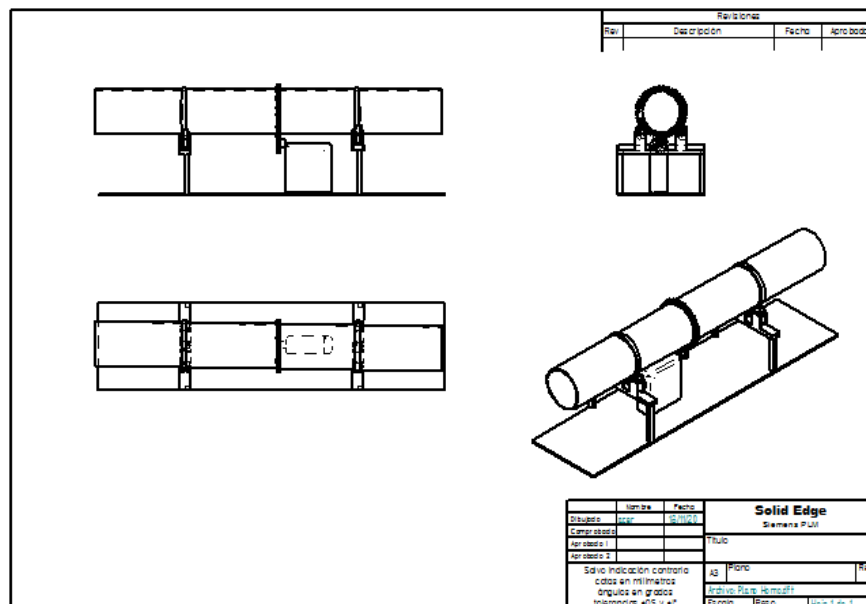


Figura 17: Plano pieza
Fuente: propia

Detalles rápidos			
Tipo	Equipo de secado rotativo	Condición	Usado
Lugar de origen	Shanghái, China	Marca	CLIRIK
Voltaje	380 V/50Hz	Alimentación	Eléctrica
Peso	17,8 t	Lugar de uso	Guasca, Cundinamarca

Tabla12: Detalles Pieza
Fuente: propia

Base: esta base esta cosntruida con piso en semento y los parales estan echos con acero.

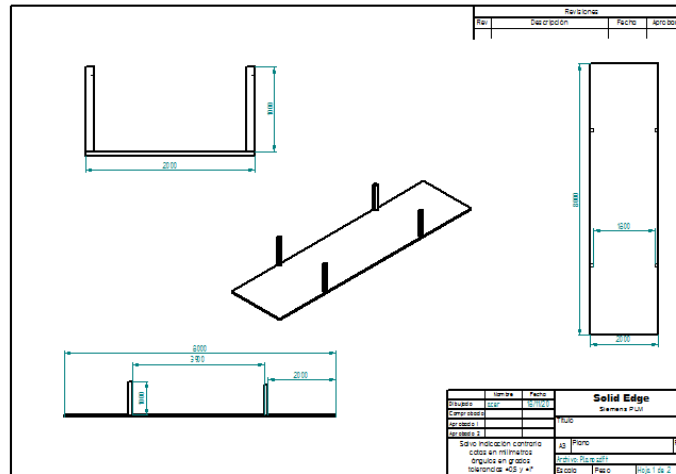


Figura 18: Plano base
Fuente: propia

Tubo: el tubo este compuesto por acero resistente a las altas temperaturas, por donde pasara el caolín húmedo y se le elevara la temperatura hasta quedar seco, listo para la trituración.

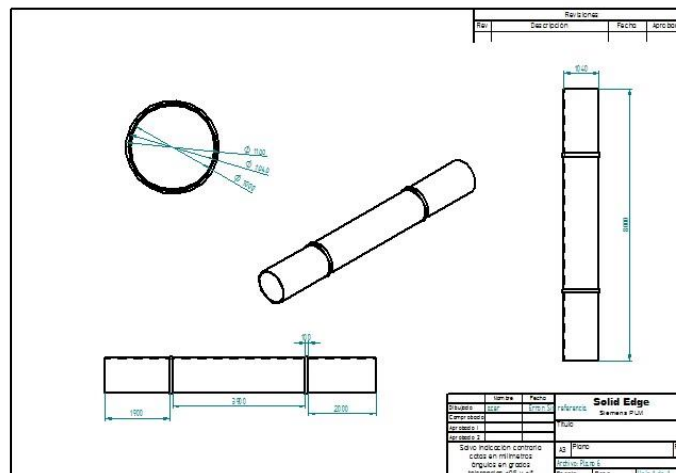


Figura 19: Plano tubo
Fuente: propia

Engranaje: este engranaje va adherido al tubo circular y se engarca de generar la rotación del mismo.

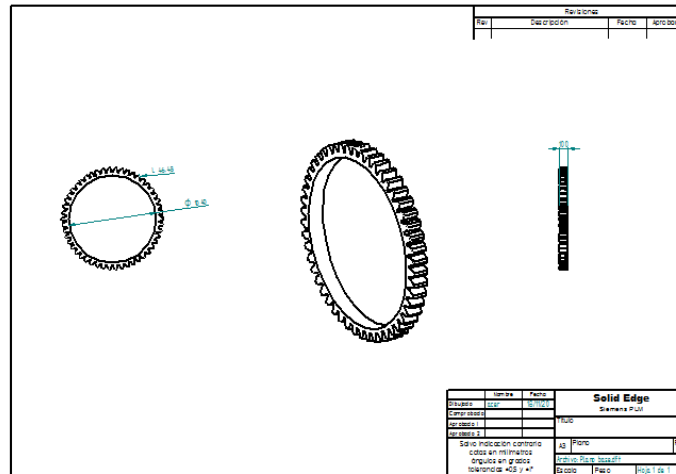


Figura 20: Plano Engranaje
Fuente: propia

Guías: las guías son donde descansan las bases de tubo, esta está compuesta por tres rodillos o balineras donde genera fricción y gira el tubo.

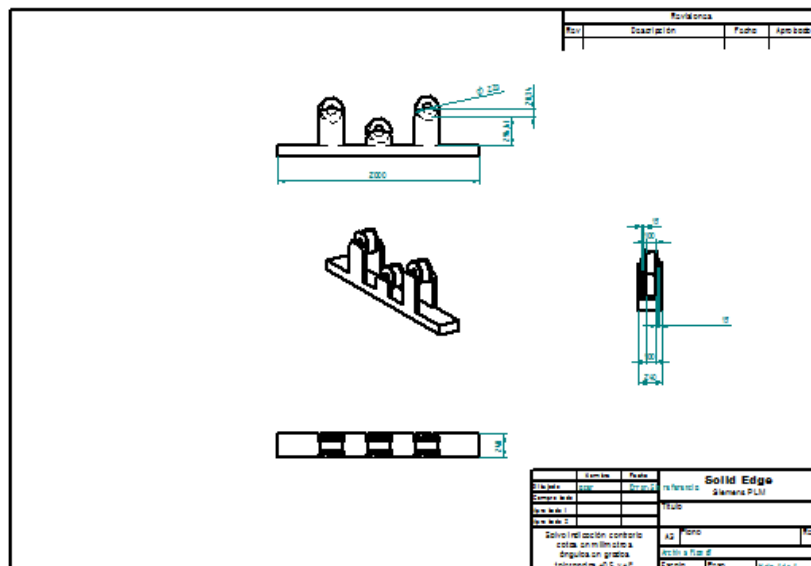


Figura 21: Plano guías
Fuente: propia

Motor: es un motor eléctrico que genera la fuerza y pro medio de un piñón que engrana con el engranaje circular del tubo lo hace rotar en su propio eje.

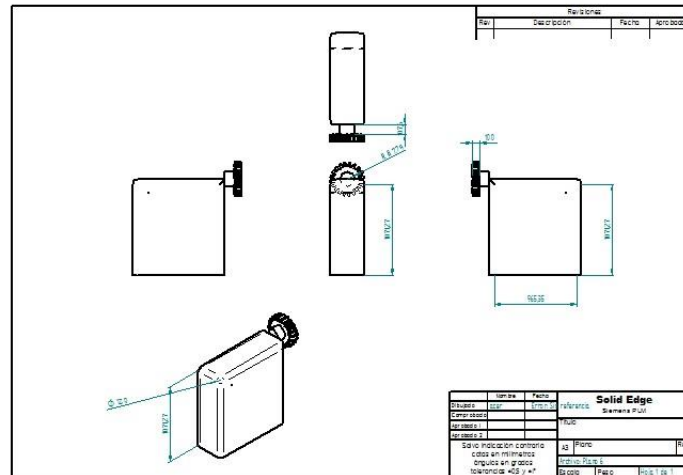


Figura 22: Plano motor
Fuente: propia

14.3 Ventajas del horno circular rotatorio

- Gran capacidad de carga de material para secado.
- Bajo consumo de energía.
- Mejora en el tiempo de secado.
- No interfiere el clima para el proceso de secado.

Mayor cantidad de material listo para el siguiente proceso.

15 MONTAJE LISTO PARA ENSAMBLAR DEL HORNO CICULAR ROTATORIO

Por motivos de la situación que se está viendo ha sido un poco complicado terminar la instalación del horno ya se encuentra con un 70% en la empresa como se puede evidenciar a continuación.



*Figura 23: Montaje horno
Fuente: propia*



Figura 24: Fotografía tubo
Fuente: propia



Figura 25: Fotografía base
Fuente: propia



Figura 26: Fotografía tubo
Fuente: propia



Figura 27: Fotografía tubo
Fuente: propia



Figura 28: Fotografía tubo
Fuente: propia



Figura 29: Fotografía tubo
Fuente: propia.

16 FORMATO CONTROL DE PRODUCCION

Minerales Santa lucia venia llevando a cabo su control de producci3n por medio de una hoja escrita a mano, la cual no tenia un orden especifico ni correcto funcionamiento, para esta problemática se decidió realizar una planilla la cual se debe llenar cada día para tener un registro claro de producci3n/día aparte de esto se diseñó en herramienta de Excel un registro detallado de producci3n

[illegible]

Tabla 13: Formato control de producción
Fuente: propia

17 IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA 5'S EN MINERALES SANTA LUCIA

Las 5's es una herramienta lean manufacturan que se emplea para buscar mejoras en el proceso productivo de alguna empresa, en este caso minerales Santa Lucia:

5'S		
Herramienta	Concepto	Objetivo
Seiri (clasificar)	Separar los materiales innecesarios en el proceso	Eliminar los que no genere valor o utilidad
Seiton (orden)	Situar necesarios	Cada objeto o cosa en su lugar adecuado
Seiso (Limpieza)	Quitar suciedad	Adecuar las plantas físicas de la empresa con limpieza
Seiketsu (Estandarizar)	Indicar anomalías	Eliminar la aparición de suciedad y desorden
Shitske (Disciplina y compromiso)	Mejora continua	Hacer disciplina dentro del personal

*Tabla 14: 5's
Fuente: propia*

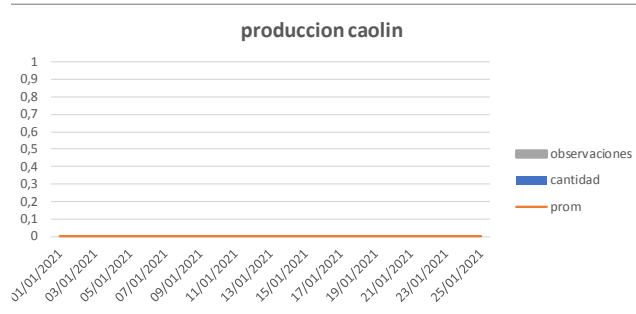
17.1 ¿Cómo se implementan las 5'S?

Este proceso de las 5'S es un proceso que se lleva a cabo en 5 pasos sencillos y se van aplicando a medida que cada paso haya concluido.

En primer lugar, se debe clasificar las cosas que no generen valor o utilidad y separarlos de las que su lo hacen, luego se les da un orden a las cosas que si tienen valor, en tercer lugar tenemos que adecuar la planta física con limpieza y eliminando suciedad, después de realizados estos pasos debemos estandarizar para poder prevenir la aparición de suciedad y desorden y finalmente se crea la disciplina y compromiso para los clientes y así llegar a una mejora continua. No es correcto realizar

Informe de producción para mes de: diciembre

produccion caolin	
Total:	0 Muebles
Promedio:	0 Muebles/día



Despacho				
Fecha	cantidad	observaciones	Total	prom
01/01/2021			0	0,00
02/01/2021			0	0,00
03/01/2021			0	0,00
04/01/2021			0	0,00
05/01/2021				0,00
06/01/2021				0,00
07/01/2021			0	0,00
08/01/2021			0	0,00
09/01/2021			0	0,00
10/01/2021			0	0,00
11/01/2021			0	0,00
12/01/2021				0,00
13/01/2021				0,00
14/01/2021			0	0,00
15/01/2021			0	0,00
16/01/2021			0	0,00
17/01/2021			0	0,00
18/01/2021			0	0,00
19/01/2021			0	0,00
20/01/2021				0,00
21/01/2021			0	0,00
22/01/2021			0	0,00
23/01/2021			0	0,00
24/01/2021			0	0,00
25/01/2021				0,00
26/01/2021			0	0,00
27/01/2021				0,00
28/01/2021			0	0,00
29/01/2021			0	0,00
30/01/2021			0	0,00
31/01/2021			0	0,00

*Tabla 15 control de producción
Fuente propia*

Por medio de este control de producción lo que se quiere lograr es llevar un registro detallado de cuantas unidades se producen al día para de este modo medir el

rendimiento/hora y cuál es la producción por semana y el promedio que se debe producir para de este modo evitar que la oferta supere a la demanda.

estos pasos en diferente orden ya que no podemos alterar el orden de las S ya que una con lleva a la otra. Proietto, Troncozo, & Mohamad. (2015).

En la Minerales Santa Lucia se espera implementar las 5´S de la siguiente manera:

17.2 Primera S: Seiri (Clasificación)

Seiri o clasificación, es la primera S o etapa, es el inicio de la cadena, en esta se selecciona o clasifica lo que es necesario y lo que realmente no sirve, así dando paso a la segundo S conocida como ordenar, y lo que se clasifica como no necesario se retira o se elimina del proceso quedando como residuo o se le busca una segunda utilidad. Proietto, Troncozo, & Mohamad. (2015).

En el caso de la empresa minerales Santa Lucia en el proceso de caolín, en la primera etapa del proceso se busca clasificar el material que llega directamente del proveedor para descontaminarlos y clasificarlo eliminando piedras que contaminan el material, estas piedras no sirven para el siguiente proceso de moler el material, se quiere que la empresa con ese material contaminado se venda a personas naturales que lo requieran, a continuación, veremos una imagen de la clasificación del material.



Figura 30: Material inservible seleccionado
Fuente: propia.

A continuación, veremos los beneficios que obtendremos al implementar la primera S (Seiri):

- Mayor espacio en la planta para almacenar más material.
- Se reduce el riesgo de accidentalidad de los trabajadores.
- Se elimina en gran cantidad la suciedad y la contaminación de la planta
- Minimiza el tiempo en que se demora en procesar 10 toneladas de material.
- Ingresos extras por venta de material contaminado para un segundo uso.
- Se reducen costos de almacenamiento de material innecesario.
- Orden, sin implementar aun la segunda S se evidenciará gran diferencia en e orden del material almacenado.

17.3 Segunda S: Seiton (orden)

Seiton o la segunda S es la que nos dice como ordenar las cosas o la importancia de hacerlo. La historia y la ingeniería les da cierta definición la cual nos dice que “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar” lo que quiere decir que cada cosa debe estar en un lugar predeterminado donde no obstaculice el proceso y solo sea movida de su lugar si está en uso de lo contrario no, así mismo nos lleva a dar la ubicación, el lugar y la cantidad correcta para generar orden dentro de la empresa. Proietto, Troncozo, & Mohamad. (2015).

En el caso de la empresa minerales Santa Lucia en el proceso de caolín, en la primera etapa del proceso se busca dar orden a las herramientas de trabajo como, pipetas de gas, pulidoras, cables de corriente, escaleras, materiales en PVC etc., en la foto a continuación podremos ver el estado en que se encuentran las herramientas de trabajo;



*Figura 31: Herramientas de trabajo
Fuente: propia.*

Para realizar esta implementación se requiere de un estante u organizador donde se puedan almacenar estas herramientas adecuadamente;



Figura 32: Estantería metálica Aglomerado Rivet 120/45

Fuente: Amazon.es.

Por otro lado, también se quiere ordenar el lugar donde se encuentran almacenadas las estibas donde se hace el debido almacenamiento de los bultos ya terminados, este lugar además de que representan peligro para los trabajadores, genera pérdida de espacio para almacenamiento de caolín terminado.



Figura 33: Estibas de almacenamiento
Fuente: Propia



Figura 34: Estibas de almacenamiento
Fuente: Propia

A continuación, veremos los beneficios que obtendremos al implementar la segunda S (Orden):

- Mayor espacio en la planta para almacenar más material.
- Se reduce el riesgo de accidentalidad de los trabajadores.
- Se elimina en gran cantidad la suciedad y la contaminación de la planta
- Lugares adecuados para herramientas y cosas.
- Agiliza el acceso a cada cosa
- Reducción en el tiempo que se emplea en buscar una herramienta.

17.4 Tercera S: Seiso (Limpieza)

En la tercera S vemos como identificar y eliminar las fuentes que generen suciedad, lugares con difícil acceso a la limpieza, piezas o herramientas con alto grado de deterioridad y/o dañadas, así se busca que todo se encuentren en perfecto estado de uso. Si se logra eliminar las fuentes de suciedad se llega en una gran parte a la causa raíz de su generación, esto es debido a que cuanto menos se ensucia, menos se tendrá limpiar. Proietto, Troncozo, & Mohamad. (2015).

En minerales Santa Lucia se busca implementar esta tercera S en el lugar de almacenamiento de producto terminado, es decir donde se almacenan los bultos de caolín listos para su comercialización, como se ve en la fotografía.



Figura 35: Almacenamiento de producto terminado

Fuente: Propia

A continuación, veremos los beneficios que obtendremos al implementar la tercera S (Limpieza):

- Mejor presentación de la empresa y del producto.
- Menos contaminación del ambiente de trabajo.
- Disminuyen las fuentes de suciedad.
- Reducción de enfermedades a causas del polvo.
- Se evita contaminación del producto.

17.4.1 Cuarta S: Seiketsu (Estandarización)

La cuarta S busca implementar procedimientos que hacen que la clasificación, orden y limpieza se establezcan dentro de la empresa como un hábito de los trabajadores,

además se llega a consolidar el correcto funcionamiento de las reglas definidas en las etapas de las S anteriores, esto se puede obtener con un mejoramiento y una correcta evolución en la limpieza. Proietto, Troncozo, & Mohamad. (2015).

Dentro de Santa lucia se requiere mantener en marcha las tres primeras S de la siguiente manera;

- Por medio de Reglas de orden y limpieza dentro de la empresa.
- Hacer énfasis principalmente en los controles visuales.
- Establecer los planes y campañas para mantener el orden y la limpieza

A continuación, veremos los beneficios que obtendremos al implementar la Cuarta S (Estandarización):

- Los lugares de trabajo estén debidamente estandarizados
- Mejore el ambiente y bienestar tanto laboral como personal.
- Planta física sin suciedad y desorden.
- Mejore la eficiencia y eficacia de la empresa y empleados.

17.5 Quinta S: Shitsuke (Disciplina y Compromiso)

La quinta S busca que las mencionadas S anteriores se empiecen a regir como una clase de ley o regla dentro de la empresa, para así poder crear disciplina y compromiso para que el proceso no tenga fracaso y sea todo un éxito. Proietto, Troncozo, & Mohamad. (2015).

A continuación, veremos los beneficios que obtendremos al implementar la Quinta S (Disciplina y compromiso):

- Clasificación, orden, limpieza y estandarización.

- Mayor espacio en la planta para almacenar más material.
- Se reduce el riesgo de accidentalidad de los trabajadores.
- Se elimina en gran cantidad la suciedad y la contaminación de la planta
- Lugares adecuados para herramientas y cosas.
- Agiliza el acceso a cada cosa
- Reducción en el tiempo que se emplea en buscar una herramienta.
- Planta física sin suciedad y desorden.
- Mejore la eficiencia y eficacia de la empresa y empleados.

18 CONCLUSIONES

Se puede concluir que la empresa Minerales Santa Lucia es una empresa sólida y rentable, que tiene falencias en la organización y en su control de producción, el cual se va a ir mejorando progresivamente con la implementación de las 5's y las planillas de control de producción.

Por otro lado, el proceso de secado es el proceso que más genera desperdicio de tiempo y material, además de esto genere que los clientes no estén satisfechos con el servicio prestado ya que se generan retrasos en la producción, este proceso se vera radicalmente mejorado con la implementación del horno circular rotatorio, del cual el proceso tardara de demorarse 2-5 días a tan solo unos minutos de secado, esto genere valor y mejor tratamiento del material.

Se propone un VSM el cual con la implantación del horno reduce significativamente el tiempo de ciclo del proceso, con la propuesta se espera aumentar un 30% la productividad de la empresa.

Finalmente se puede decir que Minerales Santa lucia pasa a otra etapa de producción ya que usara nuevas formas de producir siento más eficiente y realizando su proceso de producción con mayor calidad y en menor tiempo que como se venía haciendo.

19 RECOMENDACIONES

Para llevar a cabo la implementación del proyecto propuesto se debe tener la disposición y el apoyo de los empleados y demás miembros de Minerales Santa Lucía S.A., para así poder llegar a tener un excelente ambiente laboral, y un espacio de trabajo organizado.

A demás se recomienda tener un control adecuado y constante de las diferentes herramientas que se tienen propuestas en este proyecto, para así mismo llegar a mantener su eficiencia y 100% de beneficio que brinda el proyecto, teniendo en cuenta las propuestas de organización y cumpliendo con las actividades de mantenimiento y limpieza en la planta.

Es de gran importancia que se lleve cierto control de las actividades que se vayan implementando para que se cumplan al pie de la letra y evitar que se cometan errores o que no salga como se espera, y en caso de que se presenten saber como solucionar estos errores o problemas.

20 BIBLIOGRAFÍA

- Achanga, Shehab, Roy R & Neider (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *J Manuf Techn Mngt* 17(4): 460-471
- Al-Hussein, Al-Jibouri, & Telyas (2013). Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 29(1)
- Bartolomé, (2017). El Caolín: composición, estructura, génesis y aplicaciones. *Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio*, 36(1), 7-20.
- Becker, (2018). Lean manufacturing and the Toyota production system. *Encyclopedia of world biography*
- Bermejo, (2011). El Kanban. Barcelona, España: UOC.
- Carreras, (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos
- Fullerton & McWatters C. (2001). "El rendimiento de producción se beneficia de la implementación de JIT". *Journal of Operations Management*, 19, 81–96.
- Gacharná Sánchez & González N (2013). Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing.
- García, & García, I. (2014). Concepción de un procedimiento para la planificación y control de la producción haciendo uso de herramientas matemáticas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 18, 130-145.)

Karim, & Arif-Uz-Zaman, (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169-196.)

Kumar Chakraborty & Kumar Paul. (2011). Study and implementation of lean manufacturing in a garment manufacturing company: Bangladesh perspective. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, (7), 11-22.

Laveriano, (2010). Importancia del control de inventarios en. *Actualidad Empresarial*, N° 198-Primera Quincena de Enero 2010.

Lewchuk & Robertson. (1996). Working conditions under lean production: A worker-based benchmarking study. *Asia Pacific Business Review*, 2(4), 60-81.

Miño-Cascante, Saumell-Fonseca, Toledo-Borrego, Roldan-Ruenes, & Moreno (2015). Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio de producción Oriente. Cuba. *Tecnología Química*, 35(2), 208-219.)

Nahmias, Castellanos, Murrieta, Hernández, Nudiug, Juaárez, & Milanés, (2017). *Análisis de la producción y las operaciones* (Vol. 57). McGraw-Hill Interamericana.

Ohno, (1982), "How the Toyota production system was created". *Japanese Economic Studies*, 10 (4): 83–101.

Padilla, (2010). Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil. *Revista Electrónica Ingeniería Primero* ISSN, 2076, 3166

Paneru, N. (2011). Implementation of lean manufacturing tools in garment manufacturing process focusing sewing section of Men's Shirt.

- Rahman, Sharif, & Esa, (2013). Lean manufacturing case study with kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174-180.
doi:10.1016/S2212-5671(13)00232-3
- Rahman, Sharif, & Esa, (2013). Lean manufacturing case study with kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174-180.
doi:10.1016/S2212-5671(13)00232-3 citando a Kobbacy Liang Y. 1999. Towards the development of an intelligent inventory management system, *Integrated Manufacturing Systems*. p. 354-366
- Rozsnyai. (2003). Quality assurance before and after 'Bologna' in the Central and Eastern Region of the European higher education area with a focus on Hungary, the Czech Republic and Poland. *European Journal of Education*, 38(3), 271-284.
- Sánchez, & González (2013). Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing (Bachelor's thesis, Facultad de Ingeniería).
- Saur & Nikolaisen. (2015). Design and implementation of electrical load analysis for cross fleet configuration.
- Shams-UI-Arif & Gahyyur. (2015). Requirements engineering processes, tools/technologies, & methodologies. *International Journal of Reviews in Computing*, 2(6), 41-56.
- Socconini, (2019). Lean manufacturing. Paso a paso. Marge books.
- Tejeda, (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*.

Uribe, (2020). Propuesta de mejora continua para el área de servicios de la empresa López Álvarez y Compañía. Empleando herramientas de Lean Manufacturing.

Uribe, (2020). Propuesta de mejora continua para el área de servicios de la empresa López Álvarez y Compañía. Empleando herramientas de Lean Manufacturing.

Wakchaure, Venkatesh, & Kallurkar, (2006), "Review of JIT practices in Indian manufacturing industries", 2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology 2, 34(2), 1099- 1103.

Yuni, & Urbano, (2006). Técnicas para investigar 1. capítulo 4. pagina 58. Editorial Brujas.

21 ANEXOS

21.1 ANEXO 1

ENTREVISTA AL GERENTE GENERAL

Fuente de información: Gerente General Minerales Santa Lucia

Entrevistadores: Edwin Ardila – Wilmer Ruiz

Enfoque: Información Santa Lucia

1. ¿Conoce las herramientas Lean Manufacturing?

R// No, no tengo conocimiento acerca de estas herramientas.

2. ¿En qué porcentaje considera las pérdidas de materia prima en su empresa?

R// Las perdidas de materia prima de Minerales Santa Lucia están alrededor de un 30%, ya que no se lleva un control adecuado con respecto al uso de la materia prima.

3. ¿En qué porcentaje considera las pérdidas de material terminado en su empresa?

R// El material terminado casi no genera perdidas ya que es un producto con buena salida y no tiene fecha de vencimiento ni se daña, solo se pierde un 5% en el material que se moja o se riega por error.

4. ¿Cantidad de caolín producido en un mes?

R// alrededor de 9.000 bultos.

5. ¿Cantidad de caolín producido en un año?

R// 108.000 aproximadamente.

6. ¿Varía la producción dependiendo el clima?

R// Si, si varia ya que hasta el momento el proceso de secado se hace bajo unos toldos y con la luz solar.

7. ¿Cuenta con el espacio adecuado para el almacenamiento del caolín?

R// Si, las instalaciones son adecuadas para este almacenamiento.

8. ¿Qué cantidad de material pierde o se le daña por el incorrecto almacenamiento?

R// Un promedio de 10 bultos al mes, se mojan por cuestiones del clima.

9. Al generarse cuellos de botella la empresa está perdiendo dinero, ¿es consciente de estas pérdidas? Y que se puede solucionar.

R// La empresa pierde dinero cuando aumenta la demanda y no se tiene material terminado para suplirla, esto sucede en épocas de lluvia cuando el proceso de secado requiere mas tiempo.

10. ¿Realiza control de producto terminado?

R// Si, por medio de una planilla escrita.